

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

Maestría en Recursos Hídricos

Tesis de Maestría en Recursos Hídricos

Para la obtención del título de  
**Magíster en Recursos Hídricos**

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LOS FLUJOS  
DE AGUA SUBTERRÁNEA QUE ALIMENTAN EL SISTEMA  
HÍDRICO DEL SALAR DE PASTOS GRANDES, ARGENTINA**

Autor: Geólogo Cristián Antonio Ávila Salas

Director: Geólogo, Doctor Daniel Martínez

**Santa Rosa, La Pampa, 01 de Marzo de 2023**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

Secretaría de Investigación y Postgrado

Maestría en Recursos Hídricos

Tesis de Maestría en Recursos Hídricos

Para la obtención del título de

**Magíster en Recursos Hídricos**

**CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LOS  
FLUJOS DE AGUA SUBTERRÁNEA QUE ALIMENTAN  
EL SISTEMA HÍDRICO DEL SALAR DE PASTOS  
GRANDES, ARGENTINA**

Autor: Geólogo, Cristián Antonio Ávila Salas

Director: Geólogo, Doctor Daniel Martínez

**Santa Rosa, La Pampa, 01 de Marzo de 2023**

## AGRADECIMIENTOS

En estas páginas aprovecho de agradecer a diferentes personas, que de alguna u otra manera, han sido parte de mi vida y que han aportado su granito de arena para concluir esta etapa.

En primer lugar, agradecer a mi familia por su apoyo constante. A mis padres, Nelson y Verónica y a mis hermanos Sergio y Nicole por siempre estar para uno.

A mi segunda familia, que es la que uno elige en la vida y que siempre han estado para cuando uno los necesita, ya sea para darme apoyo, consuelo, por la paciencia que han tenido conmigo, por lo asados, vinos y borracheras y por estar siempre para cuando uno los necesita, en las duras y las maduras. Mauri, Paulita, Manu, Pablo Antonio, Lore, Pato y Verito, este trabajo en parte es gracias a uds. Los quiero con locura y ya vendrá el festejo correspondiente!

A mis compañeros de trabajo, a los que siguen y los que no. Gracias por la ayuda en los diferentes ejercicios que tuve que hacer y por las sugerencias dadas. A mi jefe, Mike, por darme las facilidades para poder asistir a los diferentes cursos, tanto para los presenciales como para los cursos online.

Quisiera agradecer de manera especial a la empresa Millennial Lithium (actualmente Lithium Americas), por permitirme desarrollar mi tesis con ellos. Daniel Galli, gracias por dejarme hacer este trabajo. A los geólogos y técnicos del proyecto, gracias por hacer más ameno los días en la Puna mientras efectuamos los trabajos.

A mis compañeros de la maestría, gracias por los buenos momentos vividos, las ayudas para las diferentes actividades y por lo gratos momentos compartidos. Tengo la certeza de que tarde o temprano nos volveremos a encontrar. Tengo la esperanza de que volvamos a reunirnos alrededor de una parrilla. A todos los profesores de la maestría, gracias por hacer que las clases sean amenas y didácticas, así como por permitir aprender más. A Daniel, muchas gracias por tus comentarios, sugerencias y apoyo corrigiendo mi tesis y haciendo posible ver la luz al final del camino.

A las diferentes personas y amigos que de alguna u otra manera han sido parte de esta aventura: Claudia, Andrés, Coti, Dani, Pelao, Nico, Bárbara. Gracias por los buenos momentos y por de una u otra manera ser parte de esto. Si se me fue algún nombre, perdón, fue sin querer queriendo.

Emiliano, no puedo dejar de agradecerte tu apoyo y ayuda para poder tomar mis cursos y por los gratos momentos vividos en Salta. Que se sigan repitiendo!

A mi hijo, Ignacio. Este trabajo está dedicado a ti.

A todos aquellos que se me olvidó mencionar, gracias por ser parte de mi vida.

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LOS FLUJOS DE AGUA  
SUBTERRÁNEA QUE ALIMENTAN EL SISTEMA HÍDRICO DEL SALAR DE  
PASTOS GRANDES, ARGENTINA

*Tantas veces me mataron  
Tantas veces me morí  
Sin embargo estoy aquí  
Resucitando  
Gracias doy a la desgracia  
Ya la mano con puñal  
Porque me mató tan mal*

## TABLA DE CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>1.1 Objetivos .....</b>   | <b>8</b>  |
| 1.1.1 Objetivo General.....  | 8         |
| 1.1.2 Objetivos Especificos .....  | 8         |
| <b>1.2 Ubicación y accesos.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2 METODOLOGÍA.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.1 Etapa 1: Compilación y análisis de la información técnica disponible.....</b> | <b>12</b> |
| 2.1.1 Geología .....   | 12        |
| 2.1.2 Hidrogeología de salares .....   | 13        |
| 2.1.3 Exploración de litio.....  | 13        |
| <b>2.2 Etapa 2: Trabajos de campo .....</b>  | <b>14</b> |
| 2.2.1 Construcción de pozos de exploración diamantina.....                           | 14        |
| 2.2.2 Construcción de pozos de exploración .....                                     | 21        |
| 2.2.3 Construcción de pozos para abastecimiento agua industrial .....                | 23        |
| 2.2.4 Geofísica .....  | 24        |
| 2.2.5 Muestreo del agua para su caracterización química.....                         | 27        |
| <b>2.3 Etapa 3: Trabajo de gabinete .....</b>  | <b>32</b> |
| 2.3.1 Revisión de antecedentes e información existente .....                         | 32        |
| 2.3.2 Determinación de unidades hidrogeológicas .....                                | 32        |
| 2.3.3 Tratamiento de los datos .....   | 33        |
| 2.3.4 Caracterización hidroquímica .....   | 34        |
| 2.3.5 Modelación hidroquímica.....   | 34        |
| <b>3 RESULTADOS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL SALAR DE PASTOS GRANDES</b>     | <b>35</b> |
| .....  | <b>35</b> |
| <b>3.1 Climatología .....</b>  | <b>35</b> |
| 3.1.1 Fuentes de información meteorológica .....                                     | 35        |
| 3.1.2 Estación Meteorológica San Antonio de los Cobres .....                         | 36        |
| 3.1.3 Estación Meteorológica Pastos Grandes .....                                    | 36        |
| <b>3.2 Marco Geológico.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>3.3 Unidades Hidrogeológicas.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>3.4 Caracterización Hidrogeoquímica del Salar de Pastos Grandes .....</b>         | <b>53</b> |
| 3.4.1 Caracterización Físico – Química .....   | 54        |
| 3.4.2 Elementos mayoritarios .....   | 61        |
| 3.4.3 Clasificación de las aguas .....   | 64        |
| 3.4.4 Relaciones binarias .....  | 72        |
| 3.4.5 Elementos menores.....   | 78        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 3.4.6      | Índices de Saturación .....                                       | 82         |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS: MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA.....</b>                | <b>86</b>  |
| <b>4.1</b> | <b>Interacciones agua subterránea – agua subterránea .....</b>    | <b>86</b>  |
| 4.1.1      | Simulación 1: PGWW19-07 → PGWW19-02 → PGWW18-01 → PGMW17-03.....  | 91         |
| 4.1.2      | Simulación 2: PGWW19-02 → PGMW19-22 → PGMW17-11 → PGMW16-01 ..... | 95         |
| 4.1.3      | Simulación 3: PGWW19-02 → PGWW19-03 → PGMW17-11 → PGMW17-10 ..... | 99         |
| 4.1.4      | Resumen de simulaciones agua subterránea – agua subterránea.....  | 103        |
| <b>4.2</b> | <b>Interacciones agua superficial – agua subterránea.....</b>     | <b>105</b> |
| 4.2.1      | Simulación 1: PGSW21-01 + PGSW21-02 → PGMW17-10 .....             | 112        |
| 4.2.2      | Simulación 2: PGSW21-03 + PGSW21-04 → PGMW17-08 .....             | 114        |
| 4.2.3      | Simulación 3: PGSW21-05 → PGMW18-20b .....                        | 115        |
| 4.2.4      | Resumen de simulaciones agua superficial – agua subterránea.....  | 117        |
| <b>5</b>   | <b>RECOMENDACIONES PARA COMPLETAR EL ESTUDIO.....</b>             | <b>119</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Bibliografía y trabajos de terreno.....</b>                    | <b>120</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Actividades de terreno .....</b>                               | <b>120</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Hidroquímica y modelación hidroquímica.....</b>                | <b>121</b> |
| <b>6</b>   | <b>CONCLUSIONES .....</b>   | <b>122</b> |
| <b>7</b>   | <b>REFERENCIAS .....</b>  | <b>124</b> |

## Tablas

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabla 2-1. | Ubicación y características constructivas de los pozos de exploración diamantina.....   | 19 |
| Tabla 2-2. | Ubicación y características constructivas de los pozos de exploración .....   | 22 |
| Tabla 2-3. | Ubicación y características constructivas de los pozos para abastecimiento de agua industrial   | 23 |
| Tabla 2-4. | Coordenadas de las estaciones TEM .....   | 24 |
| Tabla 2-5. | Puntos de muestreo de aguas subterráneas y superficiales. ....  | 29 |
| Tabla 2-6. | Parámetros analizados en terreno y en laboratorio, procedimientos analíticos y límites de<br>detección.....                               | 30 |
| Tabla 2-7. | Error admitido según concentración de SDT .....   | 33 |
| Tabla 3-1. | Unidades hidrogeológicas y muestras analizadas .....  | 47 |
| Tabla 3-2. | Parámetros medidos en laboratorio para muestras de agua superficial y subterránea del Salar<br>de Pastos Grandes, Argentina .....         | 54 |
| Tabla 3-3. | Concentraciones de elementos mayoritarios para muestras de agua superficial y subterránea<br>del Salar de Pastos Grandes, Argentina ..... | 61 |
| Tabla 3-4. | Concentraciones de elementos menores para muestras de agua superficial y subterránea del<br>Salar de Pastos Grandes, Argentina.....       | 78 |
| Tabla 4-1. | Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-07 – PGWW19-02.....   | 92 |
| Tabla 4-2. | Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-02 – PGWW18-01.....   | 93 |
| Tabla 4-3. | Resultados simulación (en mol/L) PGWW18-01 – PGMW17-03 .....  | 94 |
| Tabla 4-4. | Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-02 – PGMW19-22 .....  | 96 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 4-5. Resultados simulación (en mol/L) PGMW19-22 – PGMW17-11 .....              | 97  |
| Tabla 4-6. Resultados simulación (en mol/L) PGMW17-11 – PGMW16-01 .....              | 98  |
| Tabla 4-7. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-02 – PGWW19-03.....               | 100 |
| Tabla 4-8. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-03 – PGMW17-11 .....              | 101 |
| Tabla 4-9. Resultados simulación (en mol/L) PGMW17-11 – PGMW16-01 .....              | 101 |
| Tabla 4-10. Resumen de las simulaciones realizadas.....                              | 104 |
| Tabla 4-11. Coordenadas y parámetros físico-químico medidos.....                     | 106 |
| Tabla 4-12. Resultados simulación (en mol/L) PGSW21-01 + PGSW21-02 – PGMW17-10 ..... | 112 |
| Tabla 4-13. Resultados simulación (en mol/L) PGSW21-03 + PGSW21-04 – PGMW17-08 ..... | 114 |
| Tabla 4-14. Resultados simulación (en mol/L) PGSW21-05 – PGMW18-20b .....            | 116 |
| Tabla 4-15. Resumen de las simulaciones realizadas (en mol/L).....                   | 118 |

## Figuras

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 1-1. Ubicación del área de estudio y vías de acceso.....   | 10 |
| Figura 1-2. Costra salina del salar de Pastos Grandes .....   | 11 |
| Figura 2-1. Perforación de pozos de monitoreo.....  | 15 |
| Figura 2-2. Obtención de muestras de salmuera con el método de packer.....  | 16 |
| Figura 2-3. Testigos de perforación obtenidos durante perforación DDH.....  | 17 |
| Figura 2-4. Perfilaje geofísico (normal corta y normal larga) .....   | 18 |
| Figura 2-5. Mapa de ubicación de los pozos de exploración, exploración diamantina, exploración agua uso industrial y muestras superficiales ..... | 20 |
| Figura 2-6. Imágenes del proceso de desarrollo de pozos .....   | 22 |
| Figura 2-7. Mapa de ubicación de líneas geofísicas realizadas .....   | 26 |
| Figura 2-8. Cursos superficiales reconocidos en el Salar de Pastos Grandes. ....  | 28 |
| Figura 3-1. Temperaturas mínimas registradas en la estación Pastos Grandes, Argentina .....   | 38 |
| Figura 3-2. Temperaturas promedio registradas en la estación Pastos Grandes, Argentina.....   | 39 |
| Figura 3-3. Temperaturas máximas registradas en la estación Pastos Grandes, Argentina .....   | 39 |
| Figura 3-4. Precipitación mensual (mm) en la estación Pastos Grandes, Argentina .....   | 40 |
| Figura 3-5. Mapa geológico del distrito de Pastos Grandes (modificado de Blasco et.al., 1996) .....   | 42 |
| Figura 3-6. Mapa geológico del Salar de Pastos Grandes .....  | 44 |
| Figura 3-7. Mapa de ubicación de perfiles hidrogeológicos .....   | 48 |
| Figura 3-8. Sección hidrogeológica A – A' .....   | 49 |
| Figura 3-9. Sección hidrogeológica B - B' .....   | 50 |
| Figura 3-10. Sección hidrogeológica C – C' .....  | 51 |
| Figura 3-11. Diagrama de caja para los valores de pH medidos en las diferentes unidades.....  | 55 |
| Figura 3-12. Diagrama de caja para los valores de CE medido en las diferentes unidades .....  | 58 |
| Figura 3-13. Diagrama de caja para los valores de alcalinidad medido en las diferentes unidades .....   | 59 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3-14. Diagrama de Piper para las diferentes unidades hidrogeológicas reconocidas.....            | 65  |
| Figura 3-15. Diagrama de Schoeller para los valores promedio de cada UH .....                           | 67  |
| Figura 3-16. Diagrama de Stiff para las muestras de agua superficial. ....                              | 69  |
| Figura 3-17. Diagrama de Stiff para las muestras de agua para uso industrial .....                      | 71  |
| Figura 3-18. Relación binaria Cl <sup>-</sup> vs Na <sup>+</sup> .....                                  | 73  |
| Figura 3-19. Relación Ca <sup>2+</sup> vs SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .....                           | 75  |
| Figura 3-20. Relación Ca <sup>2+</sup> vs HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....                           | 76  |
| Figura 3-21. Ca <sup>2+</sup> vs (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....  | 77  |
| Figura 3-22. Diagrama de caja para los valores de Boro medido en las diferentes unidades .....          | 79  |
| Figura 3-23. Diagrama de caja para los valores de Litio medido en las diferentes unidades .....         | 80  |
| Figura 3-24. Diagrama de caja para los valores de Estroncio medido en las diferentes unidades .....     | 81  |
| Figura 3-25. Índices de Saturación para los diferentes minerales analizados .....                       | 83  |
| Figura 4-1. Mapa de ubicación de las simulaciones a realizar .....                                      | 90  |
| Figura 4-2. Mapa de ubicación de flujos de agua superficial reconocido.....                             | 107 |
| Figura 4-3. Imágenes de los flujos superficiales reconocidos.....                                       | 108 |
| Figura 4-4. . Mapa de ubicación de las simulaciones agua superficial – agua subterránea a realizar..... | 112 |

## Anexos

---

Anexo A. Resumen de descripciones litológicas de los pozos de exploración diamantina y pozos de exploración para uso industrial en el salar de Pastos Grandes, Provincia de Salta, Argentina.

Anexo B. Resultados de laboratorio para muestras de agua subterránea t ahua superficial, proyecto Pastos Grandes, Argentina.

Anexo C. Índice de Saturación dcalculados para muestras de agua subterránea y agua superficial, proyecto Pastos Grandes, Argentina.

---

## RESUMEN

---

El Salar de Pastos Grandes está ubicado en la provincia de Salta, Argentina, a aproximadamente 230 kilómetros (km) al oeste de la capital provincial. Se realizaron diferentes actividades a fines de determinar las características de la salmuera y de las litologías que la albergan, permitiendo estimar la factibilidad de una extracción con fines económicos de litio (en sus formas de carbonato y/o cloruro). Para ello, desde el año 2016 y hasta el año 2020, se perforaron 22 pozos de exploración diamantina (perforaciones efectuadas en diámetro HQ, habilitados con tubería de PVC de 2” y utilizados para el control de niveles), 4 pozos de exploración (perforaciones efectuadas con el método de rotación, habilitados en 10” y 6” para la extracción de salmueras), con profundidades comprendidas entre 121 a 641 metros (m) y 7 pozos para el abastecimiento de agua de uso industria (perforaciones efectuadas con el método de rotación, 4 de ellos habilitado con tubería de 6” y con el objetivo de explorar aguas de baja salinidad) y con profundidades de entre 42 a 70 m. Durante la perforación de los pozos de exploración diamantina, se obtuvieron 335 muestras de salmuera para su análisis químico, a profundidades de entre 7 a 641 m. Si bien se perforaron 7 pozos de exploración de agua para uso industrial, sólo a 4 de ellos se les realizaron ensayos hidráulicos, obteniendo en cada uno de ellos una muestra de agua para su análisis químico. En conjunto con la obtención de muestras de agua subterránea, en el mes de junio 2021 se obtuvieron 5 muestras de agua superficial, las que se recolectaron en los bordes norte y este del salar.

Las descripciones litológicas efectuadas en los pozos de exploración diamantina, los valores de conductividad hidráulica y permeabilidad teórica y los valores de porosidad efectiva obtenida en laboratorio de las diferentes litologías permitieron definir cinco unidades hidrogeológicas: una unidad de arcillas y limos, una unidad de evaporitas, unidad de arenas, arenas limosas, una unidad de gravas y brechas y otra unidad dada por areniscas.

Referente a las aguas subterráneas, se reconocen, según sus valores de conductividad eléctrica, 3 tipos de aguas. La primera de ellas corresponde a aguas de baja salinidad, las cuales se ubican al norte del salar y presentan valores de CE de hasta 500 microSiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y son muestras de aguas de pozos de hasta 56 m de profundidad. El segundo grupo de

aguas corresponde a aguas de salinidad intermedia, con valores de CE de hasta 90.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y al igual que las muestras de agua de baja salinidad, se ubican al norte del Salar de Pastos Grandes, en la zona de sedimentos aluviales, pero a profundidades de entre 50 a 280 m. El tercer grupo de muestras corresponden a muestras de agua de salinidad alta (salmuera), con valores de CE de 150.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o superior, las cuales se ubican en el salar mismo, así como en sus márgenes norte y sur.

En cuanto a las aguas superficiales, los cursos reconocidos se ubican tanto en los márgenes norte y este, siendo las aguas del margen norte las que presentan la menor salinidad, con valores de CE de entre 0,6 a 7 mS/cm mientras que las muestras de agua superficial del lado este del salar presenta valores de CE de entre 3,9 a 127,5 mS/cm. En base a los caudales medidos, los principales aportes corresponden a las muestras del margen este.

De acuerdo al análisis hidroquímico, las aguas subterráneas se clasifican, prácticamente en su totalidad, como clorurada – sódicas, a excepción de aquellas muestras ubicadas en el margen norte del salar, y que corresponden a las muestras obtenidas en los ensayos hidráulicos de los pozos para uso industrial, las que varían de bicarbonatada – cálcicas para la muestra ubicada en las cercanías del poblado de Pastos Grandes, pasando por aguas del tipo mixta para aquellas ubicadas en la zona del abanico aluvial ubicado al norte del salar de Pastos Grandes y finalizando con aguas del tipo clorurada – sódica para aquella muestra ubicada en el margen norte del salar. Las aguas superficiales, por su parte, presentan una variación en su calidad, en donde las aguas de menor salinidad se localizan en el margen norte del salar, mientras que las aguas del margen este varían de salobres a saladas. Los índices de saturación calculados permiten determinar que independiente de la unidad hidrogeológica a la cual pertenecen las aguas subterráneas, éstas se encuentran en equilibrio para el yeso y la halita, mientras que, para el caso de la aragonita, calcita, dolomita y magnesita, éstas se encuentran sobresaturadas y para el caso de la silvita y la anhidrita, éstas se encuentran subsaturadas.

Los principales procesos que explican la variación composicional de las aguas subterráneas corresponden a procesos de disolución y/o precipitación de minerales evaporíticos, carbonáticos o sulfatados junto con procesos de intercambio catiónico, mientras que, para el caso de las aguas superficiales, la evaporación explica la variación composicional de las aguas, seguido de procesos de disolución o evaporación, principalmente de minerales sulfatados. Si bien no se descarta la existencia de otros procesos, con los análisis efectuados no es posible su determinación.

## 1 INTRODUCCIÓN

---

En el altiplano de las provincias de Salta, Catamarca y Jujuy existen un gran número de cuencas endorreicas que dan origen a salares, algunos de ellos con lagunas permanentes, otros con lagunas cuyo tamaño depende de la pluviosidad anual, mientras que otros carecen de ellas. Para el caso de la provincia de Salta los principales salares que se reconocen son: Pocitos, Pozuelos, Salinas Grandes, Arizaro, Inachuasi, Hombre Muerto (compartido con la provincia de Catamarca) y Pastos Grandes. Este último se caracteriza por tener una extensión aproximada de 60 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>), forma triangular y en su extremo sur presenta afloramientos evaporíticos correspondientes a la Formación Blanca Lila (Alonso y Menegatti, 1990).

Varios sistemas lacustres de régimen permanente se observan en sus márgenes norte y noreste, cuya recarga está asociada a flujos superficiales, los que a su vez son alimentados por zonas de recarga ubicadas en cotas más altas del altiplano de la Cordillera de Los Andes y en menor medida por las precipitaciones que se registran en el sector (M&A, 2019), las que se concentran en los meses de diciembre a marzo, asociadas al Invierno Altiplánico.

El clima que caracteriza a este salar es el desértico de altura, en donde las temperaturas presentan grandes amplitudes térmicas, con valores de 20 °C o más en los meses de verano, mientras que en los meses de invierno la temperatura puede alcanzar valores -15 °C o menos. Las precipitaciones son escasas, del orden de 100 milímetros anuales (mm) o menos. En los meses de invierno, es común la presencia de precipitaciones sólidas.

Debido al fuerte aumento experimentado en la demanda de litio, desde el año 2010 a la fecha diferentes proyectos asociados a este elemento se han estado explorando en diferentes salares tanto en Argentina como en Chile, así como en otros países en donde este elemento se presenta como mineral de roca (espodumeno). Dentro de los salares que están en exploración, se localiza el salar de Pastos Grandes, el que a la fecha se encuentra en la etapa de exploración avanzada (Secretaría de Desarrollo Minero, 2019).

El litio (Li) es el más pequeño de los elementos alcalinos, posee dos isótopos estables,  ${}^6\text{Li}$  y  ${}^7\text{Li}$ . Muestra características fisicoquímicas únicas: (1) una sección transversal extremadamente alta del isótopo de litio  ${}^6\text{Li}$  para neutrones térmicos; (2) alta incompatibilidad en los minerales de silicatos máficos en los procesos magmáticos; (3) alta solubilidad en fases fluidas; y (4) grandes variaciones isotópicas en la relación  ${}^6\text{Li} / {}^7\text{Li}$  de muestras naturales, superiores a 30‰. Su abundancia en la corteza terrestre es del orden de 0,0017%. Su demanda, tanto en sus formas de carbonato y cloruro han aumentado sistemáticamente en las últimas décadas, motivado por el auge en las tecnologías de las baterías de dispositivos electrónicos, principalmente aquellos asociados a la electromovilidad (Evans, 2009). Las principales reservas de este recurso se encuentran en Sudamérica (en el llamado Triángulo del Litio), lo cual atrae importantes inversiones internacionales y simultáneamente genera grandes expectativas para la población local (Peyré, 2020).

El origen, evolución y recursos minerales de los salares está relacionado con el vulcanismo, endorreísmo, termalismo y clima árido. Existe una estrecha conexión entre los volcanes y los salares (Alonso, 2017). Numerosos estudios sobre el Li en salares de la puna se han desarrollado desde los trabajos de Nicolli et al. (1980, 1982a, 1982b) y Viramonte et. al. (1984), con aportes recientes tales como el de García et. al. (2020), o López Steinmetz et al. (2020). Una síntesis y evaluación general del recurso minero que constituyen los salares fue elaborado por Alonso (1999, 2017) y posteriormente incluyendo aspectos hidráulicos e hidrogeológicos por García et al. (2013).

Un estudio desarrollado en el salar de Olaroz por García et al. (2020) sustentado en estudios sobre isótopos de Li y la relación  ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$ , avanza sobre los orígenes del Li y la composición de las salmueras, indican que la composición química de las salmueras en Olaroz es el resultado de la mezcla entre solutos que se originan en la meteorización de la roca madre poco profunda y agua que tiene una contribución hidrotermal. El trabajo regional de López Steinmetz et al. (2020) resulta en una caracterización geoquímica de las salmueras, y avanza en su relación con las sales precipitadas. Si bien estos avances son aportes fundamentales, el análisis geoquímico de la fuente aprovechando el potencial de la modelación hidrogeoquímica es un aspecto aún por desarrollar. Esto además permitirá cuantificar la importancia de los diferentes aportes a las salmueras.

Otros importantes estudios existentes fueron realizados por empresas mineras que actualmente están efectuando exploraciones en los salares de las provincias de Salta, Catamarca o Jujuy, tales como son los casos de los salares de Llullaillaco, Centenario y Hombre Muerto en la provincia de Salta, Hombre Muerto (parte sur) y 3 Quebradas en la provincia de Catamarca o en los salares de Olaroz y Rincón en la provincia de Jujuy. Al ser estudios efectuados por empresas privadas, sólo se puede disponer de aquellos trabajos que sean públicos.

La información disponible tanto de la geología como de la hidrología del salar de Pastos Grandes es más bien escasa. El principal estudio que existe de la zona corresponde al trabajo efectuado por Alonso (1999), el cual estudia diferentes salares de las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca, y cuyo enfoque es el estudio del recurso evaporítico. Referente a la geología regional y local, se destacan los trabajos de Blasco et. al. (1996), Coira et. al. (1982), Jordan y Alonso (1987). Los estudios hidroquímicos existentes están enfocados en estudios regionales (López Steinmetz, 2017, López Steinmetz et al., 2020), o en algunos salares en particular, tales como el de Olaroz (García et al., 2020), el del Hombre Muerto (Nicolli et al., 1982b), pero no se encuentra ningún trabajo que abarque en detalle las características particulares de este salar. Otros estudios se han enfocado en la geología regional o local y los estudios más detallados corresponden a los efectuados por la empresa Millennial Lithium, la que actualmente se encuentra realizando labores de exploración en dicho salar, pero en donde su objetivo es caracterizar y determinar las concentraciones de Li y K y su factibilidad de una extracción con fines económicos.

La información relativa a la hidrología, hidrogeología y geología del Salar de Pastos Grandes es escasa. Los principales estudios que existen tienen relación a antecedentes geológicos de la zona, y en los últimos años, se han realizado diferentes estudios cuyo enfoque principal es el de determinar la existencia de un potencial de litio para una extracción con fines económicos. Con el objeto de mejorar el conocimiento de la hidrología de salares, y del salar de Pastos Grandes en particular, es que el presente trabajo propone comprender la composición química de las aguas subterráneas y superficiales, sus posibles interacciones y la relación con la mineralogía existente. Para ello, en una primera instancia, se definen unidades hidrogeológicas en base a las descripciones litológicas. Con estas unidades definidas, se procede a la realización de perfiles hidrogeológicos, los que posteriormente serán analizados en base a la información química disponible, para

determinar sus variaciones espaciales. Así mismo, se realizará una modelación hidroquímica para explicar dichas variaciones, en base a la información litológica existente y la influencia de los aportes de agua superficial que se reconocen en el sector.

La hipótesis que orienta este trabajo de tesis es que la composición química de las aguas subterráneas es el resultado de diferentes procesos, tales como evaporación, precipitación de minerales, intercambio catiónico o posiblemente mezclas de agua con los flujos superficiales que se reconocen en superficie. Estos procesos a su vez provocan cambios en la calidad del agua, en especial en los márgenes del salar, en donde se produce la zona de mezcla con las aguas superficiales, de lo que resulta una variación en profundidad de su calidad. La modelación hidroquímica permitió dilucidar cuales son los principales mecanismos involucrados.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo General

- Estudiar el sistema hidrogeoquímico del salar de Pastos Grandes mediante la elaboración de un modelo hidroquímico, vinculando la composición química de las aguas subterráneas y las aguas superficiales, su interacción con la mineralogía presente y procesos de disolución y/o precipitación que pudiesen ocurrir.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar y definir las unidades hidrogeológicas presentes en el salar en base a la información geológica y geofísica realizada en el sector.
- Identificar y caracterizar la química de las aguas subterráneas, identificando posibles variaciones espaciales y en profundidad.
- Caracterizar la geoquímica de las aguas superficiales y sus variaciones espaciales.
- Analizar la relación hidroquímica entre la salmuera y las aguas superficiales, apoyado por la modelación hidroquímica.
- Describir el funcionamiento hidrodinámico e hidrogeoquímico de este sistema y establecer la relación entre los flujos de agua subterránea ingresantes y los procesos de depositación actuales de las sales en el salar.

## 1.2 Ubicación y accesos

El Salar de Pastos Grandes se ubica en la provincia de Salta, departamento de Los Andes y a aproximadamente 230 km al oeste-noroeste de la ciudad de Salta, capital provincial (**Figura 1-1**). Su altitud promedio es de 3.800 metros sobre el nivel medio del mar (m.s.n.m.) y 15 km al sur del poblado del mismo nombre, el cual posee una población de 136 habitantes (Indec, 2001). Las principales actividades económicas corresponden a la agrícola y ganadera, en donde se destaca el criadero de llamas, alpacas y en los últimos años de vicuñas, mientras que, desde el punto de vista agrícola predomina el cultivo de quinoa. En los últimos años se ha generado otra actividad económica que corresponde a la prestación de servicios para las diferentes empresas mineras que actualmente trabajan en la Puna de las Provincias de Salta y Catamarca.

El acceso a este salar es a través de la Ruta Nacional N° 51, pavimentado en gran parte del trayecto, la cual une la ciudad de Salta, capital provincial con la ciudad de San Antonio de los Cobres, capital del departamento de Los Andes. Posteriormente se utiliza la Ruta Provincial N° 129 hasta el poblado de Santa Rosa de Los Pastos Grandes, en donde es posible encontrar servicios básicos tales como escuela primaria, posta rural y pequeños negocios. La ciudad de San Antonio de los Cobres es el último lugar en donde se puede abastecer los vehículos con combustible, así como también la adquisición de algunos productos.

Siguiendo por la Ruta Provincial N°129 se accede al salar por su lado norte. Al igual que para el tramo entre la ciudad de San Antonio de los Cobres hasta el poblado de Pastos Grandes, el camino es de ripio, sin pavimentación, y permite su acceso al salar. No existen caminos secundarios que permitan el ingreso al salar por su lado sur o este. La mantención de esta ruta es realizada por Vialidad de manera esporádica y salvo eventos climáticos atípicos, es posible su tránsito durante todo el año. Por las características de la costra salina de este salar, la cual se destaca por su nula rugosidad, es posible su tránsito en vehículo (**Figura 1-2**) a excepción de la época de lluvias, en donde se forman espejos de agua que impiden y/o dificultan su tránsito.

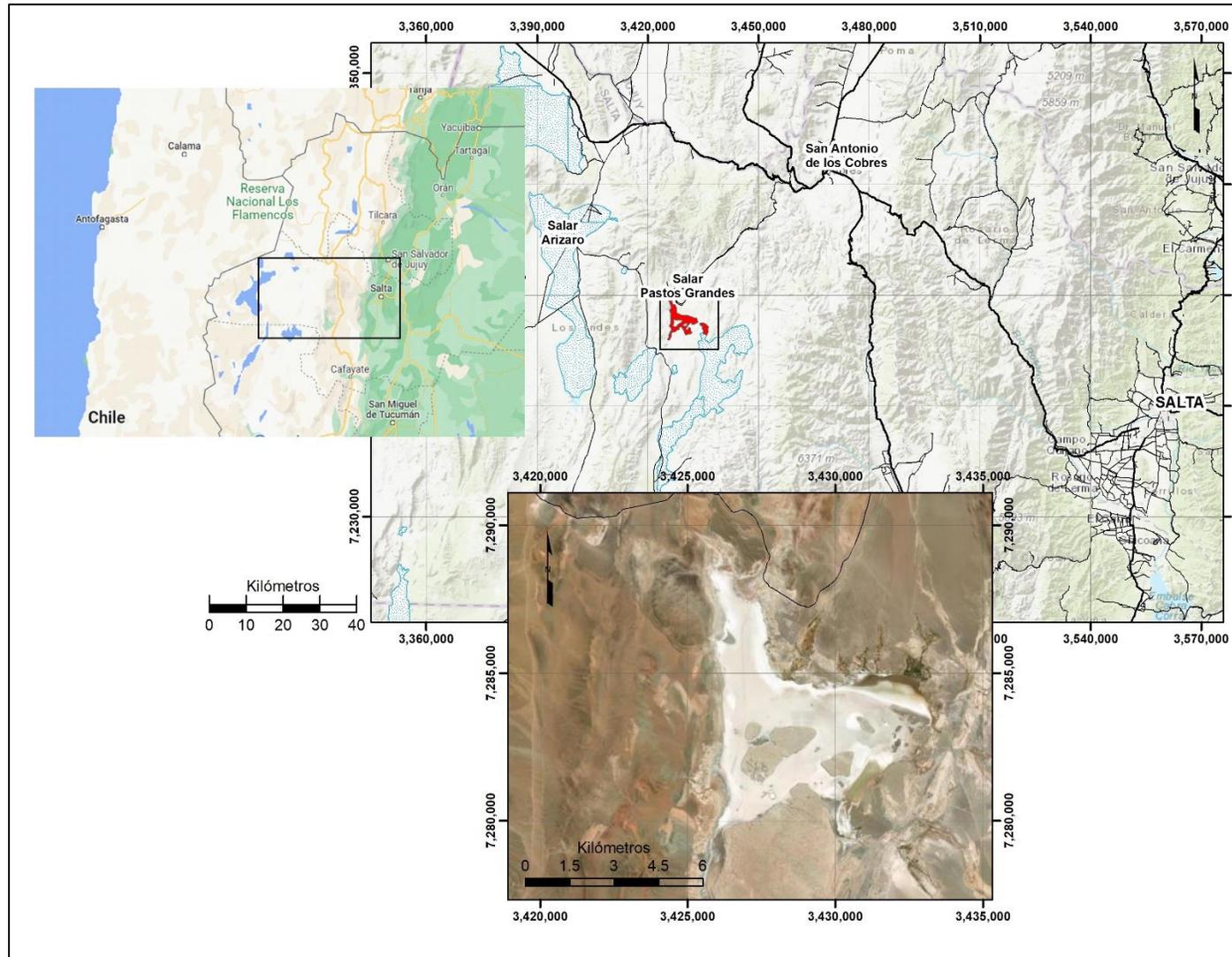


Figura 1-1. Ubicación del área de estudio y vías de acceso



Figura 1-2. Costra salina del salar de Pastos Grandes

## 2 METODOLOGÍA

---

La metodología aplicada para realizar este proyecto consistió en 3 etapas, las que se describen a continuación:

### 2.1 Etapa 1: Compilación y análisis de la información técnica disponible

Esta actividad se centró en la compilación y análisis de la información obtenida de diversos estudios enfocados en la caracterización de salares, en especial aquellos relacionados a la exploración de litio, y los datos obtenidos por la empresa Millennial Lithium, que contienen antecedentes con respecto a la geología, hidrogeología e hidroquímica.

A continuación, se listan los antecedentes compilados y analizados.

#### 2.1.1 Geología

- Alonso, R.N., 1992. *Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna Salteña) con énfasis en la Formación*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47(2), 189 – 199.
- Alonso, R.N., Menegatti, N. 1990. *La Formación Blanca Lila (Pleistoceno) y sus depósitos de boratos (Puna Argentina): II Congreso Geológico Argentino*, Actas I, p 43-63.
- Blasco, G., Zappettini, E., and Hongn, F., 1996. *Hoja Geológica 2566-I San Antonio de los Cobres, provincias de Jujuy y Salta, República Argentina*. Buenos Aires: Dirección Nacional del Servicio Geológico. Boletín N°217 (Nueva Serie). 1126 p.
- Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C., and Ramos, V., 1982. *Tectonic and Magmatic Evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile*: Earth Science Reviews, v. 18, pp 302 – 332.
- Jordan, T.E. and Alonso, R.N., 1987. *Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountains, 20-28°S latitude*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 71: 49-64.

## 2.1.2 Hidrogeología de salares

- Montgomery & Associates, 2019. *Feasibility Study of the Pastos Grandes Project, Salta Province, Argentina*. Technical Report N°209020-00055-000-GE-TEN-03. Canadian Standard N°43-101. 650 p.
- Avila C., y Rosko M., 2018, *Caracterización hidrogeológica para la explotación de salmueras de litio en el salar de Pastos Grandes, Argentina*. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, Salta, Argentina.
- Rosko, M., Weber, D., and Avila, C., 2014. *Conceptual Modelling of a lithium brine resource*. IV Congreso Internacional de Gestión del Agua en la Industria Minera (WIM), Viña del Mar, Chile, 28 – 30 mayo, 2014.

## 2.1.3 Exploración de litio

- Alonso, R.N., 2017. *Los salares de la Puna argentina y su recurso minero*. In *Ciencias de la Tierra y Recursos naturales del NOA*. Relatorio del 20 Congreso Argentino Argentino, pp 1018 – 1038.
- Evans, R.K., 2009, *Lithium Resources are they adequate?* Presentación en la Conferencia “Lithium Supply Markets 2009”. Enero 2009, Santiago, Chile.
- García, R., Rocha Fasola, V., Moya Ruiz, F., y Tálamo, E., 2013, *Exploración y Explotación de Salmueras Enriquecidas en Litio y Potasio en Salares de la Puna Argentina*. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. La Plata, 17-20 septiembre 2013.
- García, R., Borda, L.G., Godfrey, L.V., Steinmetz, R.L. y Losada-Calderón, A., 2020. *Characterization of lithium cycling in the Salar de Olaroz, Central Andes, using a geochemical and isotopic approach*. *Chemical Geology*, 531, 119340.
- Rosko, M., Peacock, E., y Avila, C., 2013, *Metodología de terreno para apoyar la evaluación del contenido de salmueras de litio y potasio en cuencas salinas*. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. La Plata, 17-20 septiembre 2013.

- López Steinmetz, R. L., Salvi, S., Sarchi, C., Santamans, C., & López Steinmetz, L. C. (2020). *Lithium and Brine Geochemistry in the Salars of the Southern Puna, Andean Plateau of Argentina*. *Economic Geology*, 115(5), 1079-1096.
- Nicolli, H., Suriano, J., Kimsa, J. y Brodtkorb, A. 1980. *Características geoquímicas generales de aguas y salmueras de la Puna Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Miscelánea 63, 38 pp, Córdoba.
- Nicolli, H., Suriano, J., Kimsa, J. y Brodtkorb, A. 1982a. *Geochemical characteristics of brines in evaporitic basins, Argentinian Puna*. Academia Nacional de Ciencias, Miscelánea 64, 19 p. Córdoba.
- Nicolli, H., Suriano, J., Mendez, V. y Gomez, M. 1982b. *Salmueras ricas en metales alcalinos del salar Hombre Muerto, Catamarca, Argentina*. V Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 3: 187-204, Buenos Aires.
- Peyré, F. R. (2020). 632. *Aprovechamiento del litio en la Argentina—Realidades, desafíos y perspectivas en un mundo globalizado*. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 24.
- Viramonte, J., Alonso, R., Gutiérrez, R. y Argañaraz, R. 1984. *Génesis del litio en los salares de la Puna argentina*. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 471-481, Bariloche.

## 2.2 Etapa 2: Trabajos de campo

A continuación, se describen las actividades de terreno desarrolladas a la fecha en el salar de Pastos Grandes.

### 2.2.1 Construcción de pozos de exploración diamantina

La perforación de los pozos de exploración diamantina se inició en octubre 2016, finalizando en noviembre 2019, totalizando 22 pozos finalizados y habilitados, con profundidades comprendidas de entre 121 a 641 m y puestos en servicio para la medición de niveles. Por el diámetro de estos pozos (2”), éstos no fueron utilizados para la extracción de salmuera. El método de perforación utilizado fue el de perforación con recuperación de testigo (DDH), y en aquellos casos en que por las condiciones litológicas no fue posible la utilización de este método, la perforación se realizó con tricono de 4 ½” o 4 ¼” de diámetro. Todas las perforaciones fueron

realizadas por la empresa Hidrotec Perforaciones S.A., empresa dedicada a la perforación de pozos de agua con sede en la ciudad de Salta, Argentina, utilizando para ello máquinas marca Sandvick, modelo D710, Boart Longyear modelo IF90 y Atlas Copco modelo C6C (**Figura 2-1**).



Figura 2-1. Perforación de pozos de monitoreo

En aquellos casos en que durante la etapa de perforación se presentaron problemas de derrumbe o de atrapamiento de la tubería de perforación y no siendo posible su rescate, se procede a abandonar la perforación y efectuar una nueva, ubicada a pocos metros de la original. En otros casos, si bien se alcanzó la profundidad estimada, se decidió no habilitar el sondaje ya sea por falta de materiales o bien por decisión de la empresa mandante.

Durante esta etapa, se recolectaron muestras de salmuera a diferentes profundidades, utilizando para ello el método de packer, el que permite obtener muestras de agua a intervalos predefinidos de 1, 2 o 3 m de espesor (**Figura 2-2**). En aquellas perforaciones en que se utilizó el método de recuperación de testigo, se obtuvieron muestras de entre 15 a 25 centímetros (cm) de largo, sin fracturamiento secundario producto de las labores de perforación para su análisis de porosidad total y específica. La **Figura 2-3** presenta algunas imágenes de los testigos obtenidos.



Figura 2-2. Obtención de muestras de salmuera con el método de packer



Figura 2-3. Testigos de perforación obtenidos durante perforación DDH

Habiendo alcanzado la profundidad final, y previo a la instalación de la tubería de habilitación, en algunos casos se efectuó un perfilaje geofísico con la obtención de curvas de Potencial Espontáneo (SP), normal corta y normal larga. Los equipos utilizados corresponden a sonda marca Crodam Tec, modelo G-DAE500. La empresa a cargo de estos registros es Mercoaguas, empresa cuya base está en la ciudad de Salta, Argentina. Posteriormente, y en base a la información litológica y geofísica (cuando existe), se define la ubicación de los tramos de los

intervalos ciegos y ranurados. La tubería utilizada consiste en tubería de PVC de 2" de diámetro y la tubería ranurada tiene una abertura de 0.75 mm. La **Figura 2-4** presenta un ejemplo de un perfilaje realizado.

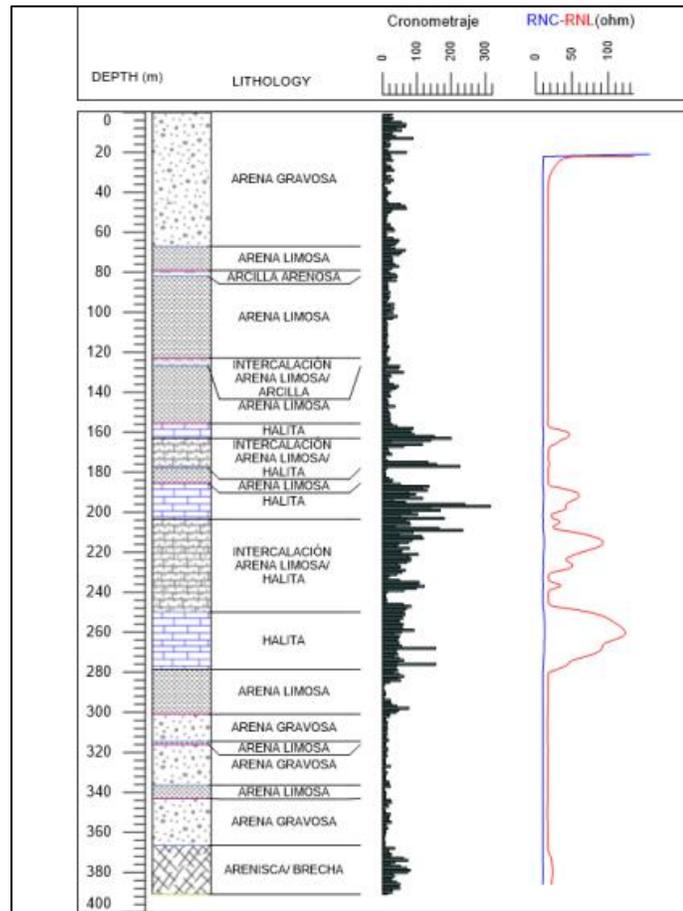


Figura 2-4. Perfilaje geofísico (normal corta y normal larga)

Instalada la tubería de habilitación, se procede a rellenar el espacio anular con grava seleccionada de tamaño entre 1 a 3 mm hasta 5 a 10 m por sobre el inicio de los tramos ranurados o en algunos casos hasta la superficie. Tras la instalación de la grava, se procede a la limpieza del pozo mediante la inyección de aire, con el objeto de remover los aditivos utilizados durante la etapa de perforación. La **Tabla 2-1** presenta la ubicación y características de construcción de los pozos de exploración diamantina, mientras que la **Figura 2-5** presenta su ubicación.

Tabla 2-1. Ubicación y características constructivas de los pozos de exploración diamantina

| Nombre pozo       | Coordenadas <sup>a</sup> |           |                                | Profundidad (m) <sup>c</sup> | Ranurado (m)                    |                                  | Observaciones      |
|-------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|                   | Norte                    | Este      | Altitud (m.s.n.m) <sup>b</sup> |                              | Desde                           | Hasta                            |                    |
| <b>PGMW16-01</b>  | 7.283.662                | 3.429.218 | 3.783                          | 190                          | 8,6                             | 91,7                             |                    |
| <b>PGMW16-01b</b> | 7.283.655                | 3.429.221 | 3.783                          | 355                          | 18,7                            | 277,9                            |                    |
| <b>PGMW16-02</b>  | 7.283.257                | 3.427.731 | 3.790                          | 400                          | 6,5                             | 386,9                            |                    |
| <b>PGMW17-03</b>  | 7.283.805                | 3.428.367 | 3.790                          | 154                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-04</b>  | 7.280.921                | 3.427.853 | 3.781                          | 245,5                        | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-04b</b> | 7.280.949                | 3.427.849 | 3.781                          | 564                          | 7,8<br>138,0<br>321,5           | 132,4<br>315,9<br>523,2          |                    |
| <b>PGMW17-05</b>  | 7.281.677                | 3.428.922 | 3.784                          | 121                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-05b</b> | 7.281.683                | 3.428.927 | 3.784                          | 387                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-05c</b> | 7.281.672                | 3.428.918 | 3.784                          | 601                          | 8,3<br>186,6                    | 180,6<br>371,0                   |                    |
| <b>PGMW17-06</b>  | 7.281.016                | 3.429.497 | 3.784                          | 455                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-06b</b> | 7.281.016                | 3.429.497 | 3.784                          | 424                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-06c</b> | 7.281.016                | 3.429.497 | 3.784                          | 571                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-07</b>  | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                          | 203,3                        | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-07b</b> | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                          | 203,3                        | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-07c</b> | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                          | 412                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-07d</b> | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                          | 510                          | 0<br>28,0<br>260,0              | 16,0<br>248,0<br>498,0           |                    |
| <b>PGMW17-08</b>  | 7.281.596                | 3.429.941 | 3.799                          | 425,5                        | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-08b</b> | 7.281.596                | 3.429.941 | 3.799                          | 446                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-09</b>  | 7.283.107                | 3.428.156 | 3.783                          | 595                          | 11,7<br>204,7<br>403,3          | 198,8<br>397,3<br>583,0          |                    |
| <b>PGMW17-10</b>  | 7.283.569                | 3.429.822 | 3.783                          | 601                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW17-11</b>  | 7.285.591                | 3.429.826 | 3.783                          | 568                          | 279,0                           | 546,7                            |                    |
| <b>PGMW18-12</b>  | 7.280.087                | 3.428.224 | 3.810                          | 554                          | 71,6                            | 543,6                            |                    |
| <b>PGMW18-13</b>  | 7.278.696                | 3.428.223 | 3.802                          | 559                          | 83,0<br>320,0                   | 314,0<br>553,0                   |                    |
| <b>PGMW18-14</b>  | 7.277.357                | 3.428.234 | 3.806                          | 635                          | 70,8<br>319,7                   | 313,7<br>628,6                   |                    |
| <b>PGMW18-15</b>  | 7.278.678                | 3.426.687 | 3.803                          | 594                          | 74,2<br>327,9                   | 322,0<br>587,4                   |                    |
| <b>PGMW18-16</b>  | 7.279.568                | 3.429.618 | 3.804                          | 641                          | 73,2<br>327,3                   | 321,4<br>629,1                   |                    |
| <b>PGMW18-17</b>  | 7.280.094                | 3.426.685 | 3.785                          | 601                          | 17,0<br>135,0<br>200,0<br>312,0 | 129,0<br>170,0<br>306,0<br>595,0 |                    |
| <b>PGMW18-18</b>  | 7.277.421                | 3.426.656 | 3.804                          | 605                          | 8,0                             | 273,0                            |                    |
| <b>PGMW18-19</b>  | 7.280.529                | 3.429.083 | 3.803                          | 602                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW18-20</b>  | 7.279.522                | 3.430.668 | 3.786                          | 389                          | ---                             | ---                              | Sondaje abandonado |
| <b>PGMW18-20b</b> | 7.279.511                | 3.430.661 | 3.786                          | 575                          | 0,4<br>112,0                    | 64,8<br>336,1                    |                    |
| <b>PGMW19-21</b>  | 7.279.867                | 3.426.079 | 3.805                          | 574,3                        | 26,2<br>291,0                   | 282,5<br>567,7                   |                    |
| <b>PGMW19-22</b>  | 7.288.304                | 3.431.009 | 3.842                          | 464,5                        | 37,8<br>185,2                   | 179,3<br>357,0                   |                    |

<sup>a</sup>: Coordenadas en UTM Posgard 94, obtenidas con GPS navegador

<sup>b</sup>: Elevación expresada en metros sobre el nivel medio del mar

<sup>c</sup>: Profundidad de la perforación, en metros

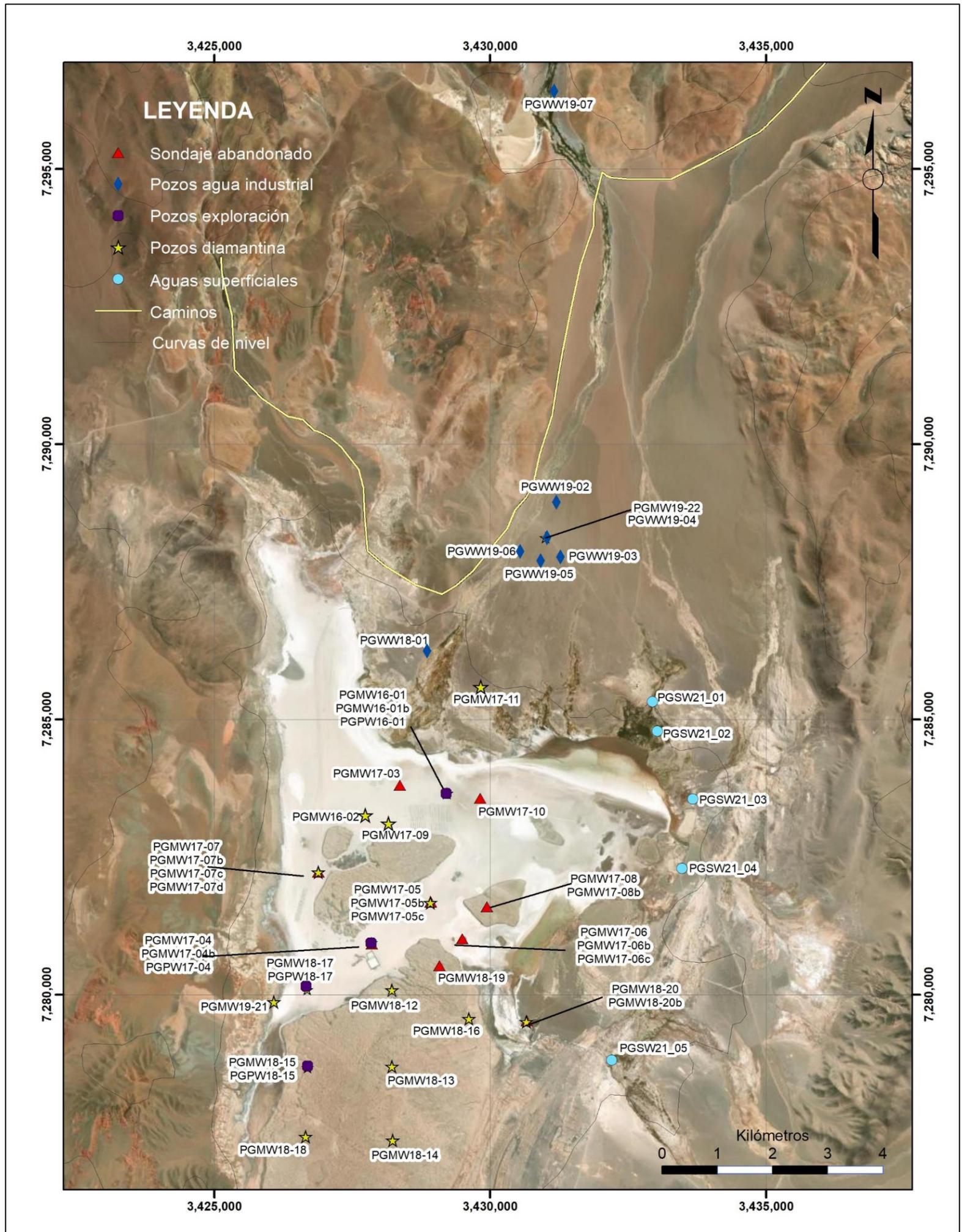


Figura 2-5. Mapa de ubicación de los pozos de exploración, exploración diamantina, exploración agua uso industrial y muestras superficiales

## 2.2.2 Construcción de pozos de exploración

La perforación de los pozos de exploración se inició en el mes de diciembre 2016 y finalizaron en el mes de marzo 2019, con un total de 4 pozos perforados, con profundidades de entre 351 a 601,4 m. El método de perforación en cada uno de estos pozos corresponde al de rotación con recuperación de detritos, con un diámetro de entre 27” a 9<sup>7/8</sup>”. La **Tabla 2-2** presenta los detalles de construcción de cada uno de estos pozos. Una vez finalizada la perforación de estos pozos, se procede a su habilitación, utilizando tubería de acero de 10 y 6” de diámetro (habilitación telescópica) en tramos ciegos y ranurados, con una abertura de los filtros de 0,75 mm, a excepción del pozo PGPW18-17, el cual se habilitó con tubería de 12” y 8” de diámetro. La tubería utilizada corresponde a tubería de acero al carbono. Una vez instalada la tubería, se procede al engravado del pozo, hasta un nivel de entre 5 a 10 m del inicio de la zona filtrante. Posteriormente, un sello de bentonita y cemento se emplaza en el espacio anular de la perforación, por arriba del relleno de grava que enfrenta a los filtros, a una profundidad comprendida entre los 5 y 10 m, para rellenar el espacio sobrante con grava de relleno o material propio de la perforación.

Luego, se procede a la limpieza o desarrollo del pozo, la cual se realiza en tres etapas. La primera de ellas consiste en la inyección de una solución de hipoclorito de sodio, el que se inyecta en toda la zona filtrante y que tiene por objeto facilitar la degradación de los polímeros utilizados. Esta primera etapa finaliza dándole un tiempo de reposo a la solución, la que varía entre 12 a 24 horas. La siguiente etapa consiste en la limpieza de la zona filtrante, que se realiza con una herramienta tipo *swab* y compresor (**Figura 2-6**). Esta limpieza se realiza hasta que el contenido de arena obtenido en el flujo saliente sea inferior a 0,5 mililitros por litro (mL/L) o menos y que la salmuera no presente indicios de aditivos o evidencia de la solución inyectada. Para determinar el contenido de sedimentos, se utilizó un cono Imhoff. La última etapa consiste en la remoción de los sedimentos que pudiesen haberse depositado en el fondo de la tubería, para lo cual se procede a su extracción realizando un *air-lift* o soplado en el fondo de la tubería.

Habiendo finalizado el desarrollo de cada uno de estos pozos, se efectúan ensayos hidráulicos en cada uno de ellos, utilizando para ello una bomba sumergible. La duración de estos ensayos fue de entre 24 a 72 horas (hr), seguido con un periodo de recuperación de la misma duración que el tiempo de bombeo.



Figura 2-6. Imágenes del proceso de desarrollo de pozos

Tabla 2-2. Ubicación y características constructivas de los pozos de exploración

| Nombre pozo      | Coordenadas <sup>a</sup> |           |                                | Profundidad perforación(m) <sup>c</sup> | Profundidad habilitación(m) <sup>d</sup> |                | Diámetro tubería (") <sup>e</sup> | Ranurado (m) |           |
|------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|---|--|----------------|-----------------------------------|--------------|-----------|
|                  | Norte                    | Este      | Altitud (m.s.n.m) <sup>b</sup> |   | Desde                                    | Hasta          |                                   | Desde        | Hasta     |
| <b>PGPW16-01</b> | 7.283.655                | 3.429.204 | 3.778                          | 351                                     | 0<br>100                                 | 100<br>351     | 10<br>6                           | 20<br>100    | 80<br>348 |
| <b>PGPW17-04</b> | 7.280.941                | 3.427.842 | 3.788                          | 470,4                                   | 0<br>113,4                               | 113,4<br>470,4 | 10<br>6                           | 113,4        | 464,3     |
| <b>PGPW18-15</b> | 7.278.707                | 3.426.687 | 3.803                          | 598,8                                   | 0<br>195,9                               | 195,9<br>598,8 | 10<br>6                           | 76,9         | 592,8     |
| <b>PGPW18-17</b> | 7.280.153                | 3.426.666 | 3.805                          | 601,4                                   | 0<br>198,8                               | 198,8<br>601,4 | 12<br>8                           | 50,4         | 594,4     |

<sup>a</sup>: Coordenadas en Coordenadas en UTM Posgard 94, obtenidas con GPS navegador

<sup>b</sup>: Elevación expresada en metros sobre el nivel medio del mar

<sup>c</sup>: Profundidad de la perforación, en metros

<sup>d</sup>: Profundidad de habilitación, en metros

<sup>e</sup>: Diámetro de la tubería de habilitación, en pulgadas

### 2.2.3 Construcción de pozos para abastecimiento agua industrial

La perforación de los pozos de abastecimiento de agua industrial se inició en julio 2018 y finalizó en junio 2019, totalizando 7 pozos, con profundidades de entre 42 a 70 m. El método de perforación corresponde al de rotación con recuperación de detritos, con un diámetro de entre 8<sup>1/2</sup>" a 12". La **Tabla 2-3** presenta los detalles de construcción de cada uno de estos pozos.

Finalizada la perforación, y al igual que para el caso de los pozos de exploración, se procede a su habilitación, utilizando para ello tubería de acero de 6" de diámetro en tramos ciegos y ranurados, con una abertura de los filtros de 0,75 mm. Una vez instalada la tubería, se procede al engravado del pozo, hasta un nivel de 5 m del inicio de la zona filtrante. Posteriormente, el sello de bentonita y cemento se emplaza en el espacio anular de la perforación, por arriba del relleno de grava que enfrenta a los filtros, a una profundidad comprendida entre los 2 y 5 m para rellenar el espacio sobrante con grava de relleno. Debido a las condiciones litológicas y/o químicas reconocidas durante la etapa de perforación, sólo 4 de estos 7 pozos fueron habilitados.

Tabla 2-3. Ubicación y características constructivas de los pozos para abastecimiento de agua industrial

| Nombre pozo | Coordenadas <sup>a</sup> |           |                                | Profundidad Perforación (m) <sup>c</sup> | Profundidad Habilitación (m) <sup>d</sup> |       | Diámetro tubería (") <sup>e</sup> | Ranurado (m) |              |
|-------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|--|---|-------|-----------------------------------|--------------|--------------|
|             | Norte                    | Este      | Altitud (m.s.n.m) <sup>b</sup> |  | Desde                                     | Hasta |                                   | Desde        | Hasta        |
| PGWW18-01   | 7.286.244                | 3.428.857 | 3.832                          | 42                                       | 0   | 42    | 6                                 | 4            | 34           |
| PGWW19-02   | 7.288.950                | 3.431.200 | 3.849                          | 62                                       | 0   | 56    | 6                                 | 29           | 53           |
| PGWW19-03   | 7.287.953                | 3.431.279 | 3.839                          | 62                                       | 0   | 56    | 6                                 | 17           | 53           |
| PGWW19-04   | 7.288.305                | 3.431.032 | 3.841                          | 62                                       | ---                                       | ---   | ---                               | ---          | ---          |
| PGWW19-05   | 7.287.889                | 3.430.916 | 3.881                          | 62                                       | ---                                       | ---   | ---                               | ---          | ---          |
| PGWW19-06   | 7.288.054                | 3.430.545 | 3.843                          | 62                                       | ---                                       | ---   | ---                               | ---          | ---          |
| PGWW19-07   | 7.296.418                | 3.431.161 | 3.973                          | 70                                       | 0   | 67,7  | 6                                 | 32,0<br>49,8 | 43,9<br>61,7 |

<sup>a</sup>: Coordenadas en Coordenadas en UTM Posgard 94, obtenidas con GPS navegador

<sup>b</sup>: Elevación expresada en metros sobre el nivel medio del mar

<sup>c</sup>: Profundidad de la perforación, en metros

<sup>d</sup>: Profundidad de habilitación, en metros

<sup>e</sup>: Diámetro de la tubería de habilitación, en pulgadas

<sup>f</sup>: Sondaje no habilitado

Habiendo finalizado el desarrollo, se efectúan sus ensayos hidráulicos, utilizando para ello una bomba sumergible. La duración de estos ensayos fue de entre 24 a 72 horas, seguido con un periodo de recuperación de la misma duración que el tiempo de bombeo. Al final de cada bombeo, se tomó una muestra de agua para su análisis químico.

## 2.2.4 Geofísica

Durante el mes de junio 2018 se efectuaron 4 perfiles geofísicos, mediante el método transiente electromagnético (TEM), en el sector sur del salar, a fin de reconocer las unidades geoelectricas en profundidad y definir las zonas de salmuera y la zona de transición con aguas salobres o agua dulce, y así poder estimar la relación hidráulica entre ellas. La extensión total de los perfiles TEM fue de 18,56 km. La

Tabla 2-4 presenta las coordenadas de las estaciones medidas y la **Figura 2-7** presenta su mapa de ubicación.

Tabla 2-4. Coordenadas de las estaciones TEM

| Estación | Coordenadas (WGS 84, Zona 19S) |           |
|----------|--------------------------------|-----------|
|          | Este                           | Norte     |
| 1        | 730.459                        | 7.277.515 |
| 2        | 731.910                        | 7.277.818 |
| 3        | 733.169                        | 7.278.339 |
| 4        | 733.380                        | 7.276.914 |
| 5        | 734.445                        | 7.276.830 |
| 6        | 735.342                        | 7.277.467 |
| 7        | 737.983                        | 7.277.427 |
| 8        | 739.042                        | 7.277.527 |
| 9        | 730.414                        | 7.276.108 |
| 10       | 731.767                        | 7.276.074 |
| 11       | 730.371                        | 7.274.832 |
| 12       | 731.953                        | 7.274.739 |
| 13       | 732.467                        | 7.274.022 |

En el mes de agosto 2018 se realizaron 5 líneas geofísicas con el método de tomografía sísmica, totalizando 10.530 m, de las cuales 3 son de orientación NNW – SSE, mientras que 2 son de orientación E – W. El objetivo de esta geofísica es el de delimitar aquellas litologías que potencialmente pueden almacenar salmuera, así como proveer cualquier información adicional o interpretativas relacionado a la geología de sub-superficie o la posible existencia de estructuras o de zonas de relieves deprimidos. La **Figura 2-7** presenta la ubicación de las líneas geofísicas realizadas.

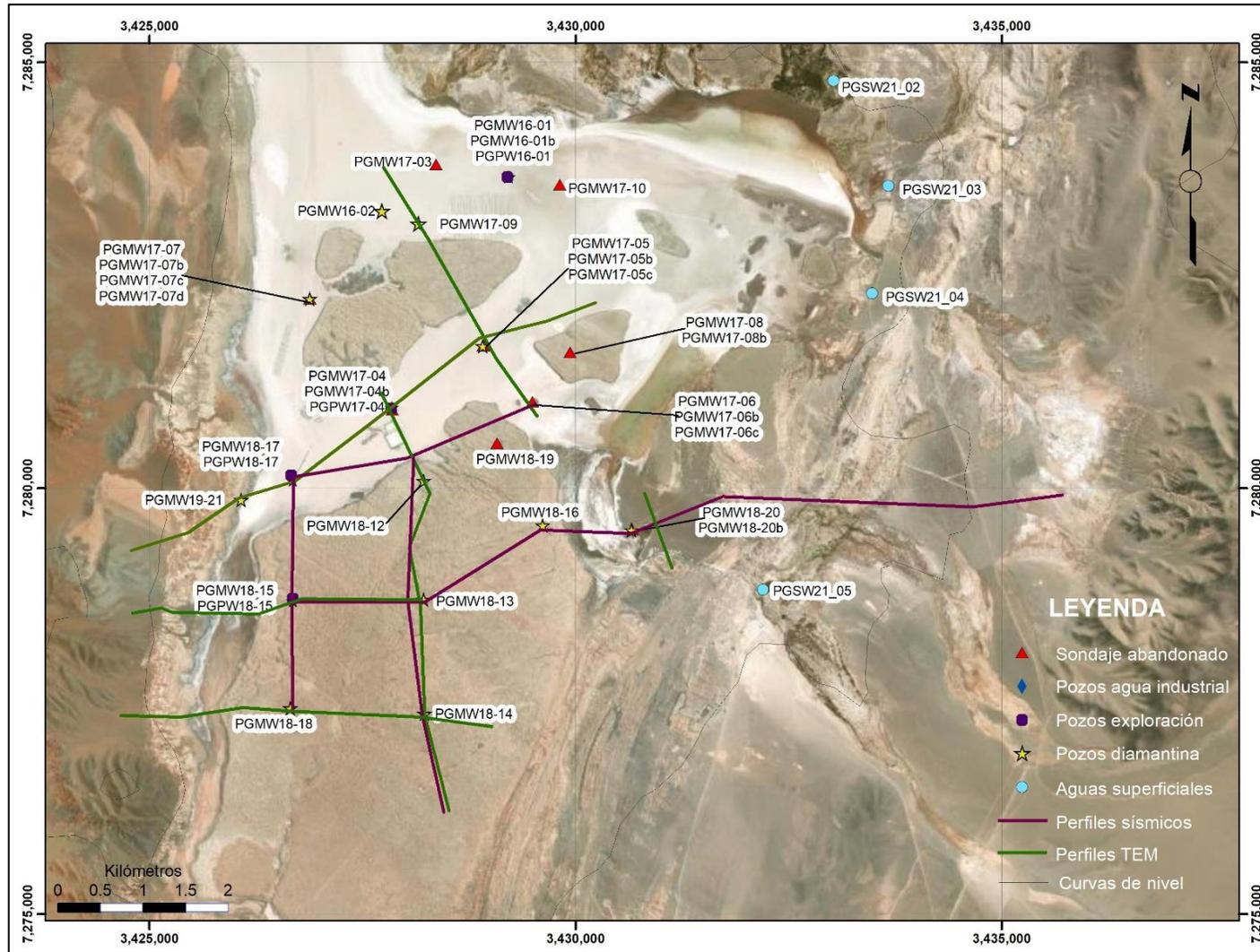


Figura 2-7. Mapa de ubicación de líneas geofísicas realizadas

## 2.2.5 Muestreo del agua para su caracterización química

La caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas del Salar de Pastos Grandes se realizó a partir del análisis de los resultados químicos recopilados durante la campaña de perforación de los pozos de monitoreo, mientras que, para el caso de las muestras de aguas superficiales, éstas se obtuvieron en una campaña realizada en el mes de junio 2021. A continuación, se presenta una descripción de las actividades de muestreo realizadas.

La campaña de muestreo para la toma de muestras para análisis químico se realizó durante la etapa de perforación de los pozos de monitoreo. La obtención de las muestras se realizó a medida que avanzaba la perforación, generalmente tras haber perforado 200 o 300 m. Una vez que se alcanzó una profundidad determinada, y en base a las litologías reconocidas, se procede a la obtención de la muestra mediante el método de *packer*, el que permite obtener muestras puntuales en tramos de entre 1 a 3 m y a intervalos variables. Con el objeto de asegurar una muestra libre de aditivos de perforación, cada vez que se obtiene una muestra, se procede a purgar el pozo por un periodo tal que permita la expulsión de a lo menos 3 veces el volumen de la perforación previo a la obtención de la muestra, y verificando visualmente que ésta se encuentre libre de aditivos. En caso de que se reconozca la existencia de aditivo, se continúa con la purga del pozo.

Los envases utilizados fueron botellas de plástico de alta densidad de 500 mililitros (mL). Previo a su llenado, éstos son enjuagados repetidas veces con la misma agua a muestrear y se mide *in-situ* sus parámetros fisicoquímicos (Temperatura, Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT) pH y Densidad ( $\delta$ )). En total, se tomaron muestras de agua en 25 pozos de monitoreo, totalizando 335 muestras. Tal como se mencionó anteriormente, si bien en total se dispone de 22 pozos de monitoreo habilitados, en algunos casos en que se tuvo que abandonar la perforación, se alcanzó a tomar muestras de la salmuera. Las profundidades de las muestras varían entre 7 a 605 m. La **Tabla 2-5** presenta las características de cada punto de muestreo, incluyendo sus coordenadas y cantidad de puntos analizados (no incluye duplicados o muestras estándar).

En el caso de las muestras de las muestras de agua de los pozos de exploración para uso industrial, dichas muestras se obtuvieron al finalizar sus respectivos ensayos hidráulicos, por lo que éstas corresponden a valores “promedio” desde el punto de vista hidroquímico.

Para el caso de las muestras superficiales, se realizó un reconocimiento en terreno de las diferentes vertientes que existen en la zona, y identificando aquellas vertientes que descargan en el salar. En base a este reconocimiento, se definieron 5 ubicaciones, las que corresponden a los principales cursos de agua. Si bien existen otras vertientes, éstas presentan un flujo marginal o bien no descargan al salar y se infiltran en su totalidad. Las muestras de agua fueron tomadas directamente desde el curso de agua, utilizando para ello botellas de plástico de alta densidad, obteniendo un volumen de muestra de 1 litro. Junto con la obtención de la muestra, se midieron los parámetros fisicoquímicos ( $T^{\circ}$ , pH y CE). La **Figura 2-8** presenta algunas imágenes de estos cursos.



Figura 2-8. Cursos superficiales reconocidos en el Salar de Pastos Grandes.

Tabla 2-5. Puntos de muestreo de aguas subterráneas y superficiales.

| Nombre pozo  | Coordenadas <sup>a</sup> |           | Altitud<br>(m.s.n.m) <sup>b</sup> | Tipo punto | # análisis realizados | Intervalo<br>muestreo                 |
|--------------|--------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|-----------------------|---------------------------------------|
|              | Norte                    | Este      |                                   |            |                       |                                       |
| PGMW16-01    | 7.283.662                | 3.429.218 | 3.783                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW16-01b   | 7.283.655                | 3.429.221 | 3.783                             | Pozo       | 8                     | 94 - 300                              |
| PGMW16-02    | 7.283.257                | 3.427.731 | 3.790                             | Pozo       | 11                    | 71 - 400                              |
| PGMW17-03    | 7.283.805                | 3.428.367 | 3.790                             | Pozo       | 2                     | 127 - 149                             |
| PGMW17-04    | 7.280.921                | 3.427.853 | 3.785                             | Pozo       | 2                     | 7 - 216,5                             |
| PGMW17-04b   | 7.280.949                | 3.427.849 | 3.785                             | Pozo       | 27                    | 93,5 - 475                            |
| PGMW17-05    | 7.281.677                | 3.428.922 | 3.784                             | Pozo       | 3                     | 25,7 - 60,5                           |
| PGMW17-05b   | 7.281.683                | 3.428.927 | 3.784                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW17-05c   | 7.281.672                | 3.428.918 | 3.784                             | Pozo       | 14                    | 381,7 - 593                           |
| PGMW17-06    | 7.281.016                | 3.429.497 | 3.784                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW17-06b   | 7.281.016                | 3.429.497 | 3.784                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW17-06c   | 7.281.016                | 3.429.497 | 3.784                             | Pozo       | 13                    | 105 - 508,7                           |
| PGMW17-07    | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                             | Pozo       | 6                     | 44,3 - 138,3                          |
| PGMW17-07b   | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                             | Pozo       | 2                     | 165,5 - 187,5                         |
| PGMW17-07c   | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW17-07d   | 7.282.228                | 3.426.888 | 3.784                             | Pozo       | 15                    | 204 - 476                             |
| PGMW17-08    | 7.281.596                | 3.429.941 | 3.799                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW17-08b   | 7.281.596                | 3.429.941 | 3.799                             | Pozo       | 2                     | 344 - 358                             |
| PGMW17-09    | 7.283.107                | 3.428.156 | 3.781                             | Pozo       | 24                    | 173,5 - 585                           |
| PGMW17-10    | 7.283.569                | 3.429.822 | 3.783                             | Pozo       | 16                    | 103 - 592,7                           |
| PGMW17-11    | 7.285.591                | 3.429.826 | 3.818                             | Pozo       | 20                    | 108 - 564                             |
| PGMW18-12    | 7.280.087                | 3.428.224 | 3.810                             | Pozo       | 6                     | 383 - 504                             |
| PGMW18-13    | 7.278.696                | 3.428.223 | 3.802                             | Pozo       | 15                    | 120 - 554                             |
| PGMW18-14    | 7.277.357                | 3.428.234 | 3.806                             | Pozo       | 12                    | 306 - 625                             |
| PGMW18-15    | 7.278.678                | 3.426.687 | 3.803                             | Pozo       | 24                    | 83 - 584                              |
| PGMW18-16    | 7.279.568                | 3.429.618 | 3.804                             | Pozo       | 13                    | 75 - 641                              |
| PGMW18-17    | 7.280.094                | 3.426.685 | 3.785                             | Pozo       | 29                    | 60 - 587                              |
| PGMW18-18    | 7.277.421                | 3.426.656 | 3.804                             | Pozo       | 14                    | 147 - 595                             |
| PGMW18-19    | 7.280.529                | 3.429.083 | 3.803                             | Pozo       | 15                    | 366 - 587                             |
| PGMW18-20    | 7.279.522                | 3.430.668 | 3.786                             | Pozo       | 0                     | ---                                   |
| PGMW18-20b   | 7.279.511                | 3.430.661 | 3.786                             | Pozo       | 13                    | 81 - 566                              |
| PGMW19-21    | 7.279.867                | 3.426.079 | 3.805                             | Pozo       | 18                    | 89 - 456                              |
| PGMW19-22    | 7.288.304                | 3.431.009 | 3.842                             | Pozo       | 11                    | 108 - 361                             |
| PGSW21_01    | 7.285.323                | 3.432.945 | 3.797                             | Vertiente  | 1                     |                                       |
| PGSW21_02    | 7.284.786                | 3.433.034 | 3.786                             | Vertiente  | 1                     |                                       |
| PGSW21_03    | 7.283.553                | 3.433.675 | 3.783                             | Vertiente  | 1                     |                                       |
| PGSW21_04    | 7.282.293                | 3.433.483 | 3.785                             | Vertiente  | 1                     |                                       |
| PGSW21_05    | 7.278.811                | 3.432.203 | 3.796                             | Vertiente  | 1                     |                                       |
| PGWW18-01    | 7.286.244                | 3.428.857 | 3.832                             | Pozo       | 1                     | 4 - 34 <sup>c</sup>                   |
| PGWW19-02    | 7.288.950                | 3.431.200 | 3.849                             | Pozo       | 1                     | 29 - 53 <sup>c</sup>                  |
| PGWW19-03    | 7.287.953                | 3.431.279 | 3.839                             | Pozo       | 1                     | 17 - 53 <sup>c</sup>                  |
| PGWW19-07    | 7.296.418                | 3.431.161 | 3.973                             | Pozo       | 1                     | 32 - 43,9<br>49,8 - 61,7 <sup>c</sup> |
| <b>Total</b> |                          |           |                                   |            | <b>344</b>            |                                       |

<sup>a</sup>: Coordenadas en Coordenadas en UTM Posgard 94, obtenidas con GPS navegador

<sup>b</sup>: Elevación expresada en metros sobre el nivel medio del mar

<sup>c</sup>: Muestras obtenidas a partir de ensayos hidráulicos

Los análisis químicos para las aguas subterráneas se realizaron en el laboratorio SGS y en el laboratorio Alex Stewart Argentina S.A mientras que las muestras de agua superficial fueron analizadas en el laboratorio de la empresa Ramirez Perforaciones en Santiago del Estero,

Argentina. Las muestras de agua para uso industrial fueron analizadas en el laboratorio Bioagronort S.R.L., con base en la ciudad de Salta, Argentina. Los laboratorios de SGS y Alex Stewart cuentan con las certificaciones ISO 9.001:2015 y ISO 14.001: 2015 y acreditaciones para el análisis fisicoquímico. Las muestras de aguas superficiales se obtuvieron directamente del punto de muestreo. Para la medición de los parámetros fisicoquímicos, se utilizó un equipo marca Myron L, modelo 6P, que mide pH, Conductividad Eléctrica y Temperatura mientras que, para la medición de densidad, se utilizó un densímetro. La **Tabla 2-6** presenta un listado de los parámetros que se analizan en cada uno de los puntos de monitoreo tanto en terreno como en laboratorio, además de los procedimientos utilizados por el laboratorio y el límite de detección de cada uno de ellos.

Tabla 2-6. Parámetros analizados en terreno y en laboratorio, procedimientos analíticos y límites de detección

|                        |          | Parámetros    | Método                            | Código método | Analito                       | Límite de detección | Unidad |
|------------------------|----------|---------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|--------|
| Parámetros FQ in situ  |          | pH            | Electrodo de sonda multiparámetro | ---           | pH                            |                     |        |
|                        |          | Conductividad | Electrodo de sonda multiparámetro | ---           | CE                            |                     | mS/cm  |
|                        |          | Temperatura   | Electrodo de sonda multiparámetro | ---           | T                             |                     | °C     |
|                        |          | Densidad      | Densímetro                        | ---           | $\delta$                      |                     | g/mL   |
| Parámetros FQ lab      |          | pH            | Potenciometría                    | LMCI28        | pH                            | ---                 | UpH    |
|                        |          | Conductividad | Potenciometría                    | LMFQ01        | CE                            | ---                 | mS/cm  |
|                        |          | SDT           | Gravimetría                       | LMFQ08        | SDT                           | 2500                | mg/L   |
|                        |          | Densidad      | Picnometría                       | LMFQ19        | $\delta$                      | ---                 | g/mL   |
| Elementos Mayoritarios | Cationes | Calcio        | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Ca                            | 0,025               | mg/L   |
|                        |          | Magnesio      | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Mg                            | 0,05                | mg/L   |
|                        |          | Potasio       | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | K                             | 0,25                | mg/L   |
|                        |          | Sodio         | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Na                            | 0,1                 | mg/L   |
|                        | Aniones  | Cloruro       | Argentometría                     | LMCI01        | Cl                            | 250                 | mg/L   |
|                        |          | Sulfato       | Gravimetría                       | LMCI22        | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 10                  | mg/L   |
|                        |          | Carbonato     | Volumetría                        | LMFQ16        | CO <sub>3</sub>               | 10                  | mg/L   |
|                        |          | Bicarbonato   | Volumetría                        | LMFQ17        | HCO <sub>3</sub>              | 10                  | mg/L   |
|                        |          | Alcalinidad   | Volumetría                        | LMFQ15        | Alk                           | 20                  | mg/L   |
| Elementos Minoritarios |          | Bario         | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Ba                            | 0,01                | mg/L   |
|                        |          | Boro          | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | B                             | 0,05                | mg/L   |
|                        |          | Hierro        | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Fe                            | 0,01                | mg/L   |
|                        |          | Litio         | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Li                            | 0,05                | mg/L   |
|                        |          | Manganeso     | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Mn                            | 0,01                | mg/L   |
|                        |          | Estroncio     | Espectrometría de emisión óptica  | LMMT03        | Sr                            | 0,005               | mg/L   |

Para aguas hipersaladas como lo son las salmueras, es difícil determinar con una alta exactitud las concentraciones de cada uno de los compuestos químicos disueltos en las muestras. Ello se debe a que para su realizar su análisis en laboratorio, éstas deben diluidas, aumentando la incertidumbre en los resultados. Cuando los análisis entregados por el laboratorio presentaron errores  $\pm 10\%$  o superior en el balance de cargas, éstos no fueron tenidos en cuenta para el análisis hidroquímico de los resultados. En dichos casos, ya sea por decisión del personal encargado del programa de muestreo o por falta de muestras de respaldo, no se efectuó un segundo análisis. Sin embargo, y dada la cantidad de muestras obtenidas durante el programa de perforación, fue posible efectuar una correcta interpretación de los resultados obtenidos.

## **2.3 Etapa 3: Trabajo de gabinete**

### **2.3.1 Revisión de antecedentes e información existente**

Habiendo recopilado la información geológica, litológica, hidroquímica y geofísica disponible, así como de la información climatológica, se realizó el análisis e interpretación de ésta. Para ello, se procede a clasificar la información según su tipo (climatológica, litológica, hidroquímica) y descartando aquella información que no sea de utilidad para este estudio.

Así mismo, en esta primera etapa se compila los datos químicos y otros datos de interés para este estudio y generar bases de datos (BdD). La BdD incluye información tanto climatológica del área de estudio, información litológica de los diferentes pozos de exploración y la información de los resultados de laboratorio de las diferentes muestras analizadas, tanto las de agua subterránea como las de agua superficial.

Ante la densidad de datos recolectados y a fin de diferenciar los sistemas presentes en el sector, para el tratamiento e interpretación de los datos químicos, se han realizado agrupaciones de muestras según la litología en las que éstas se alojan. Para ello, se definen 5 unidades hidrogeológicas (UH). Si bien las aguas superficiales y las muestras de agua obtenida de los pozos de exploración de agua de uso industrial no corresponden a una unidad hidrogeológica, para efectos de tratamiento de datos éstas serán tratadas como otra unidad.

### **2.3.2 Determinación de unidades hidrogeológicas**

En base a las descripciones litológicas efectuada en los diferentes pozos de exploración diamantina, se procede a definir 5 unidades hidrogeológicas, las que corresponden a: arcilla y limos; halita y evaporitas; arena y arenas limosas; gravas y brechas y areniscas. Habiendo definido estas unidades, se realizan 3 perfiles hidrogeológicos, de manera de determinar las variaciones espaciales de éstas en el salar.

### 2.3.3 Tratamiento de los datos

Una vez obtenido los resultados de laboratorio de cada una de las muestras analizadas, en una primera instancia, se calculó el error del balance mediante la siguiente fórmula (**Ecuación 1**) donde se consideran los cationes y aniones mayoritarios ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) y algunos de los elementos menores que en las aguas hipersalinas del salar presentan concentraciones relativamente importantes como pueden ser el boro, litio y estroncio:

$$\text{Error}(\%) = \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dado que las aguas deben mostrar un equilibrio eléctrico entre las cargas de sus especies disueltas, el error de balance admitido depende de la concentración de SDT. La **Tabla 2-7** presenta el error máximo admisible (como valor absoluto) para los diferentes valores de SDT (Custodio y Llamas, 2001). Un valor negativo en el balance indica que la concentración de alguna (o algunas) de sus especies aniónicas ha sido sobreestimada, o bien que los análisis de las especies catiónicas han subestimado alguna de estas especies. El error de balance positivo, indica lo contrario. Si bien para aguas hipersalinas como las de los salares se debiera obtener errores en el balance iónico por debajo de 4%, para soluciones muy concentradas, como son el caso de las muestras de salmuera que presentan conductividad de 200 miliSiemens por centímetro (mS/cm) o superior, hay que diluir la muestra, lo que provoca una mayor probabilidad de error (Escuder et. al., 2009).

Tabla 2-7. Error admitido según concentración de SDT

| SDT (mg/L) | <100 | 400 | 1.000 | 2.000 | >2.000 |
|------------|------|-----|-------|-------|--------|
| Error (%)  | 30   | 10  | 8     | 4     | <4     |

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre las diferentes unidades se aplicó un análisis de varianza de los valores de las diferentes unidades mediante el método de ANOVA (Analysis of Variance, por sus siglas en inglés) utilizando para ello el programa R, con el comando R.commander (R Development Core Team, 2010).

### 2.3.4 Caracterización hidroquímica

Una vez definida las unidades hidrogeológicas, se procede a su caracterización hidroquímica, analizando para ello sus parámetros físico-químicos (pH, T°, CE y Alcalinidad), elementos mayores y elementos menores. Para las muestras de agua subterránea, se realizó los diagramas de Piper (1944), mientras que, para el caso de las aguas superficiales y para las aguas de uso industrial, se utilizaron tanto los diagramas de Piper (1944) como los diagramas de Stiff (1951). Los diagramas de Schoëller (1962) se utilizar para comparar las concentraciones promedio de las diferentes unidades definidas previamente.

Se analizaron las concentraciones de los siguientes elementos menores: boro, estroncio, litio, hierro y manganeso. Este análisis se efectuó sólo para las muestras de agua subterránea. Posteriormente, se realiza un primer análisis hidroquímico, realizando para ello diagramas binarios para las relaciones  $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Ca}^{2+} - (\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$  y el cálculo de los índices de saturación (IS) para los siguientes minerales: anhidrita, aragonita, calcita, dolomita, halita, magnesita, silvita y yeso. El cálculo de los IS se realizó con el programa Phreeqc Interactive (Parkhurst y Appelo, 2013).

### 2.3.5 Modelación hidroquímica

Habiendo realizado una primera caracterización de las aguas subterráneas y superficiales, se definen 6 simulaciones para la modelación hidroquímica, las cuales corresponden a interacciones agua superficial – agua subterránea e interacciones agua subterránea – agua subterránea. Para realizar estas modelaciones, se utilizará el programa Netpath (Plumer et al., 1991), en la cual se definen los diferentes procesos que podría explicar las interacciones entre las aguas superficiales y subterráneas. Debido a que este trabajo se realiza en un ambiente de salar, sólo se considerarán aquellos procesos relacionados a ambientes evaporíticos. Así mismo, y dada la ausencia de análisis de Si, no se considerarán procesos que incluyan dicho elemento.

## **3 RESULTADOS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL SALAR DE PASTOS GRANDES**

---

### **3.1 Climatología**

Las condiciones climáticas en la región de la Puna están caracterizadas por una extrema aridez, viento y bajas temperaturas. La precipitación promedio anual decrece significativamente desde el este al oeste y desde el norte hacia el sur. Por ejemplo, en la ciudad de San Antonio de los Cobres es de 115 mm/año mientras que, para el caso del Salar de Hombre Muerto, la precipitación promedio anual es de 77,4 mm/año (M&A y GAI, 2012). En el área de San Antonio de los Cobres y en el Salar de Hombre Muerto, los registros indican precipitaciones en los meses de invierno, generalmente en forma de nieve o granizo, pero en pequeñas cantidades. La nieve en la región de la Puna no se acumula por largo tiempo en el suelo, debido a la elevada evaporación, la extrema sequedad del aire y los constantes fuertes vientos. Sin embargo, en algunos lugares los fuertes vientos provocan la acumulación de nieve en áreas bajas y los caminos presentan dificultades para el tránsito vehicular. Estas acumulaciones son más fuertes y frecuentes a elevaciones por sobre los 4.200 m.s.n.m.

Las precipitaciones en la región de la Puna promedian los 70 mm anuales. En años secos, las precipitaciones no logran afectar las diferentes actividades que se realizan en ciudades o poblados altiplánicos, pero en los años lluviosos, se provocan interrupciones en los caminos. Las precipitaciones sólidas no son comunes, y cuando ocurren, éstas duran entre 1 a 3 días.

#### **3.1.1 Fuentes de información meteorológica**

La información climática del salar de Pastos Grandes proviene de 2 fuentes:

- Fuera del Salar: en la ciudad de San Antonio de los Cobres, operada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- En el Salar: Operada en el Salar de Pastos Grandes por la empresa Millennial Lithium desde el año 2017 y por la empresa Eramine en los años 2012 y 2013.

### 3.1.2 Estación Meteorológica San Antonio de los Cobres

Las coordenadas de esta estación son: Latitud: 24,2208 S y Longitud: 66,3162 W, con una altitud de 3.770 m.s.n.m. Los parámetros climatológicos de esta estación son:

**Precipitación:** La precipitación promedio anual es de 103,9 mm, siendo el periodo de enero a marzo el que concentra la mayoría de las precipitaciones. La precipitación anual máxima es de 144 mm.

**Temperatura:** La temperatura promedio anual es de 8,6 °C. Los meses de noviembre a febrero presentan las temperaturas promedio más altas, en torno a los 12 °C; el mes más frío corresponde a julio, con una temperatura promedio de 2,2 °C. Las temperaturas máximas y mínimas registradas son de 27 °C y -21 °C respectivamente.

**Humedad:** La humedad relativa promedio anual es de 43,8%. La humedad promedio máxima se registra en el mes de julio, con un valor de 58%, mientras que la humedad mínima promedio se registra en el mes de octubre, con 34%.

**Viento:** Los vientos tienden a ser intensos en la Puna, con ráfagas que pueden sobrepasar los 100 kilómetros por hora (km/h), los cuales ocurren generalmente alrededor del mediodía y el atardecer. Los meses más ventosos corresponden a julio y agosto. La dirección de viento predominante es el noroeste.

### 3.1.3 Estación Meteorológica Pastos Grandes

La empresa Eramine recolectó información meteorológica en una estación ubicada en las coordenadas: Latitud: 24,560009° S y Longitud: 66,696311° W, con una altitud en torno a los 3.800 m.s.n.m. Dicha estación generó información a intervalos regulares de 5 minutos, totalizando entre 8.236 a 8.930 datos por mes. Se recolectó información meteorológica en los meses de abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre 2012 y en el periodo enero a septiembre 2013.

Desde el mes de julio 2017, la empresa Millennial Lithium mantiene una estación meteorológica ubicada en las coordenadas: Latitud:  $-24,567376^{\circ}$  S y Longitud:  $-66,698872^{\circ}$  W, con una altitud en torno a los 3.800 m.s.n.m. Dicha estación generó información a intervalos regulares de 30 minutos, totalizando entre 1.344 a 1.488 datos por mes. La información generada es descargada y validada por personal de la empresa Millennial Lithium (2022) Las **Figura 3-1**, **Figura 3-2** y **Figura 3-3** presentan la temperatura mínima, promedio y máxima para el periodo 2012 – 2021 en la estación Pastos Grandes, mientras que la **Figura 3-4** presenta la precipitación mensual para el mismo periodo de tiempo analizado. Los parámetros climatológicos de esta estación son:

**Temperatura:** La temperatura anual promedio es de  $6,5^{\circ}\text{C}$ . los meses más cálidos corresponden a diciembre, enero y febrero, con una temperatura anual promedio de  $12,5$ ;  $12,3$  y  $12,5^{\circ}\text{C}$  respectivamente. El mes más frío corresponde a julio. La temperatura promedio máxima y mínima es de  $13,9$  y  $-1,1^{\circ}\text{C}$ . La temperatura mínima absoluta en enero y julio es de  $-1,2^{\circ}\text{C}$  y  $-14,7^{\circ}\text{C}$ , mientras que las temperaturas máximas absolutas son de  $27,3$  y  $14,2^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

**Precipitación:** Sólo se dispone de datos de precipitación para los años 2019 a 2021, con una precipitación de  $114,5$ ;  $75,6$  y  $79,4$  mm respectivamente. Si bien se dispone de datos para otros años, el registro no es completo, por lo que no se puede determinar el valor del promedio anual. Para el caso particular de los datos de los registros del año 2018, éstos no son considerados reales para la zona de estudio ( $>1.000$  mm anuales), razón por la cual no son considerados en este trabajo. Para el caso de la precipitación registrada en el año 2021, no se dispone de información para los meses de marzo y abril, mientras que el mes de mayo 2021 sólo se dispone de registro parcial, por lo que la precipitación para ese año podría ser mayor.

**Humedad:** La humedad relativa promedio anual es de  $27,4\%$ . La humedad promedio máxima se registró en el mes de febrero 2018, con un valor de  $52,4\%$  mientras que la humedad mínima promedio se registró en el mes de octubre, con  $13\%$ .

**Viento:** Los vientos tienden a ser intensos en la Puna, con ráfagas que pueden superar los 100 kilómetros por hora (km/h), los cuales ocurren generalmente alrededor del mediodía y el atardecer. Los meses más ventosos corresponden a julio, agosto y septiembre, con velocidades de hasta 95 km/h.

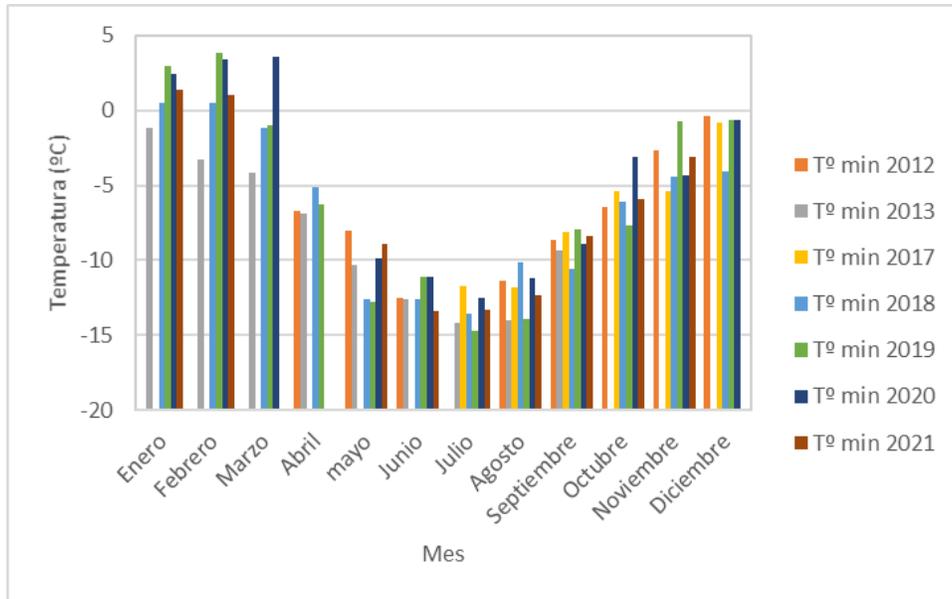


Figura 3-1. Temperaturas mínimas registradas en la estación Pastos Grandes, Argentina

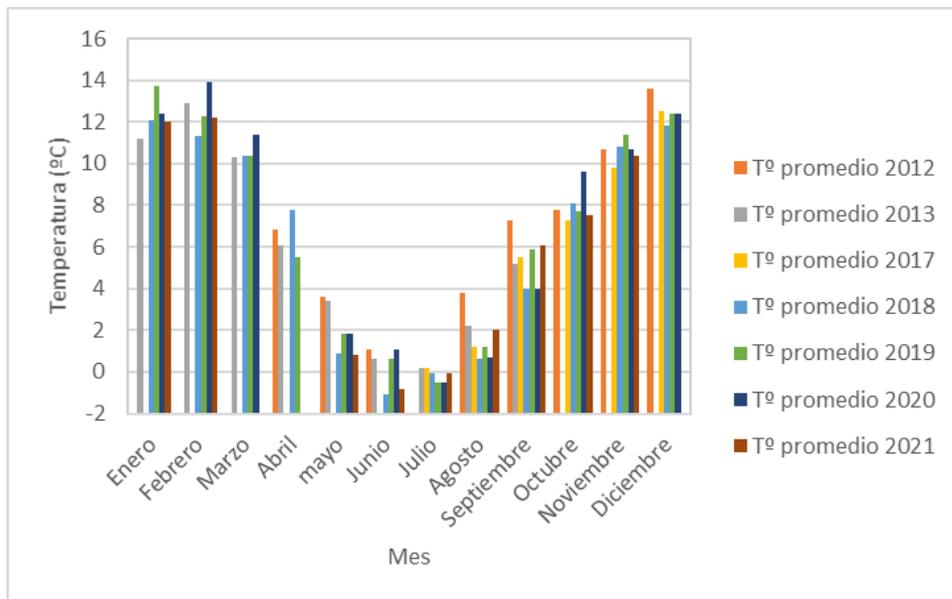


Figura 3-2. Temperaturas promedio registradas en la estación Pastos Grandes, Argentina

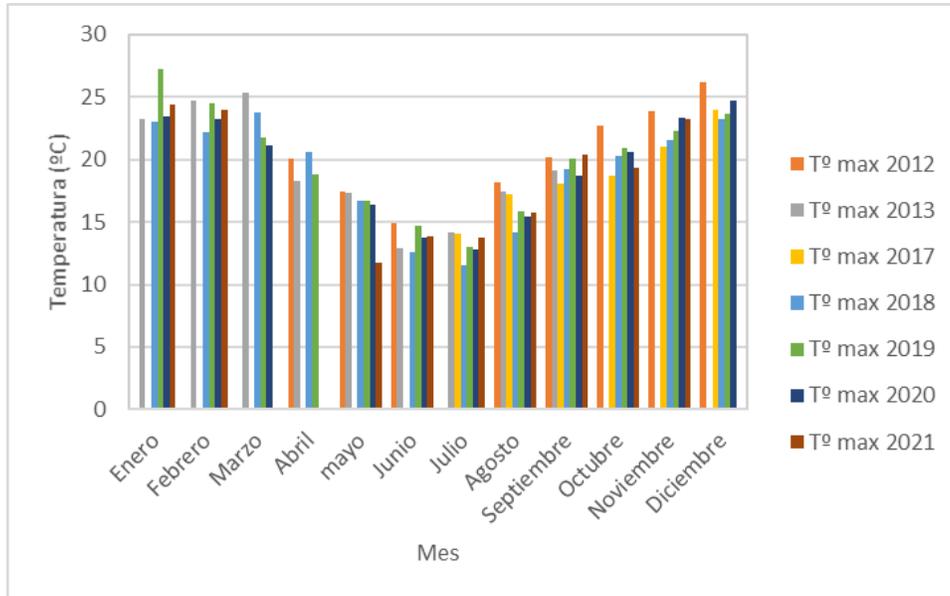


Figura 3-3. Temperaturas máximas registradas en la estación Pastos Grandes, Argentina

A partir de los datos obtenidos, es posible determinar que la temperatura presenta un comportamiento cíclico, en donde los meses más fríos corresponden a los meses de invierno (mayo a agosto), con temperaturas promedio que no superan los 2 °C, mientras que los meses más cálidos corresponden a los meses de verano (noviembre a marzo), con temperaturas promedio en torno a los 14 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, las menores temperaturas se presentan en los meses de invierno, con valores de entre -15 a -10 °C mientras que en los meses de verano la temperatura mínima varía entre -2 a 4 °C. Las temperaturas máximas, por su parte, son las que presentan la menor amplitud entre los meses de verano e invierno. En verano, las temperaturas máximas no superan los 25 °C, a excepción de casos puntuales, mientras que en los meses de invierno, la temperatura máxima es de entre 10 a 15 °C.

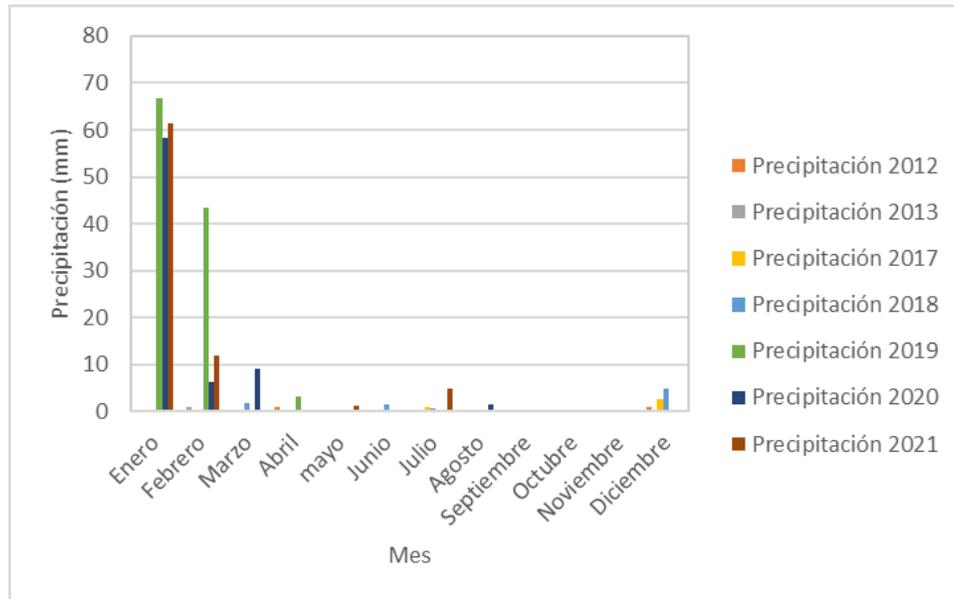


Figura 3-4. Precipitación mensual (mm) en la estación Pastos Grandes, Argentina

## 3.2 Marco Geológico

La cuenca del salar de Pastos Grandes es la expresión actual de una extensa cuenca sedimentaria, conocida como cuenca Sijes, desarrollada desde el periodo del Mioceno (7 – 5 millones de años (mA)). Se encuentra en el área comprendida por la Hoja Geológica 2566-I San Antonio de los Cobres (Blasco et. al., 1996). Las principales formaciones presentes en el salar de Pastos Grandes, de la más reciente a la más antigua corresponden a las Formaciones Sijes, Singuel y Tajamar.

La Formación Sijes está representada por areniscas, limos, arcillas, tobas y evaporitas tales como yeso, boratos y travertinos, con un espesor sedimentario superior a los 400 metros y elementos volcánicos de tonalidades grisáceas, con intercalaciones verdosas (Blasco et. al., 1996). La Formación Singuel (Blasco et. al., 1996), con edad de 4 – 3 mA está compuesta por material clástico y volcánico, aflorando al sureste del salar de Pastos Grandes (**Figura 3-5**). Las Formaciones Sijes y Singuel están plegadas y falladas, en dirección nor-noreste a sur-suroeste con una estructura homoclinal, con las rocas más antiguas al oeste (Jordan y Alonso, 1987). La formación Tajamar (Blasco et. al., 1996) corresponde a diferentes afloramientos de tobas, ignimbritas y aglomerados volcánicos y que están relacionados entre sí por el hecho de considerarse emparentados en el mismo ciclo volcánico, de edad mioceno inferior.

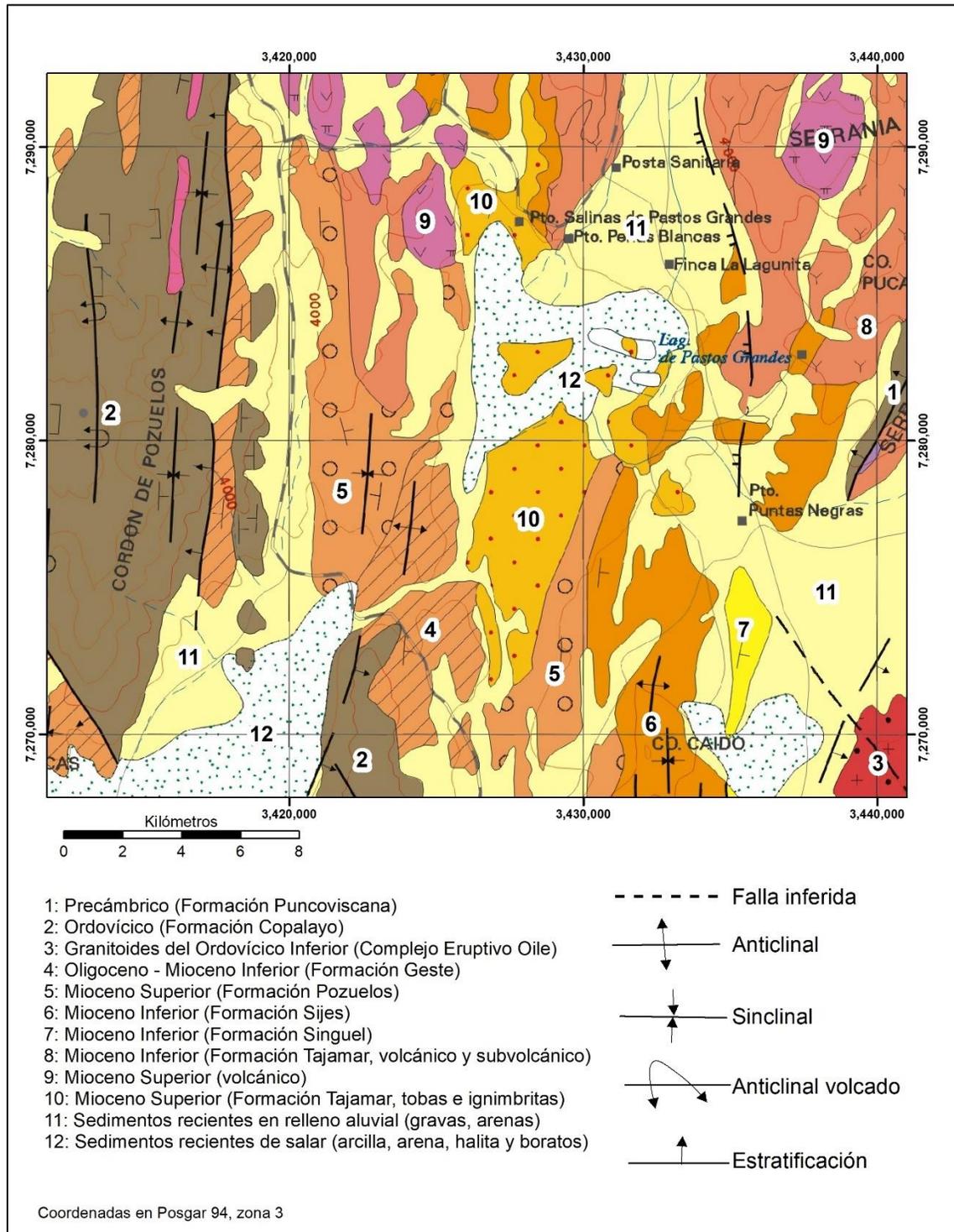


Figura 3-5. Mapa geológico del distrito de Pastos Grandes (modificado de Blasco et al., 1996)

La **Figura 3-6** presenta la geología local de la cuenca del Salar de Pastos Grandes (Blasco et.al., 1996). La Formación Blanca Lila (edad menor a 2 mA) aflora dentro y en los bordes del salar, ocupando un área de 17 km en dirección norte – sur y 8.5 km en dirección este – oeste. Esta unidad consiste en terrazas sub-horizontales de material clástico y evaporitas. Su espesor está estimado por sobre 50 m (Alonso y Menegatti, 1990; Alonso, 1999; Jordan et. al., 1999).

El Salar de Pastos Grandes está relleno por material clástico no consolidado (arcilla, arena y limo), material orgánico y sedimentos de grano fino de origen reciente (Holoceno). Las evaporitas presentes corresponden a halita, yeso y ulexita, de edad Cuaternario a reciente y de espesor desconocido.

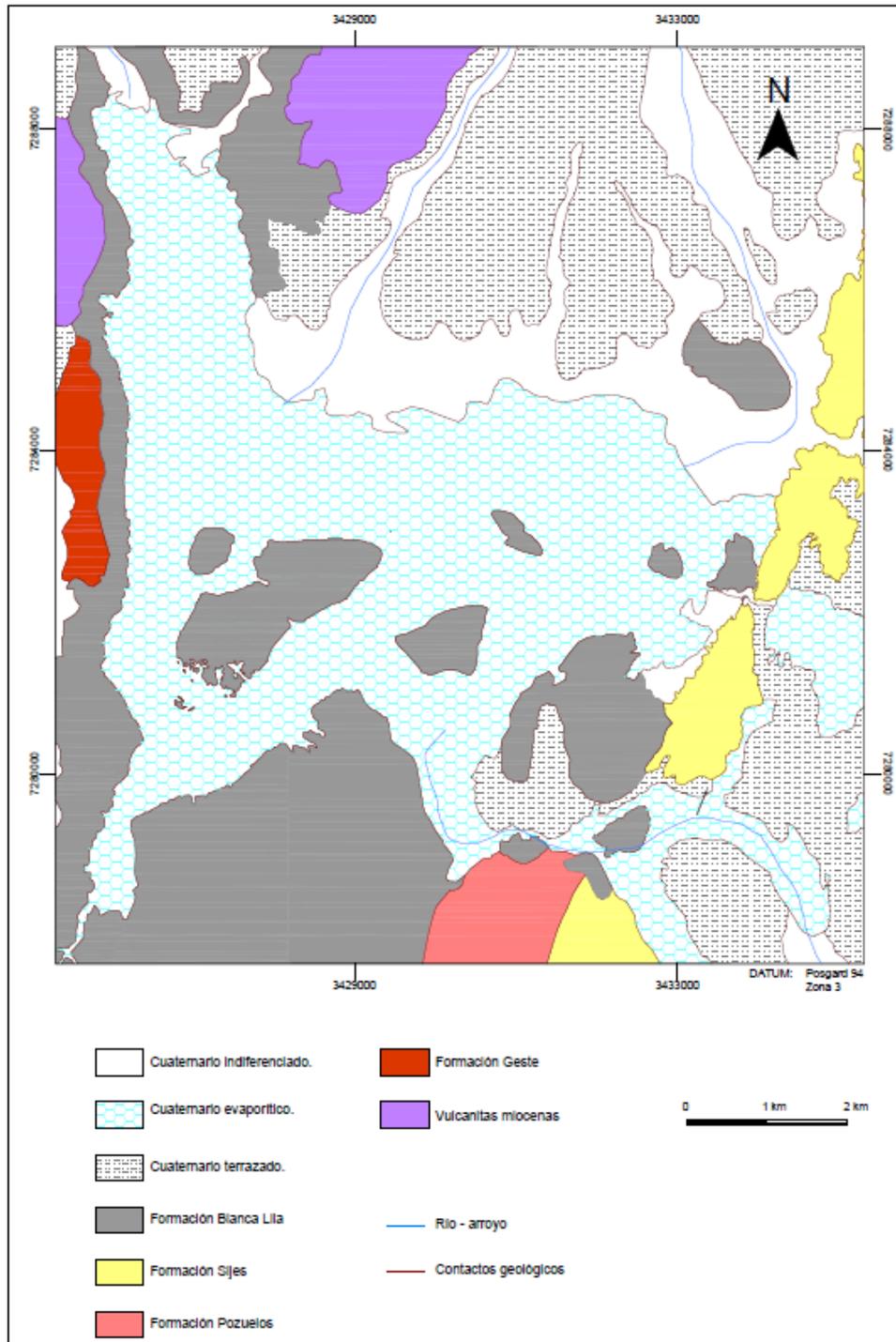


Figura 3-6. Mapa geológico del Salar de Pastos Grandes

### 3.3 Unidades Hidrogeológicas

Durante la perforación de cada uno de los pozos de exploración diamantina, junto con su descripción litológica, se obtuvieron muestras de testigos, las que fueron debidamente rotuladas y almacenadas. Para los casos en que un sondaje fue abandonado, se efectuó una nueva perforación, en donde el intervalo común, fue perforado con tricono sin recuperación de muestra. Una vez alcanzada la profundidad anterior, se continúa con el método de diamantina hasta la profundidad final. La descripción de los testigos fue efectuada por personal (geólogos o hidrogeólogos) de la empresa Millennial Lithium o de empresas consultoras, utilizando planillas especialmente diseñadas para dicho fin.

Los pozos de agua para uso industrial se ubican en su totalidad en el margen norte del Salar de Pastos Grandes y su litología dominante corresponde a arenas, arenas gravosas y gravas. Desde el punto de vista litológico, estas perforaciones se pueden agrupar dentro de las mismas unidades hidrogeológicas que aquellas ubicadas en el salar (UH 3 o UH 4). Sin embargo, debido a la ubicación de ellos (margen norte del salar hasta las cercanías del poblado de Pastos Grandes), su profundidad de perforación (menor a 70 m) y su baja salinidad, serán consideradas como una unidad hidrogeológica independiente. Así mismo, dada la poca profundidad alcanzada en estas perforaciones, éstas no serán consideradas en la realización de los perfiles hidrogeológicos. El **Anexo A, Tabla A.1 a A.29** presenta la descripción litológica resumida de cada uno de los pozos de exploración diamantina.

A partir de la información litológica obtenida, cinco unidades hidrogeológicas fueron definidas según su tamaño de grano y distribución espacial. Junto con la clasificación litológica, estas unidades poseen porosidades efectivas o específicas determinadas a partir del análisis de los testigos de perforación, los que fueron obtenidos a medida que transcurre la perforación de cada uno de los pozos de exploración diamantina, de manera de evitar una recristalización en los poros y por ende una disminución de dicho valor. Estas muestras fueron analizadas en los laboratorios de Core Labs, en Houston, Estados Unidos y en los laboratorios de Geosystems Analysis (GSA), en Tucson, Estados Unidos. Así mismo, estas unidades poseen conductividades hidráulicas

diferentes, las que son estimadas en base a información bibliográfica. Las unidades hidrogeológicas definidas son:

- **Unidad hidrogeológica 1:** Limos y arcillas
- **Unidad hidrogeológica 2:** Evaporitas, principalmente halita
- **Unidad hidrogeológica 3:** Arenas, arenas limosas
- **Unidad hidrogeológica 4:** Gravas o brechas
- **Unidad hidrogeológica 5:** Areniscas

La **Tabla 3-1** presenta un resumen de cada unidad hidrogeológica, especificando la cantidad de metros de cada unidad, el número de muestras analizadas, su porosidad efectiva y conductividad hidráulica.

Tabla 3-1. Unidades hidrogeológicas y muestras analizadas

| UNIDAD HIDROGEOLÓGICA   | METROS DESCRITOS | NÚMERO DE MUESTRAS QUÍMICAS ANALIZADAS | POROSIDAD EFECTIVA <sup>b</sup> | CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (m/d) <sup>c</sup> |
|---|------------------|--|---------------------------------|---|
| Unidad hidrogeológica 1: Limos y arcillas                     | 1.710,7          | 33                                     | 0,02                            | 0,045                                       |
| Unidad hidrogeológica 2: Evaporitas, principalmente halita    | 3.947,5          | 60                                     | 0,03                            | 0,008 – 0,2                                 |
| Unidad hidrogeológica 3 <sup>a</sup> : Arenas, arenas limosas | 4.416,3          | 167                                    | 0,14                            | 5,5 - 65                                    |
| Unidad hidrogeológica 4: Gravas o brechas                     | 648,3            | 13                                     | 0,16                            | 0,005                                       |
| Unidad hidrogeológica 5: Areniscas                            | 1.468,0          | 62                                     | 0,16                            | 0,4 – 1,1                                   |
| Total   | 12.125,8         | 335                                    |                                 |   |

<sup>a</sup>: Incluye 105 m de muestras descritas como "sin recuperación"

<sup>b</sup>: Obtenida de M&A (2019)

<sup>c</sup>: Conductividad Hidráulica, en metros por día

A partir de la información litológica obtenida, así como de la definición de las diferentes unidades hidrogeológicas que componen el Salar de Pastos Grandes, se realizan 3 perfiles hidrogeológicos. La ubicación de cada uno de estos perfiles se presenta en la **Figura 3-7** mientras que la **Figura 3-8**, **Figura 3-9** y **Figura 3-10** presentan los perfiles A – A', B – B' y C – C' respectivamente.

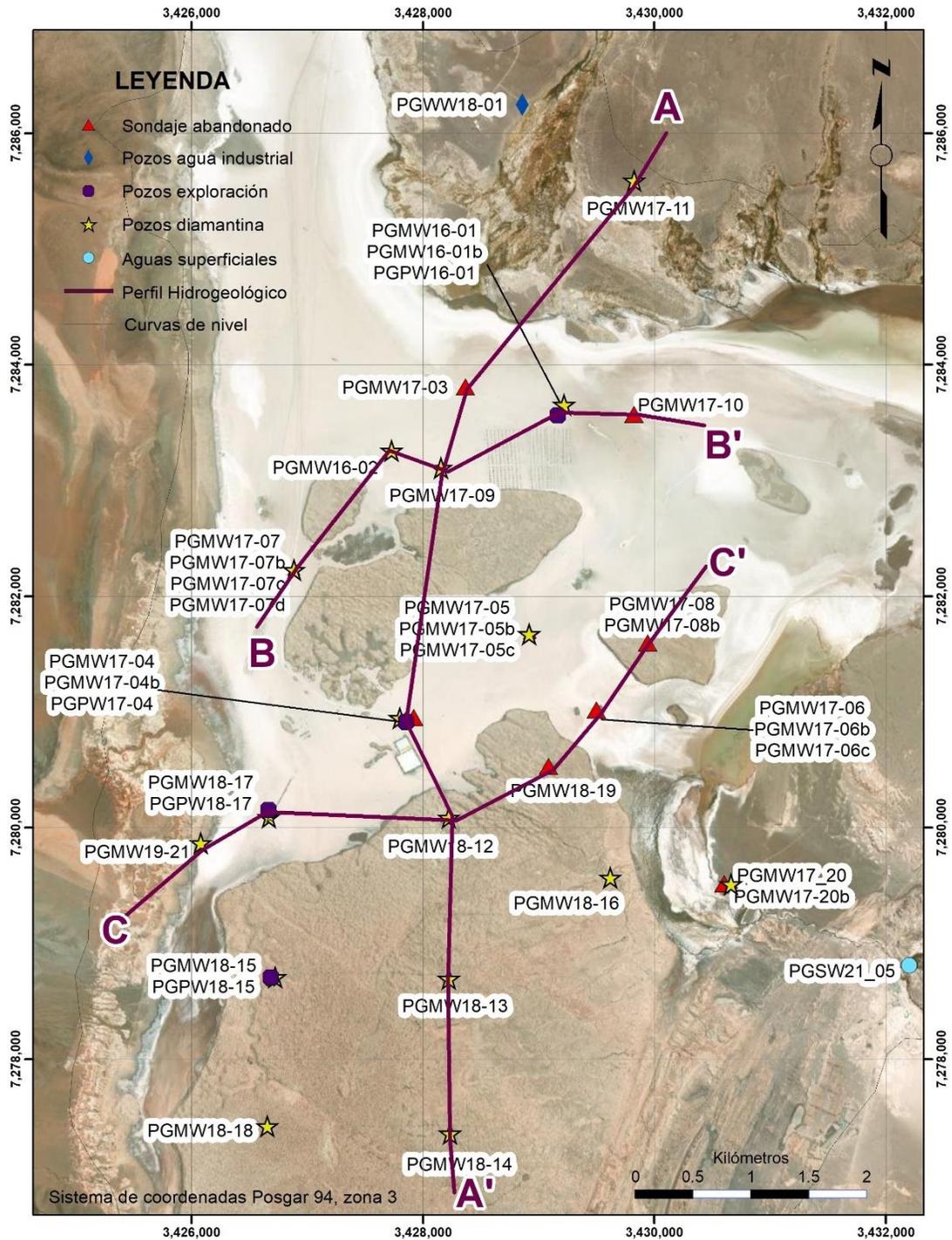
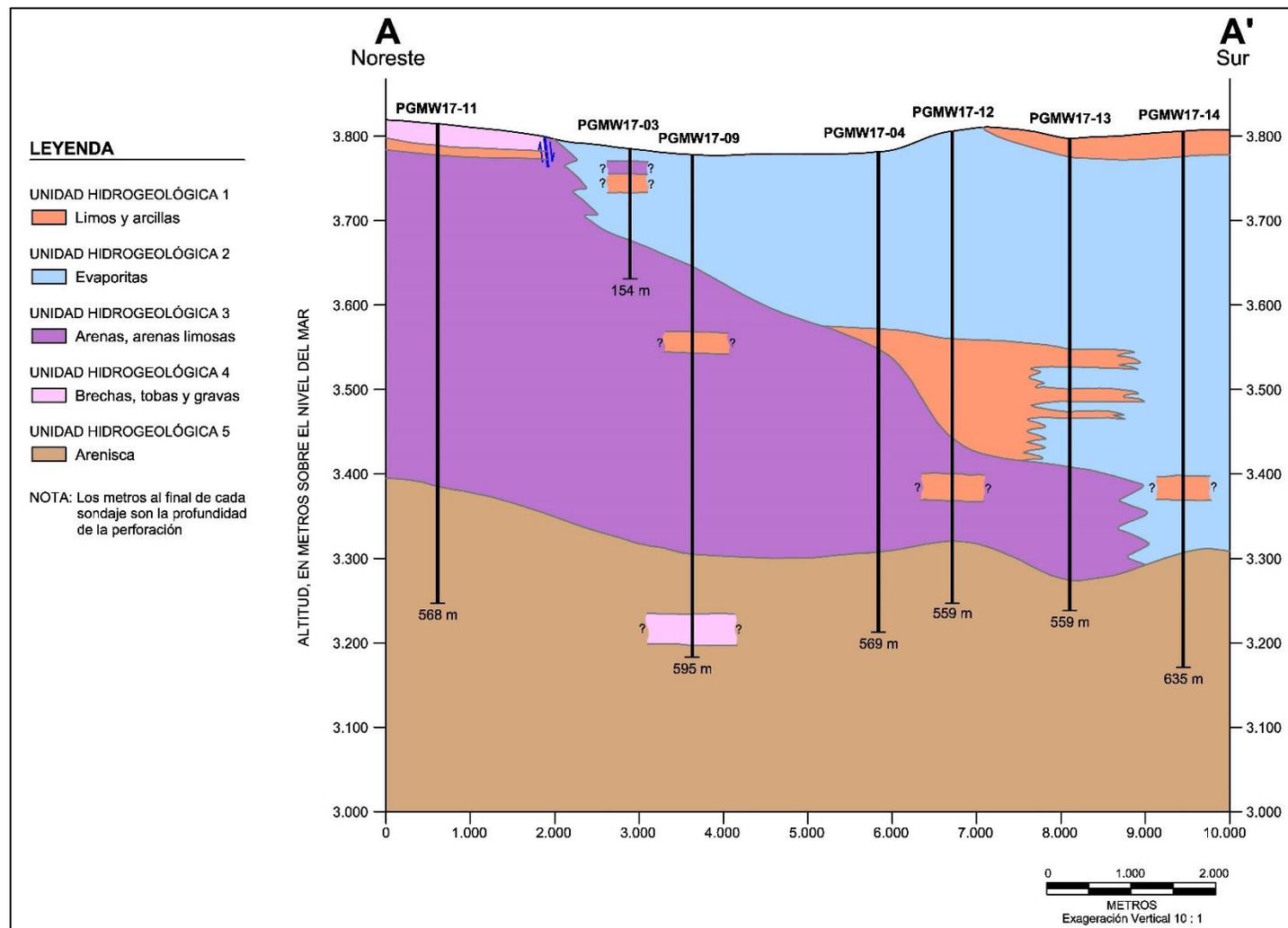


Figura 3-7. Mapa de ubicación de perfiles hidrogeológicos



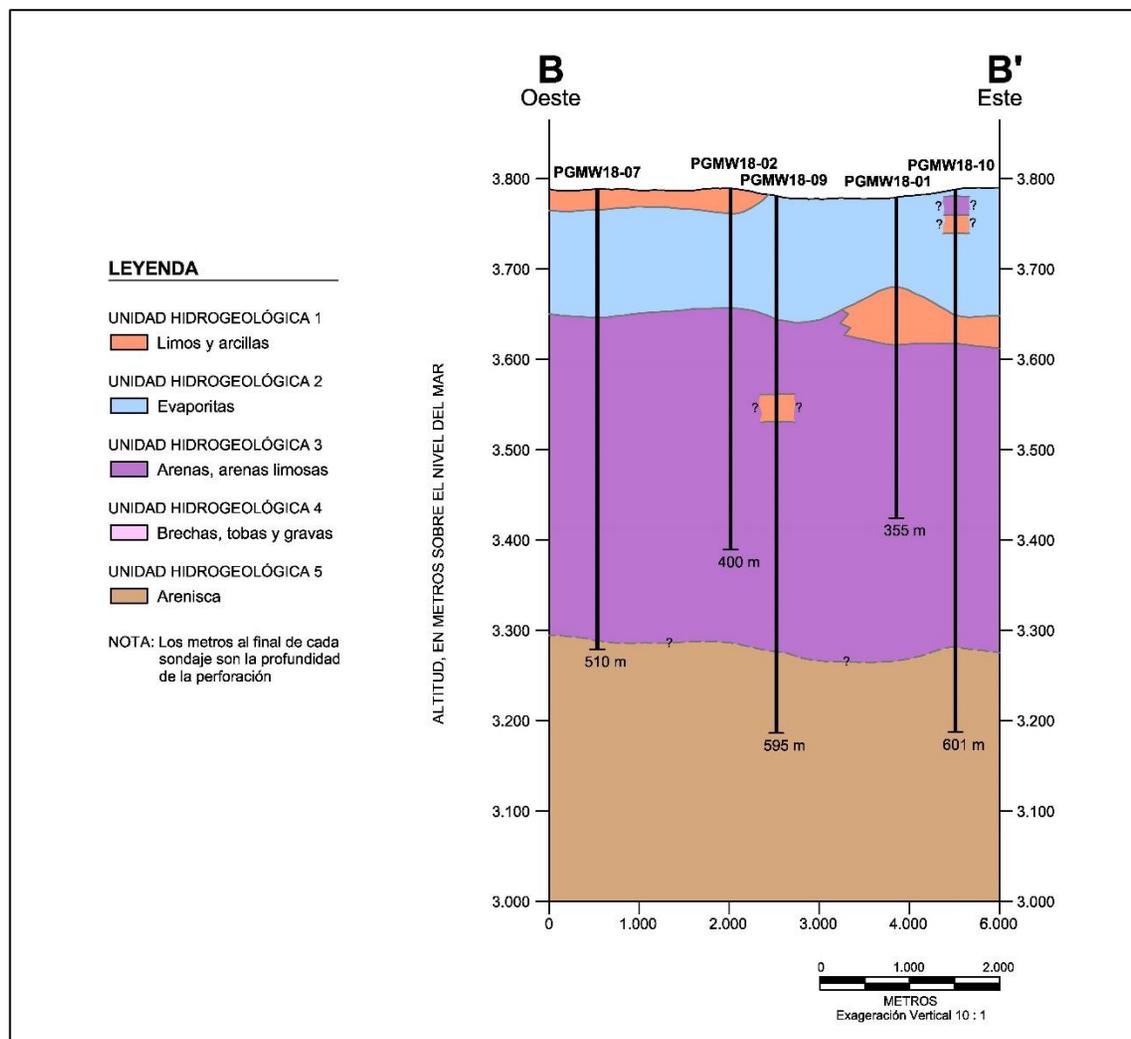


Figura 3-9. Sección hidrogeológica B - B'

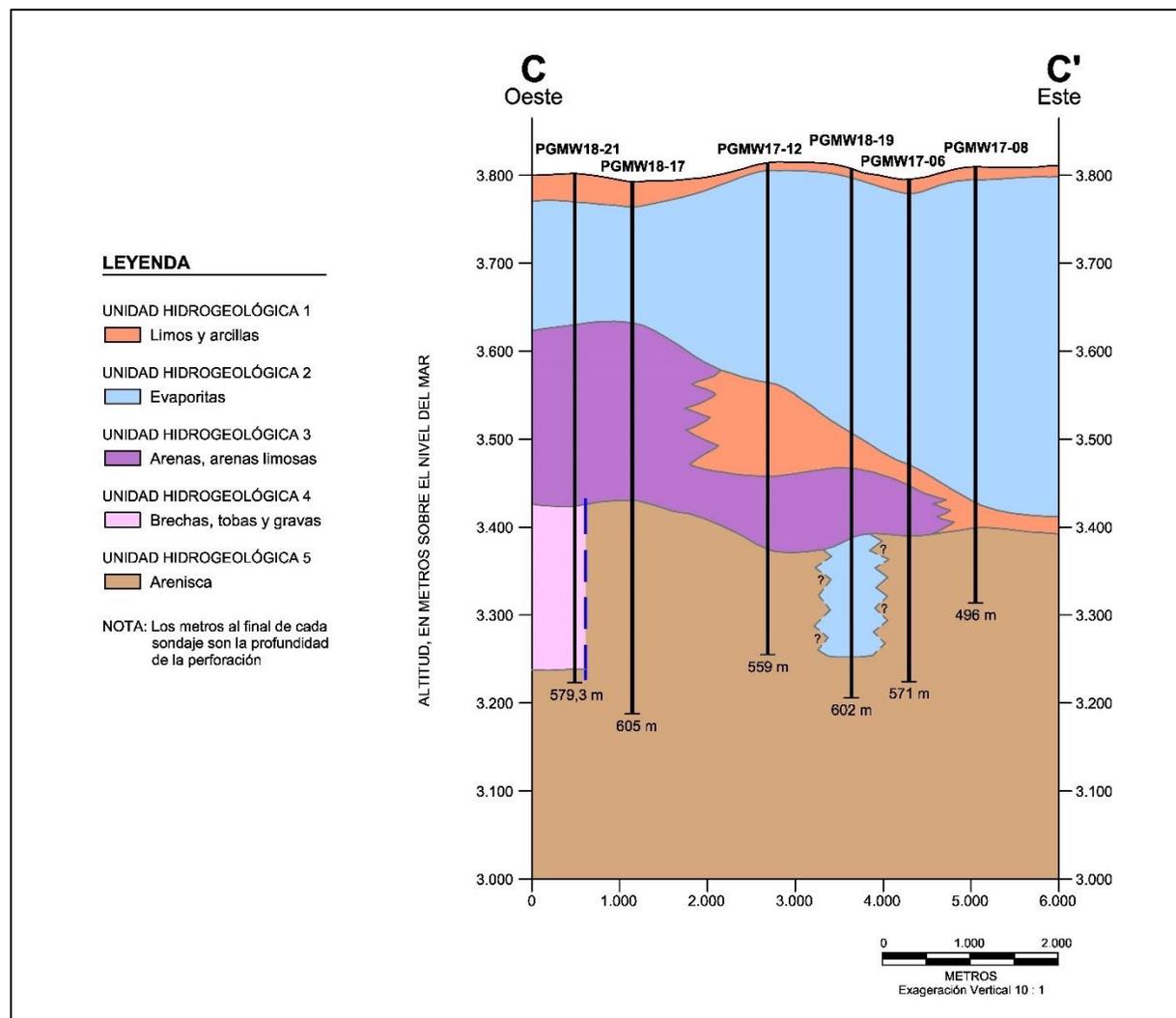


Figura 3-10. Sección hidrogeológica C – C'

A partir de dichos perfiles, es posible determinar que la superficie del salar viene dada principalmente por evaporitas (halitas) y en menor medida por sedimentos clásticos (arcillas), los que presentan un espesor no mayor a 10 – 15 m. Posteriormente, se reconoce en toda la extensión del salar una unidad evaporítica dada por halita con un mayor o menor grado de fracturamiento y/o disolución, la cual presenta una mayor potencia en el lado este del salar y hacia el sur, con un espesor reconocido de hasta 450 m. Por debajo de esta unidad evaporítica, se reconoce una unidad clástica dada por arenas, de granulometría variando de fina a media, y en partes se reconoce la presencia de arenas de grano grueso a muy grueso. A su vez, se reconocen cristales de yeso en conjunto con las arenas. El espesor de la misma es variable, en donde su potencia es mayor hacia el norte del salar y por su lado oeste. A su vez, se reconocen intercalaciones de la unidad clástica dada por arcillas, limos y limos arcillosos, los que presentan espesores variables de entre 10 a 20 m, a excepción de los perfiles A – A' y B – B', en donde se reconoce un nivel arcilloso de aproximadamente 70 m de espesor. Hacia el sur de este salar, esta unidad clástica de arenas tiende a desaparecer (perfil A – A') mientras que, hacia el este, su granulometría tiende a decrecer, dando paso a la unidad de sedimentos de grano fino, dado por limos y arcillas (perfil C- C').

Por debajo de la unidad clástica dada por arenas, se presenta una unidad clástica constituida por areniscas de grano fino a medio, y con un cemento principalmente de tipo evaporítico. Su espesor es incierto, dado que ninguna de las perforaciones realizadas traspasó dicha unidad. Por el lado oeste del salar (perfil C – C') y como intercalaciones dentro de la unidad de areniscas se reconoce la existencia de una unidad dada principalmente por brechas y en menor medida por gravas.

### 3.4 Caracterización Hidrogeoquímica del Salar de Pastos Grandes

El **Anexo B** presenta los resultados de laboratorio para las 335 muestras analizadas de agua subterránea obtenidas mediante el método de packer, 4 muestras de agua subterránea obtenida durante los ensayos hidráulicos de los pozos de exploración de agua de uso industrial y de las 5 muestras de agua superficial, totalizando 344 muestras. Así mismo, se presenta el error calculado de cada una de las muestras. Tal como se mencionó anteriormente, el error máximo aceptable para las muestras analizadas es de 4% (como valor absoluto) para el caso de las muestras de salmuera, mientras que, para el caso de las muestras de agua para uso industrial, así como de las muestras de agua superficial localizadas en el margen norte del salar, el error máximo admisible es de 8% (como valor absoluto). Estos porcentajes del error aceptable se establecieron en función de la salinidad de las muestras obtenidas y según los criterios establecidos en Custodio y Llamas (2001). Del total de muestras, 85 de ellas presentan un error por sobre el máximo permitido, de hasta 19,8% (como valor absoluto), por lo que en aquellos casos que la muestra presente un error por sobre dicho máximo permitido, sus resultados serán considerados sólo como referenciales. Las muestras que presentan un error en el balance iónico por sobre el máximo permitido se dan en todas las unidades hidrogeológicas, siendo la UH 3 (arenas) la que concentra la mayor cantidad de muestras con un error por sobre el máximo estipulado, con 41 muestras, seguido de la UH 5 (areniscas), con 18 muestras.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el Salar de Pastos Grandes es una cuenca de sedimentación en la cual la superficie está constituida por una costra halítica para dar paso a unidades clásticas en profundidad, mientras que en los bordes del salar se reconocen unidades clásticas dadas principalmente por limos, arcillas y arenas mientras que las unidades evaporíticas corresponden principalmente a halita. En sus márgenes norte y este se reconocen aportes de aguas superficiales.

### 3.4.1 Caracterización Físico – Química

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de los parámetros físico-químicos medidos en laboratorio (pH, conductividad eléctrica y alcalinidad) para los puntos de agua superficial y subterránea medidos en el Salar de Pastos Grandes. A efectos de caracterizar la calidad de las aguas subterráneas, éstas son analizadas en base a las unidades hidrogeológicas definidas previamente, incluyendo también a las aguas superficiales y a las aguas de uso industrial. Tal como se mencionó, debido a su ubicación geográfica, litología obtenida y salinidad de las muestras, las muestras de agua para uso industrial son tratadas como una unidad independiente. El resumen de los valores obtenidos se presenta en la **Tabla 3-2**.

Tabla 3-2. Parámetros medidos en laboratorio para muestras de agua superficial y subterránea del Salar de Pastos Grandes, Argentina

| Unidad hidrogeológica             | # de análisis | Valores de concentración | pH   | Conductividad (mS/cm) <sup>a</sup> | Alcalinidad (mg/L) <sup>b</sup> |
|-----------------------------------|---------------|--------------------------|------|------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Unidad 1: Limos y arcillas</b> | 33            | Mínimo                   | 6,38 | 180,1                              | 240,0                           |
|                                   |               | Máximo                   | 7,28 | 283,4                              | 980,6                           |
|                                   |               | Promedio                 | 6,99 | 233,9                              | 604,9                           |
| <b>Unidad 2: Evaporitas</b>       | 60            | Mínimo                   | 6,48 | 179,3                              | 337,0                           |
|                                   |               | Máximo                   | 7,46 | 252,0                              | 3.165,9                         |
|                                   |               | Promedio                 | 7,02 | 226,0                              | 623,8                           |
| <b>Unidad 3: Arenas</b>           | 167           | Mínimo                   | 6,06 | 7,8                                | 162,9                           |
|                                   |               | Máximo                   | 7,95 | 256,0                              | 2.502,2                         |
|                                   |               | Promedio                 | 6,78 | 202,0                              | 635,5                           |
| <b>Unidad 4: Brechas y tobos</b>  | 13            | Mínimo                   | 6,47 | 0,8                                | 219,6                           |
|                                   |               | Máximo                   | 7,90 | 252,0                              | 2.501,3                         |
|                                   |               | Promedio                 | 7,08 | 156,1                              | 877,3                           |
| <b>Unidad 5: Arenisca</b>         | 62            | Mínimo                   | 6,11 | 183,3                              | 382,0                           |
|                                   |               | Máximo                   | 7,63 | 252,0                              | 1.700,7                         |
|                                   |               | Promedio                 | 6,68 | 222,3                              | 882,1                           |
| <b>Aguas superficiales</b>        | 5             | Mínimo                   | 7,80 | 0,6                                | 125,0                           |
|                                   |               | Máximo                   | 8,30 | 127,5                              | 1.369,0                         |
|                                   |               | Promedio                 | 8,05 | 31,9                               | 502,8                           |
| <b>Aguas uso industrial</b>       | 4             | Mínimo                   | 6,00 | 0,14                               | 55,0                            |
|                                   |               | Máximo                   | 8,63 | 0,49                               | 75,0                            |
|                                   |               | Promedio                 | 7,28 | 0,25                               | 66,3                            |

<sup>a</sup>: Conductividad eléctrica expresada en miliSiemens por centímetro

<sup>b</sup>: Concentración expresada en miligramos por litro

## pH

El pH medido para las diferentes unidades hidrogeológicas varía entre 6,06 a 7,95, por lo que las aguas de las diferentes unidades varían de levemente alcalina a levemente ácida y no se aprecia una diferenciación según la unidad hidrogeológica. Así, se tiene que los valores más bajos

de pH varían entre 6,06 a 6,48 mientras que los valores más elevados en cada una de estas unidades varían entre 7,28 a 7,95.

Por otra parte, se tiene que, para el caso de las aguas superficiales analizadas, el pH de estas aguas se clasifica como levemente alcalino, con valores de pH variando entre 7,80 a 8,30. Las aguas superficiales presentan, en términos generales, valores de pH más elevados que las aguas subterráneas.

Las muestras de agua para uso industrial son las que presentan la mayor variabilidad con respecto a su valor de pH, con valores de entre 6,00 a 8,63, por lo que sus aguas se clasifican como levemente ácida a básica. En base a la ubicación de estas muestras, no existe una correlación entre su ubicación espacial y los valores de pH. La **Figura 3-11** presenta los diagramas de caja para los valores medidos en laboratorio según las diferentes unidades hidrogeológicas, así como para las muestras de agua superficial (UAS) y para las aguas de uso industrial (UAI).

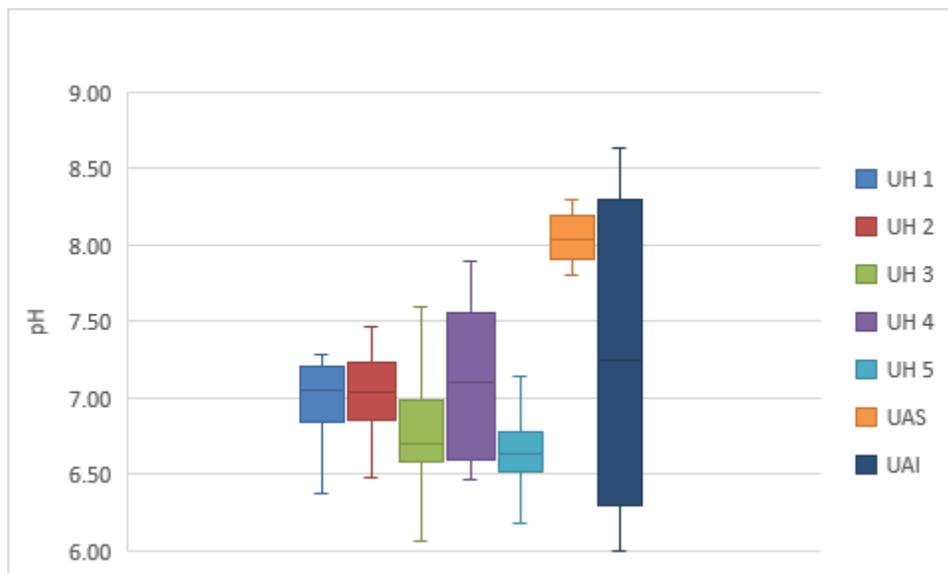


Figura 3-11. Diagrama de caja para los valores de pH medidos en las diferentes unidades

Con el objeto de determinar si la diferencia entre las medidas de las diferentes UH y de las muestras de agua superficial son significativas o no, se realizó un análisis de varianza de los valores

de las diferentes unidades mediante el método de ANOVA (Analysis of Variance, por sus siglas en inglés) según se explicó en el capítulo anterior. Para ello, se realiza el análisis asumiendo que la hipótesis nula corresponde a que todas las medias son similares, con un valor de  $\alpha$  de 0,05. Al efectuar el análisis de ANOVA, e ingresando un nivel de confianza de 0,95 y considerando una comparación dos a dos de las medias, se tiene que el valor de  $\Pr(>F)$  es  $<2 \cdot 10^{-16}$ , lo cual es significativamente menor al valor de  $\alpha$  considerado, lo que implica que la hipótesis de que las medidas son similares es rechazada. Sin embargo, al realizar la comparación dos a dos de las medidas de las diferentes unidades hidrogeológicas, y de las muestras de agua superficial, se obtiene que la UH 3 y UH 5 presentan valores similares de la media, mientras que las UH 1, UH 2 y UH 4 presentan medias similares. Las muestras de agua superficial, por su parte, no son correlacionables con ninguna unidad hidrogeológica.

### **Conductividad**

Los valores de conductividad para la UH 1 (limos y arcillas), UH 2 (evaporitas) y UH 5 (areniscas) presentan valores que varían entre 179,3 a 283,4 mS/cm, por lo que para todos los casos estas aguas se clasifican como salmueras, no existiendo una mayor relevancia en la variabilidad de los valores obtenidos.

Para el caso de la UH 3 (arenas) y UH 4 (gravas y brechas) se aprecia una mayor variabilidad en los valores de conductividad. Los valores más bajos de conductividad son de 0,8 mS/cm para el caso de la UH 4, lo que clasifica a dichas aguas como aguas de baja salinidad, mientras que para la UH 5, los valores más bajos de CE son de 7,8 mS/cm, lo que clasifica a dichas aguas como levemente salinas. Por otra parte, los valores más altos de conductividad en ambas unidades por sobre los 200 mS/cm, lo que clasifica a las aguas con dichos valores como salmuera. La variabilidad en estas unidades viene dada por la profundidad en la cual se obtuvo la muestra, así como por su ubicación.

Los valores más bajos de conductividad se registraron en los pozos PGMW17-11 y PGMW19-22, ambos ubicados hacia el norte del Salar, y fuera de sus márgenes, por lo que ambos pozos presentan influencia de aportes de aguas dulces o de baja salinidad provenientes desde el

norte. El pozo PGMW17-11 es el que se encuentra más próximo al salar, y en donde los bajos valores medidos se presentan hasta una profundidad de 108 m, con un valor de 15 mS/cm. Posteriormente, en dicho pozo se presenta una interfaz de agua dulce a salmuera, con valores de conductividad de hasta 115 mS/cm para posteriormente dar paso a conductividades correspondientes a salmuera, con valores superiores a 180 mS/cm. El pozo PGMW19-22, por su parte, es el más alejado a los bordes del Salar, y el que presenta los valores más bajos, considerados como de aguas dulce, de entre 0,8 a 1,2 mS/cm hasta los 144 m, para luego dar paso a una zona de transición, con valores de hasta 55 mS/cm y que se extiende hasta los 305 m, para luego presentar valores superiores a los 100 mS/cm, con un máximo de 124 mS/cm.

En base a la conductividad medida, y para aquellos pozos ubicados en la zona central y sur del Salar de Pastos Grandes, no se aprecia la existencia de aguas consideradas como dulces o de baja salinidad, mientras que, en los pozos ubicados al norte del salar, es posible apreciar la influencia de aportes de agua dulce, lo que se refleja en los bajos valores, mientras que en profundidad se observa un aumento en la conductividad, con valores correspondientes a salmuera. Estas observaciones permiten asumir que el salar se extiende en profundidad hacia el norte.

Referente a las muestras de aguas superficiales, sus valores varían de 0,65 a 127,5 mS/cm, y en donde los valores más bajos de conductividad corresponden a las muestras PGSW21-01 y 02, ambas ubicadas en el sector norte del Salar de Pastos Grandes y a las muestras PGSW21-04 y 05, ubicadas por el lado sureste. La muestra que presenta los valores más elevados de conductividad corresponde a la PGSW21-03, ubicada en el lado este del Salar, los cuales se explicarían por su cercanía con los bordes del Salar, y la posible existencia de evaporitas en superficie que provoquen un aumento en sus valores.

Para el caso de las muestras de agua para uso industrial, éstas presentan valores de entre 0,2 a 0,7 mS/cm y en donde la muestra con el valor de CE más bajo se localiza en las cercanías del poblado de Pastos Grandes (**Figura 2-5**) mientras que el más elevado de CE corresponde a la muestra PGWW18-01, la cual es la más cercana al salar por su lado norte. Sin embargo, e independiente de la ubicación de estas muestras, todas corresponden a aguas de baja salinidad. La

**Figura 3-12** presenta los diagramas de caja para los valores de CE medidos en laboratorio según las diferentes unidades hidrogeológicas. Debido a que la UAI presenta valores de CE menores a 1 mS/cm, no se incluye esta unidad en estos diagramas.

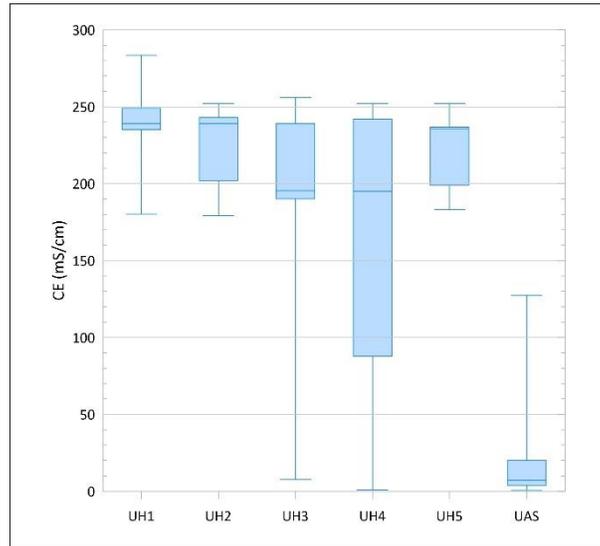


Figura 3-12. Diagrama de caja para los valores de CE medido en las diferentes unidades

Al igual que para los valores de pH, se realiza un análisis de las medias con los valores de CE (test de ANOVA), y en donde la hipótesis nula consiste en que las medias son similares, con un nivel de confianza de 0,95. El test de ANOVA, y al igual que para el caso de los valores de pH, arroja un valor de  $<2 \cdot 10^{-16}$ , por lo que se rechaza dicha hipótesis. Al efectuar la comparación dos a dos de las diferentes unidades, se tiene que las muestras de agua superficial no son similares con ninguna de las muestras de agua subterránea, mientras que, para el caso de las muestras de agua subterránea, la UH 4 y UH 3 no se correlacionan con ninguna otra UH mientras que las UH 1, UH 2 y UH 5 presentan medias similares.

## Alcalinidad

La alcalinidad, expresada como  $\text{CaCO}_3$ , medida en las diferentes unidades hidrogeológicas no presenta grandes variaciones. Los valores mínimos varían entre 162,9 a 382,0 miligramos por litro (mg/L) mientras que los valores máximos varían entre 980,6 a 3.165,9 mg/L. Las concentraciones más bajas se presentan en la UH 3 (arenas) mientras que las mayores concentraciones se presentan en la UH 2 (evaporitas).

Con respecto a las muestras de agua superficial, las concentraciones medidas varían entre 125 a 1.369 mg/L, siendo estos valores similares a los obtenidos en las diferentes unidades hidrogeológicas. Para el caso de las muestras de agua para uso industrial, los valores varían entre 55 a 75 mg/L, por lo que no existen grandes diferencias entre sus concentraciones. La **Figura 3-13** presenta los diagramas de caja para los valores medidos en laboratorio según las diferentes unidades hidrogeológicas. Al igual que para el caso del diagrama de caja de CE, no se incluye el diagrama de la UAI, ello debido a sus bajas concentraciones.

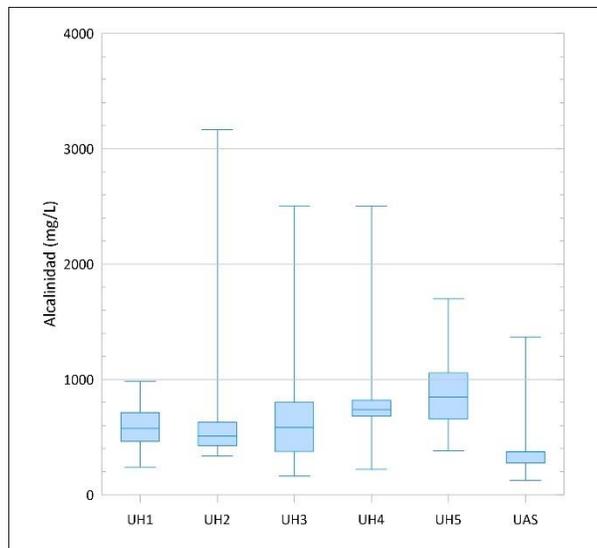


Figura 3-13. Diagrama de caja para los valores de alcalinidad medido en las diferentes unidades

Como en los casos anteriores, se realizó un test de ANOVA para los valores de alcalinidad, utilizando un nivel de confianza de 0,95 y realizando una comparación dos a dos de las diferentes unidades. El test de ANOVA, arroja un valor de 0,0000579, por lo que se rechaza dicha hipótesis. Al efectuar la comparación dos a dos de las diferentes unidades, se tiene que las muestras de agua superficial serán similares a las muestras de la UH 4, la UH 1, UH 2 y UH 3 son similares entre ellas mientras que la UH 5 no es comparable con ninguna otra unidad. Esta situación se podría deber al hecho de que esta unidad sólo se reconoce a profundidades de 200 m o más, por lo que no estarían influenciados por aguas superficiales o aguas de bajas salinidad. En términos generales, las aguas superficiales o de baja salinidad poseen mayores concentraciones de bicarbonato y una alcalinidad total mayor que las aguas de mayor salinidad. Por ende, al estar las aguas de la UH 5 a profundidades de 200 m o más, no se produce el efecto de mezclas de aguas o aportes de aguas con mayor alcalinidad. Otra hipótesis podría deberse al hecho de que la UH 5 está totalmente confinada, funcionando como un sistema cerrado a la atmósfera, produciéndose una limitación al aporte de CO<sub>2</sub> y por lo tanto al carbono inorgánico total. Sin embargo, con la información disponible, no es posible dilucidar cual de estas hipótesis explica la variación en la alcalinidad de las muestras.

### 3.4.2 Elementos mayoritarios

La **Tabla 3-3** presenta el resumen de las concentraciones mínima, máxima y promedio de los diferentes elementos mayoritarios, los que han sido agrupados según su unidad hidrogeológica.

Tabla 3-3. Concentraciones de elementos mayoritarios para muestras de agua superficial y subterránea del Salar de Pastos Grandes, Argentina

| Unidad hidrogeológica      | # de análisis | Valores de concentración (mg/L) <sup>a</sup> | Cationes        |                  |                  |                  | Aniones         |                               |                               |
|----------------------------|---------------|--|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                            |               |  | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup>   | Mg <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
| Unidad 1: Limos y arcillas | 33            | Mínimo                                       | 59.853          | 541              | 427              | 529,6            | 106,851         | 4.610                         | <1 <sup>b</sup>               |
|                            |               | Máximo                                       | 123.000         | 5.910            | 3.720            | 1.170,0          | 196.825         | 11.451                        | 1.196                         |
|                            |               | Promedio                                     | 107.943         | 3.755            | 2.246,1          | 839,3            | 183,572         | 7.809                         | 532                           |
| Unidad 2: Evaporitas       | 60            | Mínimo                                       | 80.500          | 393              | 333              | 442,2            | 137.293         | 4.720                         | <1                            |
|                            |               | Máximo                                       | 119.387         | 6.660            | 5.130,2          | 1.240            | 194.122         | 13.998                        | 3.165,9                       |
|                            |               | Promedio                                     | 112.023         | 3.989,5          | 2.476,5          | 802,1            | 187.349         | 8.518,2                       | 633,6                         |
| Unidad 3: Arenas           | 167           | Mínimo                                       | 1.570           | 84,0             | 23,2             | 37               | 2.102           | 12                            | 160                           |
|                            |               | Máximo                                       | 119.517         | 6.186,4          | 3.860            | 1.290            | 195.622         | 12.431                        | 2.502,2                       |
|                            |               | Promedio                                     | 102.881         | 4.233            | 2.479,4          | 734,8            | 174.225         | 7.783,7                       | 630,3                         |
| Unidad 4: Brechas y tobos  | 13            | Mínimo                                       | 196             | <15              | <10              | <10              | 116             | 58                            | 220                           |
|                            |               | Máximo                                       | 117.000         | 5.110            | 3.180            | 939              | 196.170         | 10.530                        | 2.221                         |
|                            |               | Promedio                                     | 71.439          | 3.350,1          | 2.282,6          | 674,9            | 122.156         | 5.725,1                       | 825                           |
| Unidad 5: Arenisca         | 62            | Mínimo                                       | 84.600          | 2.890            | 1.700            | 562              | 144.585         | 6.517                         | 466                           |
|                            |               | Máximo                                       | 117.000         | 6.056,2          | 3.710            | 1.020            | 193.970         | 11.134                        | 1.700,7                       |
|                            |               | Promedio                                     | 105.631         | 4.855,1          | 2.798,4          | 743,9            | 182.392         | 8.479,2                       | 894,8                         |
| Aguas uso industrial       | 4             | Mínimo                                       | 11,1            | 2,2              | 4,8              | 17,2             | 19,1            | 25,0                          | 24,4                          |
|                            |               | Máximo                                       | 112,9           | 10,7             | 10,4             | 22,9             | 109,5           | 120,0                         | 61,0                          |
|                            |               | Promedio                                     | 49,3            | 5,4              | 8,0              | 19,5             | 54,0            | 60,0                          | 42,4                          |
| Aguas superficiales        | 5             | Mínimo                                       | 106             | 117 <sup>1</sup> | 5                | 36               | 121             | 38                            | 152                           |
|                            |               | Máximo                                       | 28.310          | ---              | 670              | 310              | 34.920          | 1.855                         | 1.705                         |
|                            |               | Promedio                                     | 6.993,8         | ---              | 146,6            | 145,2            | 8.796           | 727,2                         | 620                           |

<sup>a</sup>: Concentraciones expresadas en miligramos por litro

<sup>b</sup>: Concentración por debajo del límite de detección

El sodio es el catión dominante para todas las muestras analizadas, e independientemente de la unidad hidrogeológica a la cual pertenecen, siendo las concentraciones máximas similares para las diferentes unidades hidrogeológicas. Las concentraciones mínimas son variables para las diferentes unidades, y en donde las menores concentraciones se observan en la UH 3 (arenas) y UH 4 (brechas y gravas), lo cual a su vez es concordante con el hecho de que en ambas unidades se apreció la existencia de aguas consideradas como dulces o de baja salinidad. Por otra parte, tanto la UH3 como la UH4 corresponden a las unidades que presentan los mayores valores de porosidad efectiva y permeabilidad, por lo que el tiempo de tránsito de las aguas en dicha unidad es menor, y por ende teniendo un menor tiempo de interacción con los minerales presentes en dichas unidades.

El segundo catión dominante corresponde al K, en donde sus concentraciones varían de <15 mg/L (presencia por debajo del límite de detección) y valores de hasta 6.660 mg/L. Las concentraciones máximas registradas en cada una de las diferentes unidades hidrogeológicas obtenidas son similares, mientras que es posible apreciar diferencias en los valores mínimos obtenidos, con concentraciones que varían entre <15 a 2.890 mg/L, siendo la UH 5 (areniscas), la que presenta los mayores valores mínimos. El tercer catión dominante corresponde al Mg, el cual presenta concentraciones que varían de <10 a 5.130,2 mg/L, siendo la unidad de evaporitas la que presenta dicha concentración máxima, y en donde las mayores concentraciones promedio se registran en la unidad de areniscas. El catión que presenta las menores concentraciones de las muestras analizadas corresponde al  $\text{Ca}^{2+}$ , el cual presenta concentraciones que varían de <10 a 1.290 mg/L.

Entre los aniones, el cloruro es el dominante para las diferentes unidades hidrogeológicas, con concentraciones que varían de 116 a 196.825 mg/L. Las concentraciones más bajas de cloruro se presentan en la UH 3 (arenas) y UH 4 (brechas y gravas), lo cual es consistente con el hecho de que en ambas unidades se reconoció la existencia de aguas consideradas como dulces. Las concentraciones máximas en cada una de las diferentes unidades hidrogeológicas son similares, con valores entre 193.970 a 196.825 mg/L, lo cual es consistente con el hecho de que en todas las unidades se reconoció la presencia de salmuera. El segundo anión dominante corresponde al sulfato, con concentraciones que varían entre 12 a 13.998 mg/L. Al igual que para el caso de los cloruros, las concentraciones más bajas se reconocen en las UH 3 y UH 4, lo cual se explica por la existencia de aguas dulces en ambas unidades. Sin embargo, las concentraciones máximas de sulfatos para las diferentes unidades hidrogeológicas son relativamente similares, con concentraciones de entre 10.530 a 13.998 mg/L.

El anión con la menor presencia corresponde al bicarbonato, con concentraciones que varían entre <1 a 3.165,9 mg/L, y en donde tanto en la unidad hidrogeológica 1 (arcillas) y 2 (evaporitas), los valores mínimos están por debajo del límite de detección.

Respecto a las aguas superficiales, y al igual que para las muestras de agua subterránea, el catión dominante corresponde al  $\text{Na}^+$ , con concentraciones que varían entre 106 a 28.310 mg/L. A diferencia de las muestras de agua subterránea, sólo en 1 de las 5 muestras de agua superficial analizada se registró la existencia de  $\text{K}^+$ . El resto de las muestras presenta concentraciones por debajo del límite de detección ( $<0,05$  mg/L). El segundo catión dominante corresponde al  $\text{Mg}^{2+}$ , con concentraciones que varían entre 5 a 670 mg/L y al igual que para las muestras de agua subterránea, el catión con menor presencia corresponde al  $\text{Ca}^{2+}$ , con concentraciones que varían entre 36 a 310 mg/L. El anión dominante corresponde al  $\text{Cl}^-$ , con concentraciones de entre 121 a 34.900 mg/L. Las concentraciones de  $\text{SO}_4^{2-}$  y de  $\text{HCO}_3^-$  son similares, siendo levemente mayor el contenido de sulfato con respecto al de bicarbonato. Las concentraciones promedio son de 727,4 y de 620 mg/L para el sulfato y el bicarbonato respectivamente.

Para el caso de las muestras de agua para uso industrial, aquellas ubicadas al norte del Salar de Pastos Grandes (PGWW18-01, PGWW19-02 y PGWW19-03) tienen como catión dominante al  $\text{Na}^+$ , con concentraciones de hasta 112,9 mg/L. El segundo catión dominante corresponde al  $\text{Ca}^{2+}$ , el cual presenta concentraciones de entre 17,2 a 22,9 mg/L mientras que el catión que presenta las menores concentraciones corresponde al  $\text{Mg}^{2+}$ , con contenidos de hasta 10,4 mg/L. En la muestra PGWW19-07, ubicada en las cercanías del poblado de Pastos Grandes, el catión dominante corresponde al  $\text{Ca}^{2+}$ . Respecto a los aniones, el anión dominante corresponde al  $\text{Cl}^-$  para las muestras PGWW18-01, PGWW19-02 y PGWW19-03, con concentraciones de hasta 109,5 mg/L, seguido del  $\text{SO}_4^{2-}$ , con concentraciones de hasta 120 mg/L. Para la muestra PGWW19-07, el anión dominante corresponde al  $\text{HCO}_3^-$ , seguido del  $\text{SO}_4^{2-}$ .

### 3.4.3 Clasificación de las aguas

Los tipos de agua pueden ser clasificados en función de la concentración de sus elementos mayoritarios, generalmente expresados en meq/L, siendo los diagramas de Stiff (1951), de Piper (1944) y de Schöeller (1962) los más utilizados. En el caso de los diagramas de Piper, las aguas de características químicas similares quedan agrupadas en sectores y diferenciadas según el concepto de facies hidroquímicas (Back, 1961). Estos diagramas permiten caracterizar las aguas y estimar posibles variaciones espaciales y/o temporales. La **Figura 3-14** presenta los diagramas de Piper (1944) para las muestras analizadas, los cuales han sido diferenciados según su unidad hidrogeológica. La **Figura 3-15** presenta el diagrama de Schöeller (1962) para los valores promedio de las concentraciones de los diferentes iones. Debido a la densidad de los datos hidroquímicos existentes, no se presentan los diagramas de Stiff (1951) para las muestras de agua subterránea y sólo se presentan para las muestras de agua superficial (**Figura 3-16**) y para las muestras de agua para uso industrial.

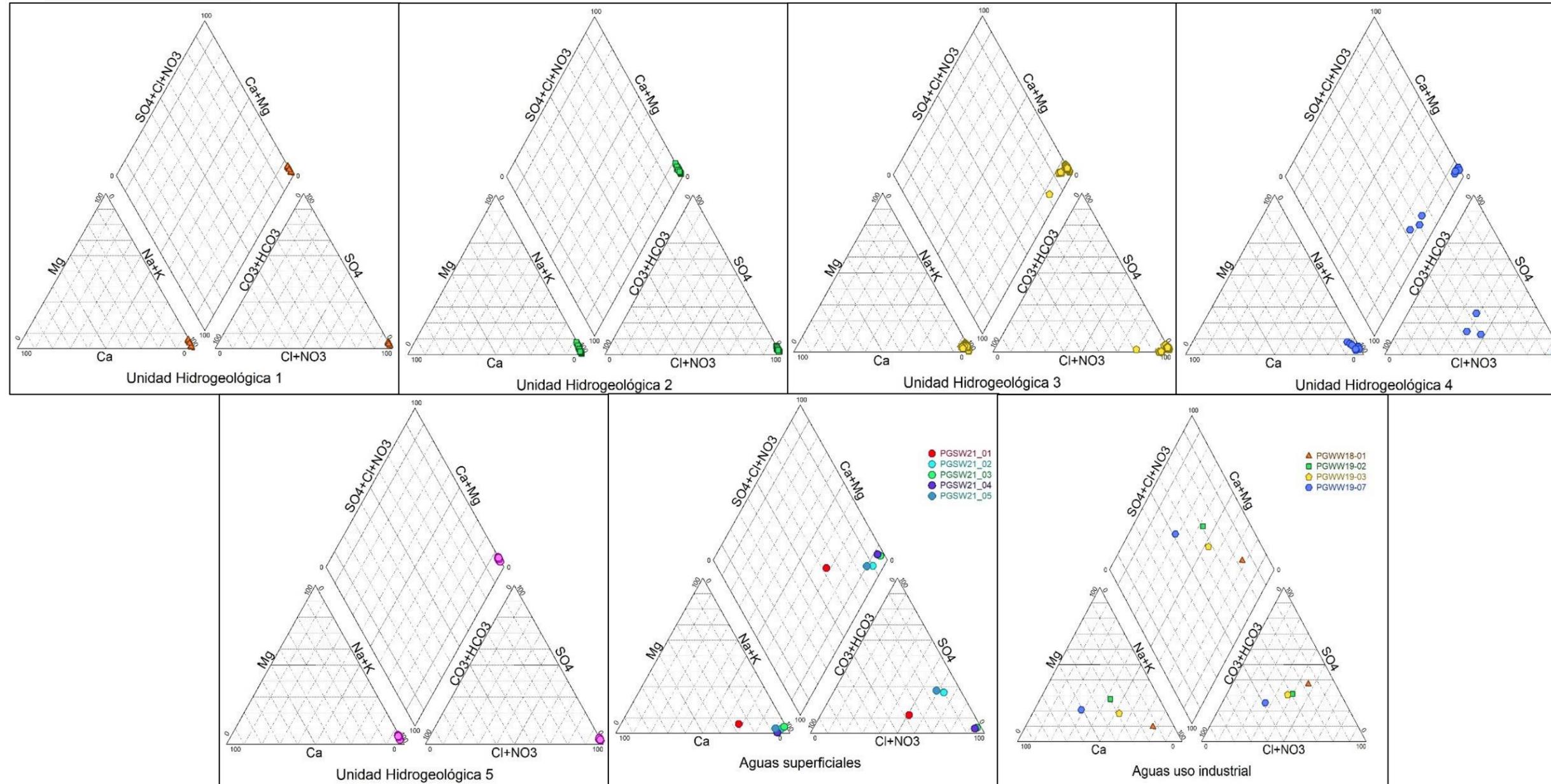


Figura 3-14. Diagrama de Piper para las diferentes unidades hidrogeológicas reconocidas

A partir de esta figura, es posible apreciar que independiente de la unidad hidrogeológica en la cual se obtuvo la muestra, prácticamente la totalidad de las muestras son del tipo clorurada – sódica, a excepción de la UH 4, en donde 3 de estas muestras presentan como aniones dominantes al cloruro y al bicarbonato y para el caso de la UH 3 (arenas), algunas presentan como anión dominante al cloruro, pero con presencia de bicarbonato. Esta situación es concordante con el hecho de que en dichas unidades se reconoció la existencia de aguas de menor salinidad. Para la totalidad de las muestras analizadas de las diferentes unidades hidrogeológicas el catión dominante corresponde al  $\text{Na}^+$ . En base a los diagramas de Piper (1944), es posible determinar que prácticamente la totalidad de las muestras analizadas son del tipo clorurada – sódica, a excepción de 3 muestras de la UH 4, las cuales se clasifican como clorurada – bicarbonatada – sódica.

En las muestras de aguas superficiales y al igual que para las de agua subterránea, el catión dominante para las 5 muestras analizadas corresponde al  $\text{Na}^+$ . Sin embargo, con respecto a los aniones, se tiene que 2 de las 5 muestras analizadas presentan como anión dominante al  $\text{Cl}^-$ , 1 de ellas presenta como aniones dominantes al  $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$  y las 2 muestras restantes presenta como aniones dominantes al  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{SO}_4^{2-}$ .

En el caso del agua para uso industrial y en base al diagrama de Piper (1944), las muestras de los pozos PGWW18-01 y PGWW19-03 se clasifican como mixta – sódica mientras que la muestra del pozo PGWW19-02 se clasifica como mixta y la muestra del pozo PGWW19-07 se clasifica como bicarbonatada – cálcica (**Figura 3-14**).

Con el objeto de poder comparar los valores promedio de los diferentes iones mayoritarios de cada unidad hidrogeológica, se efectuó el diagrama de Schöeller (1962) con los valores promedio de cada ion mayoritario. La **Figura 3-15** presenta el diagrama obtenido. Esta figura permite apreciar que las concentraciones promedio de los diferentes iones mayoritarios es similar independiente de la unidad hidrogeológica a la cual pertenecen y en donde las concentraciones promedio más elevadas corresponde al  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  y al  $\text{Cl}^-$ , seguido del  $\text{Mg}^{2+}$  y del  $\text{SO}_4^{2-}$  mientras que las menores concentraciones promedio corresponden al  $\text{Ca}^{2+}$  y al  $\text{HCO}_3^-$ . Las concentraciones

promedio de las aguas superficiales presentan una tendencia similar, pero en la cual las concentraciones promedio presentan valores del orden de un grado de magnitud menor.

Las muestras de agua para uso industrial presentan un comportamiento diferente al resto de las concentraciones promedio. Al igual que para las otras unidades, el catión dominante corresponde al  $\text{Na}^+$ , seguido del  $\text{Ca}^{2+}$  y en último lugar, la menor concentración promedio corresponde al  $\text{Mg}^{2+}$ . Para los aniones, si bien se mantiene el orden de ellos, y a diferencia de las diferentes UH, en donde existe un orden de magnitud de diferencia entre las concentraciones promedio, en el caso de los diferentes aniones, las mismas son relativamente similares.

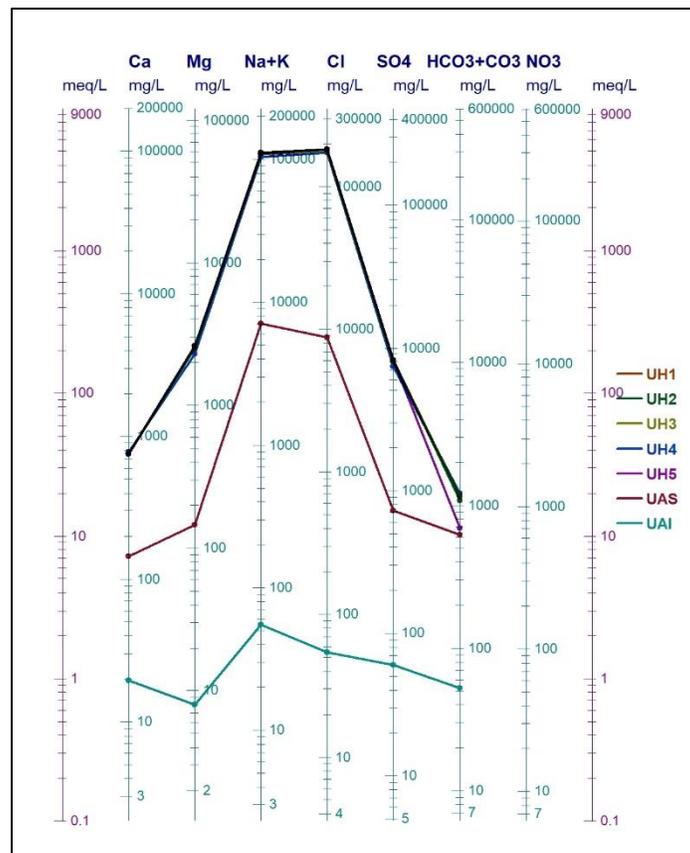


Figura 3-15. Diagrama de Schoeller para los valores promedio de cada UH

La **Figura 3-16** presenta los diagramas de Stiff (1951) para las muestras de agua superficial. A partir de esta figura, es posible observar que la muestra PGSW21-01, ubicada en el extremo norte

del Salar de Pastos es del tipo bicarbonatada – sulfatada – sódica, siendo la única de las muestras de agua superficial que presenta esta composición. Así mismo, es la que presenta las menores concentraciones de iones mayoritarios. El resto de las muestras de agua superficial son del tipo clorurada – sódica, siendo el sulfato el segundo anión dominante para estas muestras mientras que, para el caso de los cationes, el segundo catión dominante corresponde o al  $Mg^{2+}$  o al  $Ca^{2+}$ . Las que provienen del lado este del salar son las que presentan la mayor salinidad mientras que las aguas superficiales provenientes desde el lado sureste y noreste corresponden a muestras con salinidad “intermedia”.

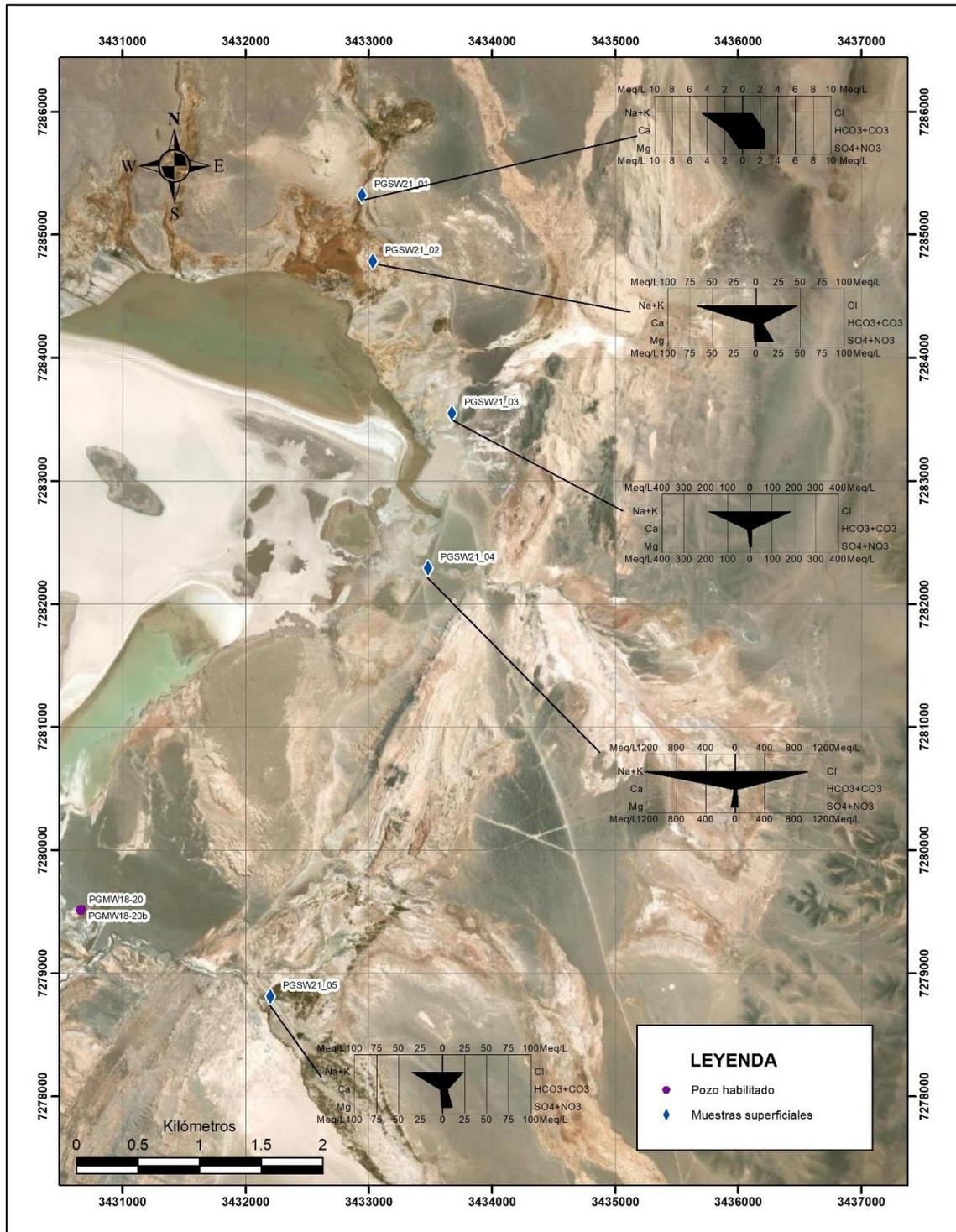


Figura 3-16. Diagrama de Stiff para las muestras de agua superficial.

La **Figura 3-17** presenta los diagramas de Stiff (1951) para las muestras de agua de uso industrial. A partir de esta figura, se aprecia que la única muestra del tipo bicarbonatada – cálcica corresponde a la muestra del pozo PGWW19-07, ubicada en las cercanías del poblado de Pastos Grandes mientras que la única muestra del tipo clorurada – sódica es del pozo PGWW18-01, la cual a su vez corresponde a la muestra más cercana al salar. Las muestras de los pozos PGWW19-02 y PGWW19-03 son del tipo mixta. Estas variaciones en el tipo de agua son concordantes a su vez con el aumento en la salinidad, las que varían de 0,23 mS/cm para la muestra del pozo PGWW19-07 a 0,67 mS/cm para la muestra del pozo PGWW18-01.

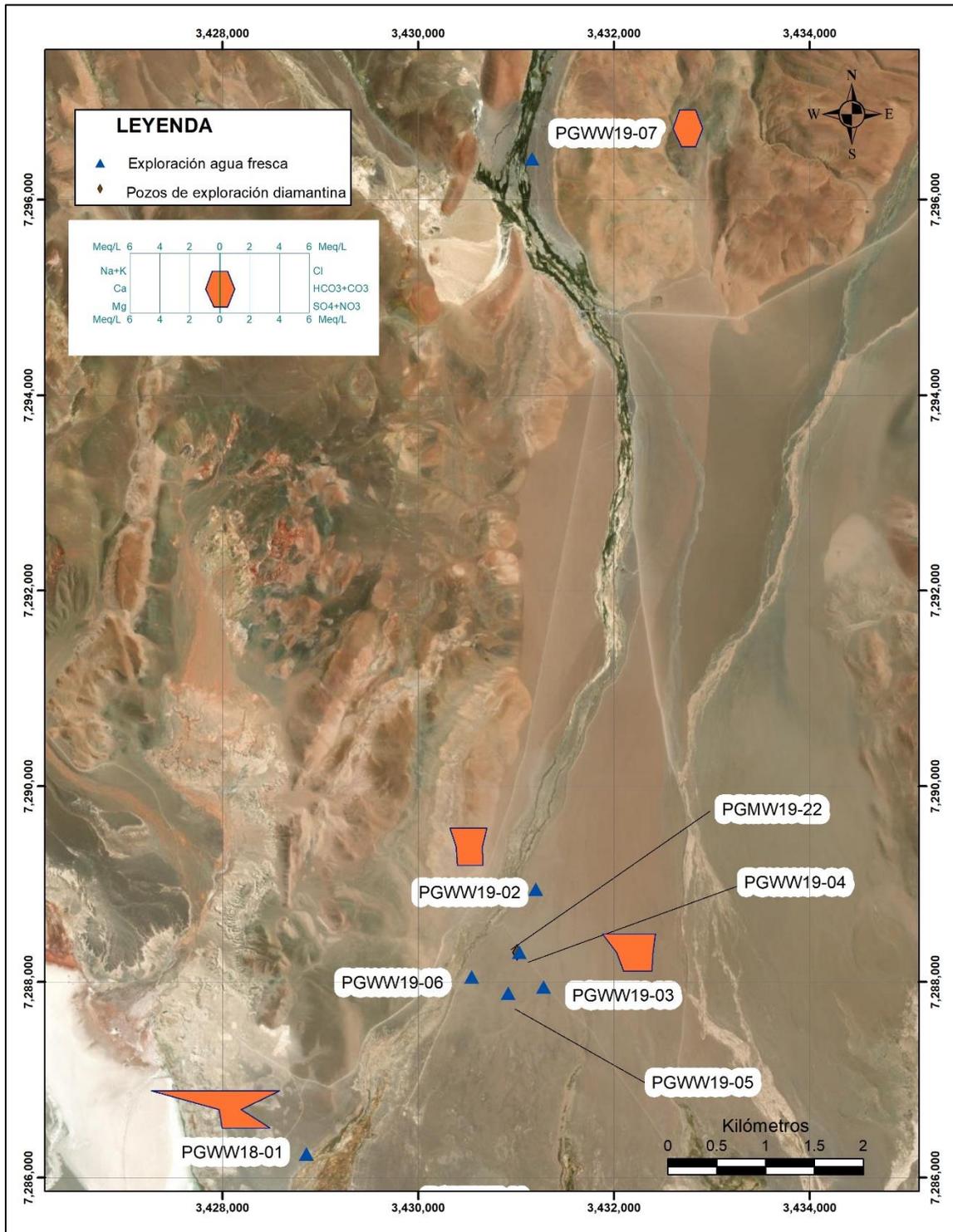


Figura 3-17. Diagrama de Stiff para las muestras de agua para uso industrial

### 3.4.4 Relaciones binarias

Con el objeto de determinar posibles relaciones de algunos elementos mayores, las **Figura 3-18**, **Figura 3-19** y **Figura 3-20** presentan las relaciones binarias cloruro vs sodio; sulfato vs calcio y (bicarbonato + sulfato) vs calcio. Estas relaciones son de utilidad para determinar, en una primera instancia, los posibles procesos que sufren las muestras analizadas.

La **Figura 3-18** presenta la relación binario cloruro vs sodio. En ella, es posible apreciar que prácticamente la mayoría de las muestras analizadas se encuentran “levemente” por debajo de la línea 1:1, a excepción de 3 muestras de la UH 4 y la totalidad de las muestras correspondiente a muestras de agua superficial, las que se encuentran por sobre dicha recta. Por ende, uno de los principales procesos hidroquímicos que explicarían la presencia de  $\text{Na}^+$  de las diferentes unidades hidrogeológicas corresponde a la disolución de halita. Dado que algunas muestras están levemente por debajo de la recta 1:1, existe otro proceso hidroquímico que provoca la pérdida de  $\text{Na}^+$ .

Para el caso de las muestras de la UH 4, existen 3 de ellas, que son pertenecientes al pozo PGMW19-22, ubicado al norte del salar y la totalidad de las muestras de agua superficial que están por sobre la recta 1:1. Por ende, junto con la disolución de halita, existen otros procesos que aportan  $\text{Na}^+$ . Debido a que el cloruro es un elemento conservativo, no se explicaría que el  $\text{Na}^+$  sea mayor al  $\text{Cl}^-$  por pérdida de este último.

Tres de las cuatro muestras de agua para uso industrial se encuentran por sobre la recta 1:1, lo cual implica que existen otros procesos aparte de la disolución de halita que aportan  $\text{Na}^+$  a dichas aguas. Para el caso del pozo PGWW19-07, éste se encuentra por debajo de la recta 1:1, por lo que, junto con la disolución de halita, existen otros procesos que provocan la pérdida de  $\text{Na}^+$ .

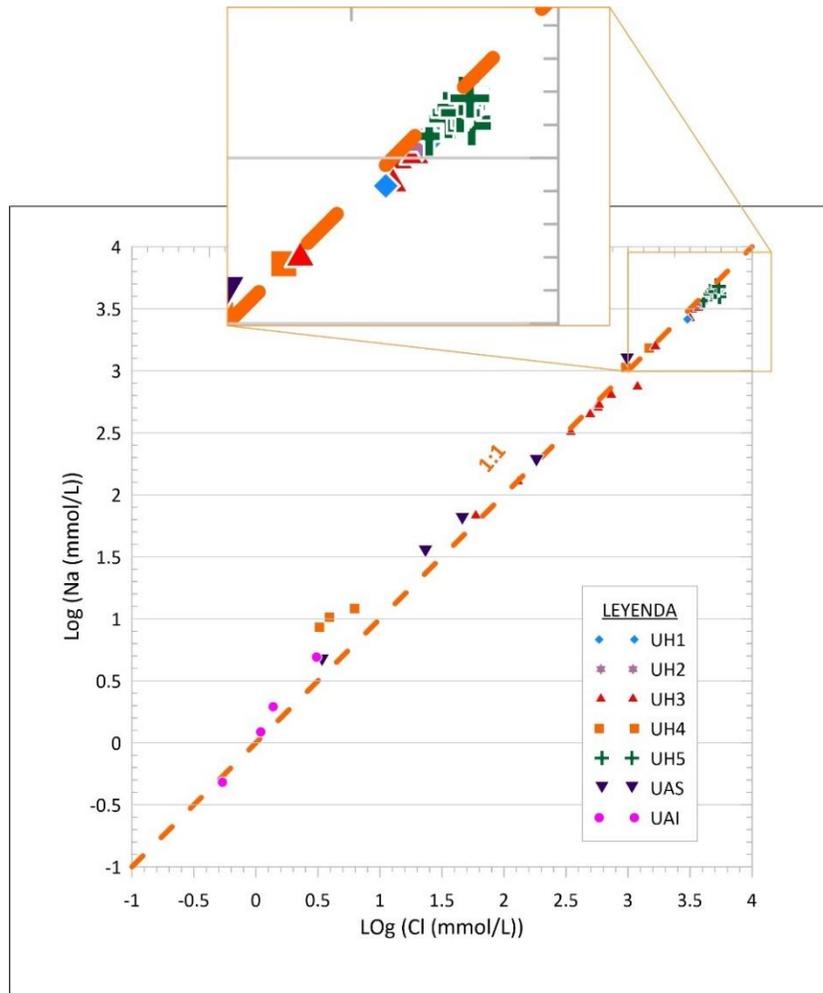


Figura 3-18. Relación binaria Cl<sup>-</sup> vs Na<sup>+</sup>

La **Figura 3-19** presenta la relación binario sulfato vs calcio. A partir de esta figura, es posible apreciar que prácticamente la mayoría de las muestras analizadas de las diferentes unidades hidrogeológicas están por debajo de la recta 1:1, lo que se interpretaría como que la disolución de yeso no es el único proceso que aporta  $\text{SO}_4^{2-}$  a la solución, o bien que existen otros procesos que involucran la pérdida de  $\text{Ca}^{2+}$  en la solución. Sólo cinco muestras de la UH 3 y una muestra de la UH 4 presentan valores que están por sobre la recta 1:1, lo que es indicativo que para ellas existen otros procesos que aportan  $\text{Ca}^{2+}$  a la solución. Las muestras que presentan esta situación corresponden a muestras del pozo PGMW19-22, ubicado al norte del salar, y cercano a los pozos de exploración para el abastecimiento industrial. Para el caso de las aguas superficiales, 2 de las 5 muestras analizadas están sobre la línea 1:1, por lo que, en dichos casos, la presencia de  $\text{Ca}^{2+}$  se debe exclusivamente a procesos de disolución de yeso. Sin embargo, y al igual que para el agua subterránea, el resto de las muestras de agua superficial están por debajo de la recta 1:1, por lo que o bien existen otros procesos que aportan sulfato a la solución o bien existen otros procesos que involucran la pérdida de  $\text{Ca}^{2+}$ .

Entre las aguas de uso industrial, 1 de estas muestras, correspondiente a la muestra del pozo PGWW19-07, se encuentra prácticamente en la recta 1:1, por lo que la presencia de  $\text{Ca}^{2+}$  se debería exclusivamente a la disolución de yeso. El resto de las muestras se encuentran por debajo de la recta 1:1, por lo que, para ellas, junto con la disolución de yeso, existen otros procesos que involucran la pérdida del ion  $\text{Ca}^{2+}$  o bien existen otros procesos que adicionan el ion  $\text{SO}_4^{2-}$  a dichas aguas.

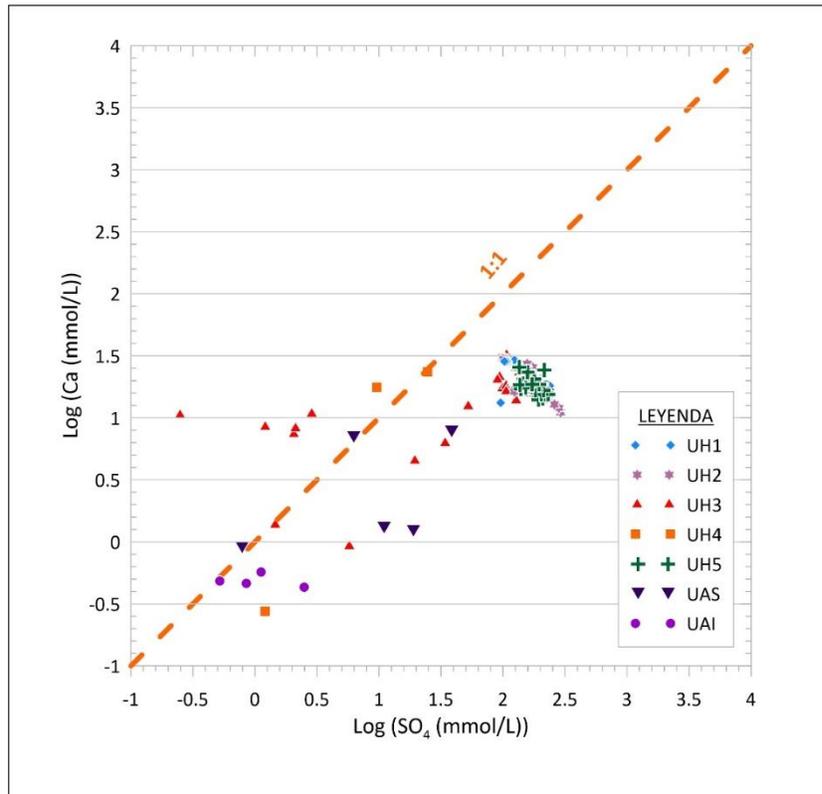


Figura 3-19. Relación  $\text{Ca}^{2+}$  vs  $\text{SO}_4^{2-}$

La **Figura 3-20** presenta la relación binaria bicarbonato vs calcio. A partir de esta figura, es posible que la mayoría de las muestras de agua subterránea se encuentra por debajo de la relación 2:1, lo que es indicativo que existe una pérdida del catión  $\text{Ca}^{2+}$  con respecto al anión  $\text{HCO}_3^-$ , por lo que en caso de que el único proceso que explique la presencia  $\text{HCO}_3^-$  en las aguas subterráneas sea la disolución de calcita (o aragonita), existen otros procesos que involucren la pérdida de  $\text{Ca}^{2+}$ . Sin embargo, 9 muestras de la UH 1, 1 muestra de la UH 2 y 15 muestras de la UH 3 están por sobre la recta 2:1, lo que indica que la disolución de calcita no es el único proceso que explique la presencia  $\text{Ca}^{2+}$  en la solución.

Las muestras de agua para uso industrial de los pozos PGWW19-03 y PGWW19-07 se encuentran por debajo de la recta 2:1, por lo que, para dichas muestras, existen otros procesos que provocan la pérdida de  $\text{Ca}^{2+}$ . Por otra parte, las muestras de los pozos PGWW18-01 y PGW19-02 se encuentran por sobre la recta 2:1, lo que implica que, para ellas, existen procesos que involucran el aporte de  $\text{Ca}^{2+}$ .

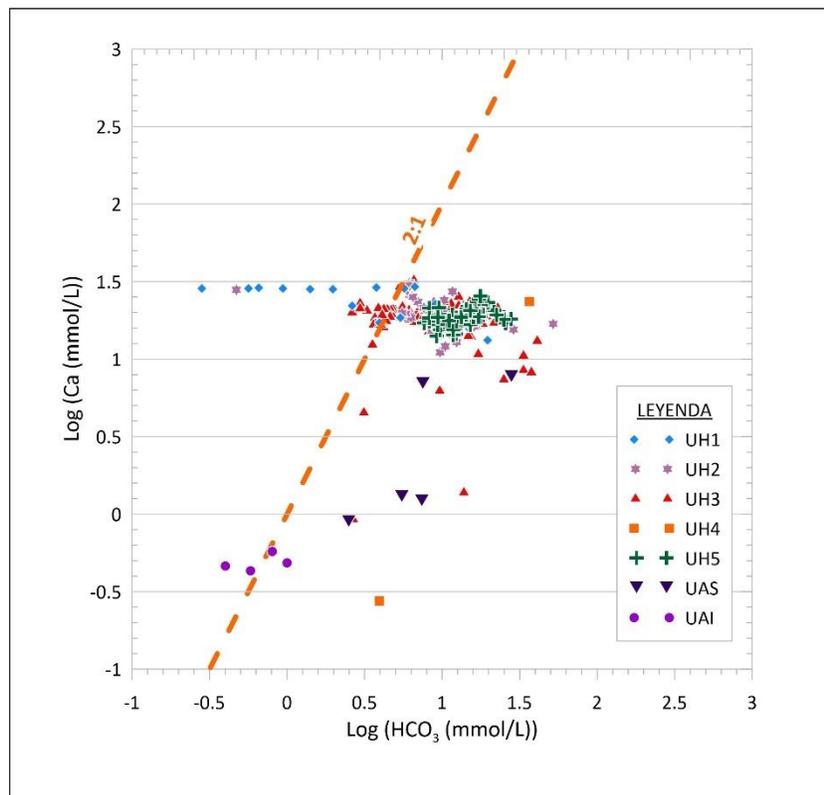
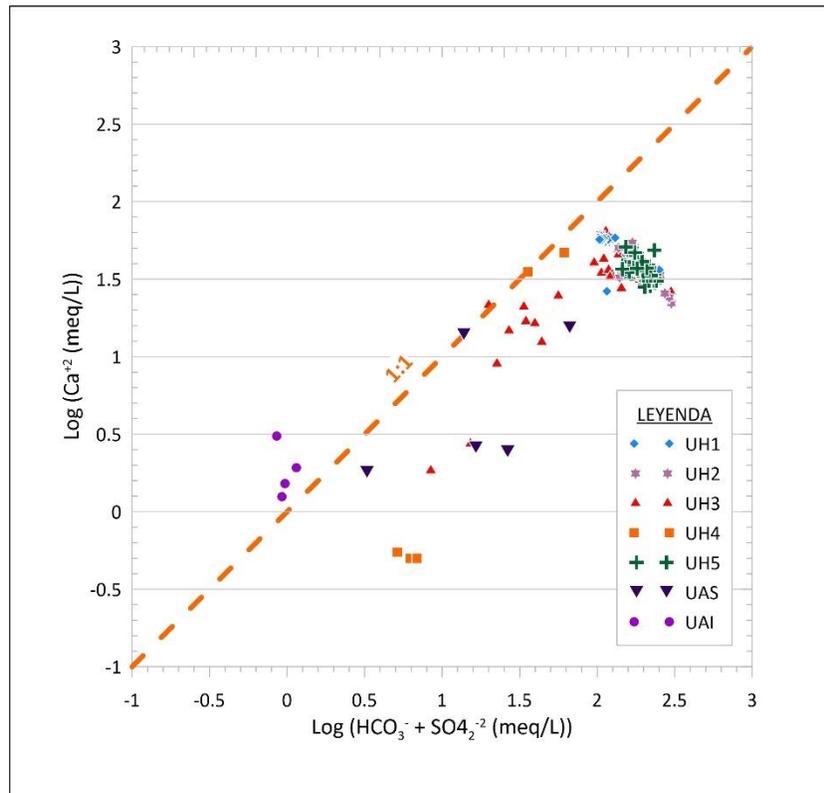


Figura 3-20. Relación  $\text{Ca}^{2+}$  vs  $\text{HCO}_3^-$

Con el objeto de determinar si la presencia de  $\text{Ca}^{2+}$  se explica por la disolución de yeso y calcita, la **Figura 3-21** presenta la relación binaria  $\text{Ca}^{2+}$  versus  $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$ . A partir de este diagrama es posible apreciar que salvo 1 muestra de la UH 3, 1 muestra de la UH 4, 1 muestra de aguas superficiales y la totalidad de las muestras de agua para uso industrial, el resto se encuentra por debajo de la recta 1:1, lo que implica que la disolución de yeso y de calcita no son los únicos procesos involucrados. Existen otros procesos que provocan la pérdida de  $\text{Ca}^{2+}$  en la salmuera, como puede ser el intercambio catiónico o bien la disolución de otros minerales que aporten  $\text{HCO}_3^-$  o  $\text{SO}_4^{2-}$ .



### 3.4.5 Elementos menores

Los elementos menores analizados en las muestras de agua subterránea corresponden a boro (B), bario (Ba), estroncio (Sr), litio (Li), hierro (Fe) y manganeso (Mn). Las muestras de agua superficial se analizaron sólo para arsénico (As) y Mn, en la cual la totalidad de las muestras se encuentran por debajo del límite de detección (<0,00025 mg/L) para el caso del As y por debajo del límite de detección (<0,02 mg/L) para el caso del Mn. La **Tabla 3-4** presenta el resumen de las concentraciones mínima, máxima y promedio de los diferentes elementos menores, los que han sido agrupados según su unidad hidrogeológica. Esta tabla no presenta las concentraciones de Ba, debido a que salvo 2 muestras del pozo de exploración diamantina PGMW16-01, y que corresponden a la UH 1 (arcillas), éstas se encuentran por debajo del límite de detección.

Tabla 3-4. Concentraciones de elementos menores para muestras de agua superficial y subterránea del Salar de Pastos Grandes, Argentina

| Unidad hidrogeológica      | # de análisis | Concentración (mg/L) <sup>a</sup> | Elemento         |                        |           |           |           |
|----------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                            |               |                                   | B                | Sr                     | Li        | Fe        | Mn        |
| Unidad 1: Limos y arcillas | 33            | Mínimo                            | 368              | 9,6                    | 32,9      | 3,7 (<10) | 0,8 (<10) |
|                            |               | Máximo                            | 895              | 28,1                   | 611,0     | 66,3      | 1,8       |
|                            |               | Promedio                          | 606,8            | 20,4                   | 349,8     | 22,8      | 1,2       |
| Unidad 2: Evaporitas       | 60            | Mínimo                            | 369              | 10,2                   | 19,3      | 1,1 (<10) | <1        |
|                            |               | Máximo                            | 1.110            | 41,1                   | 701,0     | 34,3      | 8         |
|                            |               | Promedio                          | 624,7            | 19,9                   | 368,1     | 9,8       | 5,8       |
| Unidad 3: Arenas           | 167           | Mínimo                            | <14 <sup>b</sup> | 2,5 (<10) <sup>c</sup> | 8,8 (<10) | 1,1 (<10) | 0,6 (<1)  |
|                            |               | Máximo                            | 2.460            | 32,8                   | 580,0     | 115       | 22,2      |
|                            |               | Promedio                          | 565,1            | 17,2                   | 403,0     | 17,7      | 3,1       |
| Unidad 4: Brechas y tobos  | 13            | Mínimo                            | <14              | <10                    | <10       | <10       | <1        |
|                            |               | Máximo                            | 608              | 18,6                   | 460,0     | 73,3      | <1        |
|                            |               | Promedio                          | 465,3            | 17,9                   | 357,2     | 39,4      | <1        |
| Unidad 5: Arenisca         | 62            | Mínimo                            | 481              | 11,7                   | 305       | 8,4 (<10) | <1        |
|                            |               | Máximo                            | 804              | 26,4                   | 635       | 142       | 3,6       |
|                            |               | Promedio                          | 604,0            | 17,7                   | 470,1     | 30,2      | 2,3       |

<sup>a</sup>: Concentración, expresada en miligramos por litro

<sup>b</sup>: Concentración por debajo del límite de detección

<sup>c</sup>: Entre paréntesis, concentración mínima del segundo laboratorio en el cual se analizaron las muestras

A partir de los resultados obtenidos, el B es el elemento que presenta las mayores concentraciones. La concentración máxima se registra en la UH 3 (arenas), con un valor de 2.460 mg/L, y los valores mínimos (<14 mg/L) se presentan tanto en la UH 3 y UH 4, y corresponden a las muestras que presentan la menor salinidad y densidad. Por otra parte, las concentraciones promedio de B en las diferentes unidades hidrogeológicas son similares, con valores de entre 465,3 a 624,7 mg/L y la UH 5 es la que presenta la menor variabilidad en las concentraciones de B. La **Figura 3-22** presenta el diagrama de caja para la concentración de B medido en las diferentes unidades hidrogeológicas.

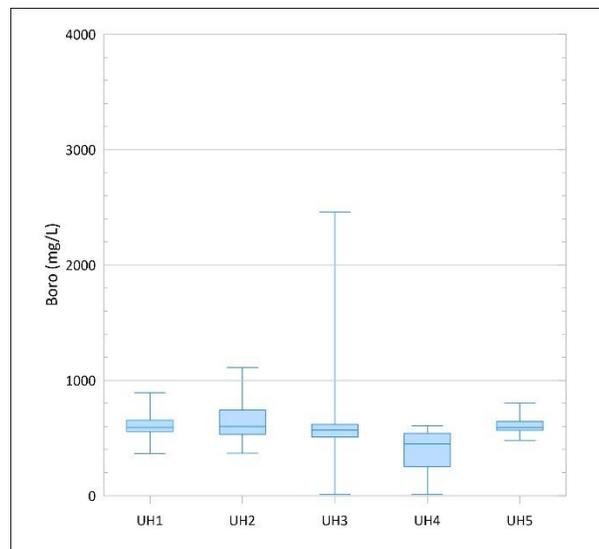


Figura 3-22. Diagrama de caja para los valores de Boro medido en las diferentes unidades

El segundo elemento minoritario que presenta los contenidos más elevados corresponde al Li, en el cual, las concentraciones máximas para las diferentes unidades hidrogeológicas son relativamente similares, en torno a los 650 – 700 mg/L, a excepción de la unidad hidrogeológica 4, la cual presenta una concentración máxima de 460 mg/L. Los mínimos de Li son similares para las UH 1 a 4, con valores cercanos al límite de detección para las UH 1 y UH 2 y por debajo del límite de detección para las UH 3 y UH 4. Para el caso de las bajas concentraciones de Li en las UH 1 y UH 2, éstas se presentan en los pozos de exploración diamantina PGMW18-13, PGMW18-16 y PGMW18-20b, todos ellos ubicados en el extremo sur del Salar de Pastos Grandes, y cuya

ubicación corresponde a perforaciones realizadas en la Fm. Blanca Lila. Las concentraciones registradas en las UH 3 y UH 4, que están por debajo del límite de detección, corresponden a muestra de agua dulce o de baja salinidad. La UH 5 por su parte, es la que presenta la menor variabilidad en sus concentraciones. Ello se debe al hecho de que esta unidad sólo se reconoce en profundidad, por debajo de los 250 m, lo que provoca que no exista mezcla de aguas o interacciones con aguas de baja salinidad o aguas dulces que produzcan una dilución en su concentración de Li. La **Figura 3-23** presenta el diagrama de caja para la concentración de Li medido en las diferentes unidades hidrogeológicas.

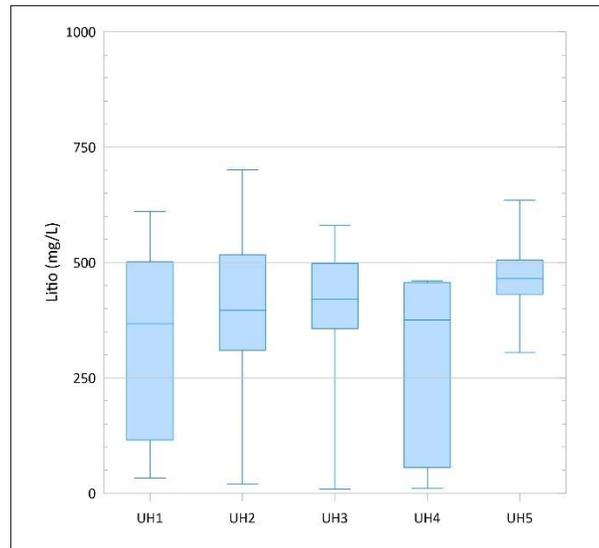


Figura 3-23. Diagrama de caja para los valores de Litio medido en las diferentes unidades

El Sr, por su parte, presenta sus mayores concentraciones en las UH 2 y UH 3, con contenidos de 41,1 y 32,8 mg/L respectivamente. A su vez, estas unidades hidrogeológicas son las que presentan la mayor variabilidad. Los valores mínimos se presentan en las UH 1 a 4, con valores por debajo del límite de detección. Para el caso particular de la UH 4, la cual presenta un total de 13 muestras, 8 de ellas se encuentran por debajo del límite de detección. La UH 5 es la unidad que

presenta la menor variabilidad en las concentraciones de Sr. La **Figura 3-24** presenta el diagrama de caja para la concentración de Li medido en las diferentes unidades hidrogeológicas.

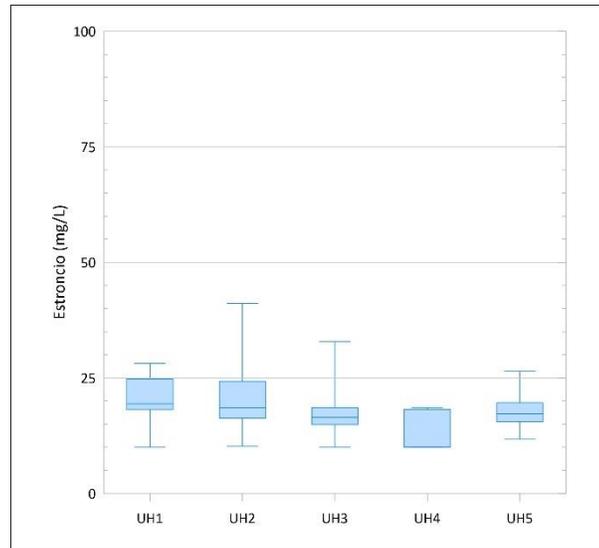


Figura 3-24. Diagrama de caja para los valores de Estroncio medido en las diferentes unidades

El Fe es uno de los elementos menores que presenta la mayor cantidad de muestras por debajo del límite de detección, con 189 muestras de 335 y en donde la UH 3 es la que presenta la mayor cantidad de muestras con tenores no detectables, con 105 muestras de 167, equivalente al 63% de las muestras por debajo de su límite, mientras que la UH 5 es la que presenta la menor cantidad de muestras por debajo de su límite, con 15 muestras de 62 (24%). Por otra parte, las mayores concentraciones de Fe se presentan en las UH 5 y UH 3, con concentraciones de 142 y 115 mg/L respectivamente. Por este motivo, no se presenta el diagrama de caja para dicho elemento.

### 3.4.6 Índices de Saturación

Los índices de saturación (IS) se utilizan para determinar si un agua, bajo ciertas condiciones termodinámicas, en especial la naturaleza del soluto, la temperatura, la presión y la presencia o ausencia de otros solutos que pudieran interactuar químicamente, tiende a precipitar o disolver un mineral en particular. Un valor negativo es indicativo de que un mineral puede ser disuelto, mientras que un valor positivo señala que éste debe precipitar, y si éste es 0, es que el mineral se encuentra en equilibrio con el agua. Para calcular el valor del IS, se debe determinar el valor del producto de la actividad de los iones disueltos (IAP), y su relación con su solubilidad, expresada por la constante de equilibrio ( $K_{ps}$ ), mediante la siguiente razón:

$$IS = \log \left( \frac{[IAP]}{[K_{ps}]} \right)$$

Con el uso del programa Phreeqc (Parkhurst y Appelo, 2013), se calculó el IS para los siguientes minerales: anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), halita ( $\text{NaCl}$ ), magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) y silvita ( $\text{KCl}$ ), utilizando para ello la base de datos termodinámica denominada Pitzer.dat e ingresando las concentraciones de los siguientes iones: bicarbonato, calcio, carbonato, cloruro, litio, magnesio, potasio, sodio y sulfato. Así mismo, y dada la naturaleza de las aguas subterráneas analizadas, las cuales presentan una densidad en torno a 1,2 mg/mL, para el cálculo del IS de los diferentes minerales, junto con las concentraciones de los diferentes iones, se ingresa la densidad medida en laboratorio, el valor de pH medido en laboratorio y la temperatura medida al momento de obtener la muestra. Si bien el programa Phreeqc permite calcular el IS para 45 fases minerales con la base de datos termodinámica ingresada y con los iones en solución utilizados, sólo se presentarán los mencionados anteriormente por ser minerales ampliamente distribuidos, y que se conoce están presentes en ambientes salinos. Los resultados obtenidos se presentan en el **Anexo C** mientras que la **Figura 3-25** presenta los valores de IS obtenidos.

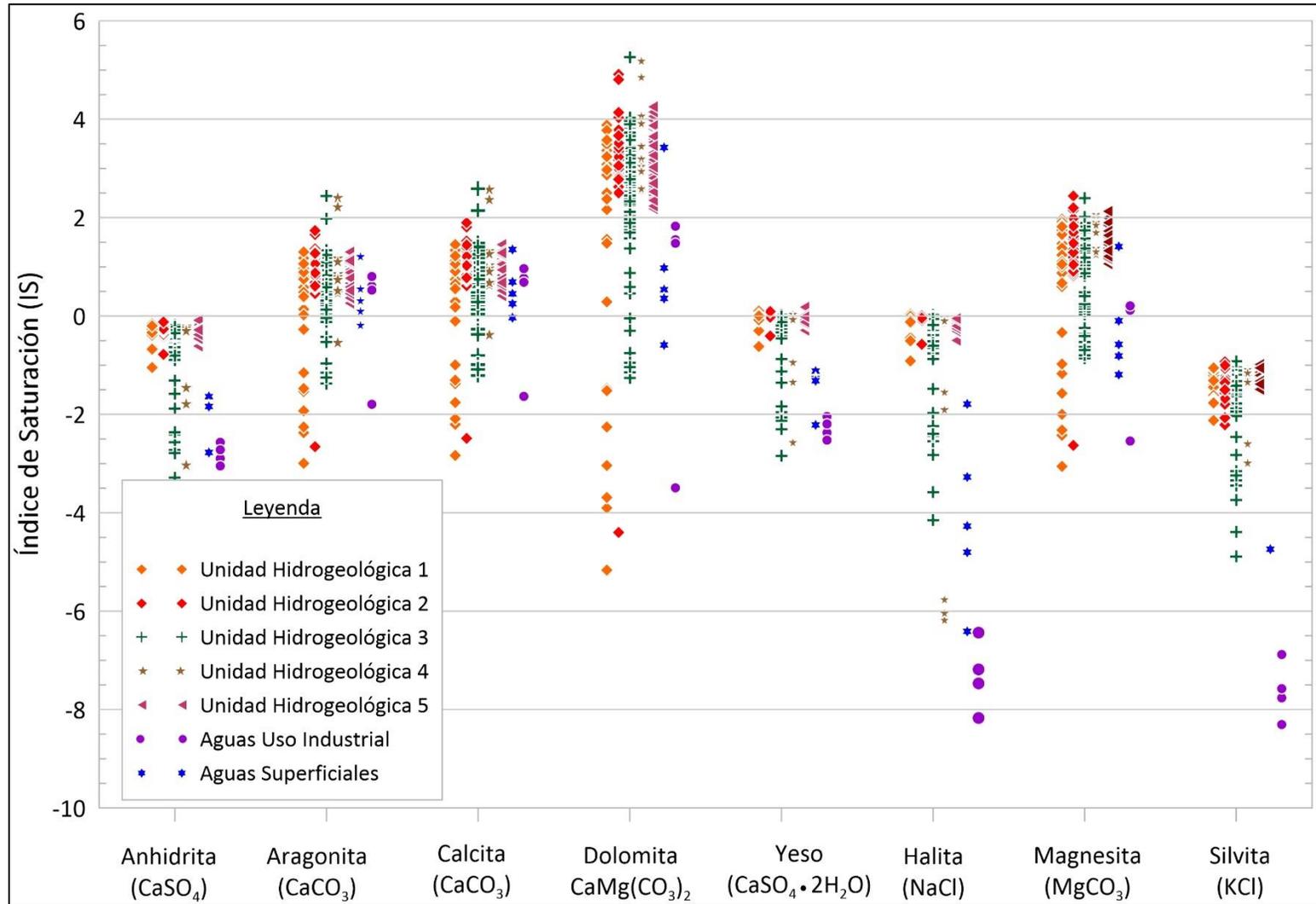


Figura 3-25. Índices de Saturación para los diferentes minerales analizados

A partir de esta figura, es posible apreciar que para la anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ), la totalidad de las muestras, a excepción de las muestras de agua para uso industrial, presentan valores cercanos a 0 o negativos, y en donde las muestras que presentan un IS cercano al equilibrio corresponden a las pertenecientes a las UH 1, UH 2 y UH 5, mientras que parte de las muestras pertenecientes a las UH 3 y UH 4 presentan los valores más bajos de IS, en conjunto con las muestras de aguas superficiales. Las aguas para uso industrial presentan valores de IS negativo para la totalidad de las muestras, por lo que, para dichas muestras, se tendrá la disolución de este mineral. El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), presenta una tendencia similar a la anhidrita, en la cual los valores de IS cercanos al equilibrio termodinámico (valores cercanos a 0) corresponden a las muestras pertenecientes a las UH 1, UH 2 y UH 5, mientras que los valores más bajos se dan en las UH 3 y UH 5 y en las muestras de agua superficial. Al igual que para la anhidrita, las muestras de agua para uso industrial presentan valores negativos, por lo que en caso de que dichas aguas estén en contacto con dicho mineral, éste tenderá a disolverse. En base a los valores obtenidos, la totalidad de las muestras analizadas presentan una tendencia a la disolución de anhidrita o yeso, o bien al equilibrio para dichos minerales.

La aragonita y calcita son minerales polimorfos, lo que quiere decir que ambos poseen la misma composición química ( $\text{CaCO}_3$ ) pero diferente estructura cristalina, siendo la aragonita más soluble que la calcita. A pesar de ello, los IS son similares para ambos minerales, en los cuales la mayoría de las muestras analizadas presentan valores de IS positivo, lo que se traduce en que sería posible la precipitación de dichos minerales. Entre las aguas para uso industrial, la muestra correspondiente al pozo PGWW19-07 es la única que presenta valores negativos de IS para ambos minerales, por lo que sólo en dicho caso se tendrá la disolución de estos minerales. Sin embargo, desde el punto de vista termodinámico, en caso de tener valores de IS positivos, se debería a aportes de  $\text{Ca}^{+2}$  mayores a la velocidad de precipitación para dichos minerales. Los posibles procesos que podrían explicar la abundancia de calcio en la solución, por sobre la velocidad de precipitación de la calcita o aragonita corresponderían a la disolución de yeso o bien al intercambio catiónico.

La halita y la silvita, son los principales minerales evaporíticos presente en el Salar de Pastos Grandes, siendo más común la presencia de halita en desmedro de la silvita. La halita presenta valores de IS cercano al equilibrio termodinámico para la totalidad de las unidades hidrogeológicas y con valores negativos de hasta -6 para las UH 3 y UH 4, los que a su vez corresponden a las UH que presentan las muestras con menor salinidad. Las muestras de agua superficial, por su parte, presentan valores de IS negativo para la totalidad de las muestras analizadas. Las muestras de agua para uso industrial, por su parte, presentan valores negativos de IS tanto para la halita como para la silvita, por lo que, en dichos casos, se tendrá la disolución de estos minerales. La silvita, por su parte, presentan valores de IS negativo para la totalidad de las muestras analizadas, siendo las UH 3 y UH 4 las que presentan los valores más bajos. De las 5 muestras de agua superficial analizada, sólo una de ellas presenta concentraciones de K por sobre el límite de detección, razón por la cual sólo fue posible el cálculo en dicha muestra.

La dolomita y la magnesita corresponden a los únicos minerales que poseen Mg dentro de su composición química. En ambos casos, los valores de IS son positivos para la mayoría de las muestras analizadas, con valores de hasta +5 para el caso de la dolomita. Debido a que desde el punto de vista termodinámico no es posible obtener dichos valores, y que la dolomita se origina por procesos diagenéticos, esto implica que, en caso de existir dicho mineral, éste no se disolvería.

## 4 RESULTADOS: MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA

---

### 4.1 Interacciones agua subterránea – agua subterránea

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, en el Salar de Pastos Grandes se recolectó un total de 339 muestras de agua subterránea, de las cuales 335 de ellas fueron obtenidas con el método de packer a profundidades comprendidas entre 7 a 641 m, mientras que 4 de ellas fueron obtenidas a partir de ensayos hidráulicos. Así mismo, trabajos realizados en el área de estudio (M&A, 2019) señalan que la dirección de flujo preferente es hacia el centro del salar, y en donde los pozos ubicados en el lado norte fluyen hacia el salar.

En base a los valores de conductividad eléctrica medidos en las diferentes muestras de agua subterránea, es posible apreciar que la totalidad de las muestras obtenidas en el sector centro y sur del salar presentan salinidades correspondientes a salmuera, mientras que para el caso de las muestras ubicadas al norte de éste, existe un aumento en la salinidad en dirección norte – sur, en donde las muestras ubicadas más al norte del salar, como es el caso de la muestra del pozo PGWW19-07, presentan valores de CE correspondientes a agua dulce o de baja salinidad, y en donde su valor aumenta hacia el sur, siendo la muestra más cercana al salar la que presenta los mayores valores de CE.

Así mismo, en el margen norte del salar, existe un aumento de la CE en profundidad, en donde las muestras más someras son las que presentan los menores valores de CE, aumentando en profundidad hasta alcanzar valores correspondientes a salmuera. Durante el movimiento de las aguas subterráneas, éstas interactúan con la litología y se producen diferentes procesos que afectan su composición química. Los principales procesos que estas aguas pueden sufrir corresponden a la disolución y/o precipitación de minerales, principalmente de minerales evaporíticos o carbonáticos, oxidación, intercambios catiónicos o procesos de exsolución de CO<sub>2</sub>. Otros posibles procesos que pueden modificar la composición hidroquímica de las aguas subterráneas corresponden a procesos de intercambio o de disolución de minerales silicatados. Sin embargo, y

debido a que los análisis efectuados no consideran el análisis de Si, no es posible simular aquellos procesos que lo incluyan.

Con el objeto de determinar los posibles procesos que explican la composición hidroquímica de las aguas subterráneas, así como aquellos más relevantes, se efectuaron diferentes modelaciones inversas con el uso del programa Netpath (Plumer et. al., 1991). Estas modelaciones permitieron comparar una o varias composiciones iniciales y una composición final, y en base a diferentes procesos hidroquímicos, determinar cuáles de ellos son los que explican la composición final. En base a los resultados de laboratorio disponible, se utilizaron los siguientes elementos químicos, como restricciones para las diferentes simulaciones:

- Carbono
- Azufre
- Calcio
- Magnesio
- Sodio
- Potasio
- Cloro

Por otra parte, y en base a los resultados químicos disponibles, y en base al ambiente evaporítico bajo el cual se está trabajando, se utilizarán los siguientes procesos o fases, los cuales pueden tanto precipitar como disolverse:

- Calcita
- $\text{CO}_2$  (g)
- Dolomita
- Intercambio catiónico  $\text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+$
- Yeso
- Intercambio catiónico  $\text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+$
- Silvita

La dolomita ha sido considerada a pesar de no contar con evidencia de su presencia, por ser un material característico de estos ambientes a efectos de obtener modelos que podrían ser en el futuro re analizados a la luz de nuevos estudios. Antecedentes de la consideración de dolomita en ambientes similares se encuentran en el Salar de Atacama (Boschetti et al., 2006; Estrada, 2016).

Las simulaciones a realizar tienen por objetivo validar modelos conceptuales de flujo y la hidroquímica general del salar, mediante balances de masas químicos con sustento termodinámico. A la vez estos modelos permiten identificar los principales procesos geoquímicos que tiene lugar, lo cual puede tener aplicación también para evaluaciones particulares en la explotación del mismo.

El modelo evolutivo conceptual que resulta de las distribuciones de salinidad y facies hidroquímicas indican entradas de agua de baja salinidad desde su margen norte hacia el salar (M&A, 2019). Si bien se asume que existe una entrada de agua dulce desde su margen este, no se dispone de muestras de agua subterránea que permita corroborar esta hipótesis. Así mismo, al no disponer de una topografía de detalle tanto del salar como de los pozos de exploración diamantina perforados, no es posible determinar con exactitud el movimiento y dirección de las aguas subterráneas previo a su ingreso al salar. Sin embargo, los estudios realizados en el salar (M&A, 2019), señalan que el flujo preferente de las aguas subterráneas presenta dirección norte – sur, y en donde las aguas subterráneas se desplazan por el abanico aluvial ubicado al norte del salar de Pastos Grandes. Por el lado este, si bien no se dispone de información que permita corroborar el desplazamiento de las aguas subterráneas, se asume que ésta se desplazan hacia el salar a través de pequeños abanicos aluviales ubicados entre el salar y los cordones montañosos localizados al este. Por el lado oeste del salar, no se dispone de información que permita corroborar la existencia de aportes de agua subterránea por dicho sector. Sin embargo, y debido a la geomorfología imperante en dicha zona, la cual corresponde principalmente a cordones montañosos, se asume que no existirían aportes de agua subterránea, pero no se descarta la existencia de aportes de aguas superficiales.

Según los modelos conceptuales elaborados, consistentes en general en un flujo desde los bordes hacia el centro del salar y con mayores aportes de agua dulce desde la margen norte, las simulaciones realizadas son las siguientes:

**Simulación 1:** Representa los diferentes procesos que sufren las aguas subterráneas antes de ingresar al salar, así como los procesos que éstas sufren una vez que ingresan al salar.

- PGWW19-07 → PGWW19-02 → PGWW18-01 → PGMW17-03

**Simulación 2:** Explica los cambios composicionales de las aguas subterráneas de baja salinidad a salobres que se reconocen al norte del salar previo a su ingreso a éste

- PGWW19-02 → PGMW19-22 → PGMW17-01 → PGMW16-01

**Simulación 3:** Explica los cambios composicionales de las aguas subterráneas de baja salinidad a salobres que se reconocen al norte del salar previo a su ingreso a éste siguiendo otra vía de movimiento de las aguas subterráneas

- PGWW19-02 → PGWW19-03 → PGMW17-11 → PGMW17-10

La **Figura 4-1** presenta la dirección y ubicación de dichas simulaciones.

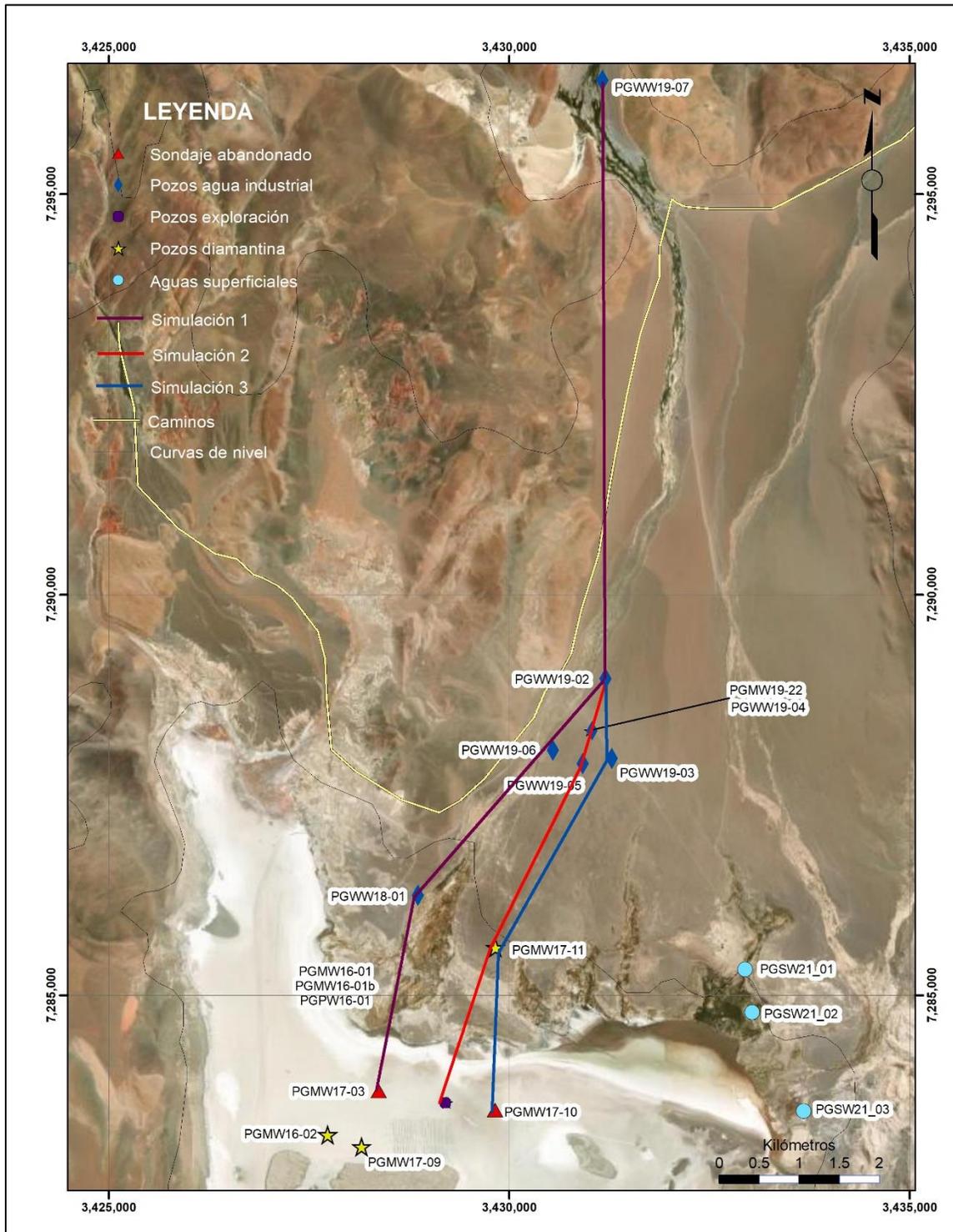


Figura 4-1. Mapa de ubicación de las simulaciones a realizar

#### 4.1.1 Simulación 1: PGWW19-07 → PGWW19-02 → PGWW18-01 → PGMW17-03

Esta simulación permitió determinar los posibles procesos que expliquen los cambios en la hidroquímica de las aguas subterráneas de baja salinidad, en la cual el punto de partida corresponde al pozo PGWW19-07, ubicado en las cercanías del poblado de Pastos Grandes para luego continuar con los pozos PGWW1-02 y PGWW18-01, ubicados en el margen norte del salar, y en la zona del campo de pozos de agua para uso industrial. El siguiente paso de esta simulación consiste en explicar los procesos que sufre el agua subterránea una vez que ingresa al salar, y en la cual se utilizará el pozo PGMW17-03 como punto final de esta simulación. Para el caso de los pozos PGWW18-01, PGWW19-02 y PGWW19-07, las muestras fueron obtenidas a partir de los ensayos hidráulicos realizados en cada uno de estos pozos, mientras que para el caso de la muestra PGMW17-03, ésta fue obtenida a una profundidad de 127 m, utilizando el método de packer.

En los valores de CE, se aprecia un leve aumento en los tres primeros pozos, en la cual la muestra inicial (PGWW19-07) presenta un valor de 231 microSiemenes por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), para luego aumentar a 301 y 672  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para los pozos PGWW19-02 y PGWW18-01 respectivamente. Posteriormente, tiene lugar un fuerte aumento de la CE para el pozo PGMW17-03, el cual corresponde al pozo final de esta simulación y que presenta un valor de CE de 192,2 mS/cm, correspondiente a muestra de salmuera, lo cual es concordante con el hecho de que esta última muestra se ubica en el salar.

El primer paso de esta simulación consiste en explicar los procesos que producen el cambio composicional entre la muestra PGWW19-07 y la muestra PGWW19-02. En base a los elementos ingresados y procesos involucrados, se obtuvieron 4 posibles modelos. La **Tabla 4-1** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-1. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-07 – PGWW19-02

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl | Silvita | Yeso |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|-------|---------|------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |       |         |      |
| Modelo 1      | -0,58   | -0,34               | 0,17     | -0,08        | ----         | 0,72  | 0,03    | 0,24 |
| Modelo 2      | -0,43   | -0,34               | 0,09     | ----         | -0,08        | 0,72  | 0,03    | 0,24 |
| Modelo 3      | -0,25   | -0,34               | ----     | 0,09         | -0,17        | 0,72  | 0,03    | 0,24 |
| Modelo 4      | ----    | -0,34               | -0,13    | 0,22         | -0,29        | 0,72  | 0,03    | 0,24 |

En base a los resultados obtenidos, se selecciona el modelo 3 como el más verosímil para explicar la variación composicional de dichas muestras, pues este modelo es el que permite explicar los diferentes elementos mayoritarios que componen ambas muestras. Este modelo, a su vez, es el único que no incluye a la dolomita dentro de los posibles procesos. Si bien la dolomita corresponde a un mineral evaporítico cuya presencia es común en los salares, la misma no fue observada en las descripciones macroscópicas. De todas formas, se ha optado por incluir modelos con dolomita por si hallazgos en el futuro llevaran a modificar el análisis, indicando la necesidad de considerar este proceso.

El valor de delta obtenido corresponde a la cantidad de moles que se transfieren de la fase sólida a la solución, o viceversa. Un valor de delta positivo implica que dichos elementos están entrando a la solución, mientras que un valor negativo implica que dichos elementos están saliendo de la solución, ya sea mediante procesos de precipitación de minerales o por procesos de adsorción.

Los resultados obtenidos indican que el principal proceso corresponde a la disolución de halita, seguido de la exsolución de CO<sub>2</sub> (g) y de la precipitación de calcita y la disolución de yeso. En menor medida, otro de los procesos involucrados corresponde a la disolución de silvita. Dentro de los intercambios catiónicos que permiten explicar la variación composicional de las aguas subterráneas, el principal proceso es el intercambio entre el Mg<sup>2+</sup> y el Na<sup>+</sup>. Debido a que este intercambio presenta un valor negativo de delta, el Na<sup>+</sup> es adsorbido mientras que el Mg<sup>2+</sup> es liberado. El último proceso involucrado consiste en el intercambio catiónico entre el Na<sup>+</sup> y el Ca<sup>2+</sup>,

en donde se presenta un valor positivo de delta, por lo que el  $\text{Na}^+$  es liberado mientras que el  $\text{Ca}^{2+}$  es absorbido.

Posteriormente, se realiza la siguiente simulación la cual considera el pozo PGWW19-02 como pozo inicial y el pozo PGWW18-01 como pozo final. Los parámetros para la simulación son los mismos que para la simulación anterior. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 4-2**.

Tabla 4-2. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-02 – PGWW18-01

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl | Silvita | Yeso |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|-------|---------|------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |       |         |      |
| Modelo 1      | 0,20    | 1,57                | -0,06    | 0,94         | ----         | 1,78  | 0,18    | 0,81 |
| Modelo 2      | -1,67   | 1,57                | 0,87     | ----         | 0,93620      | 1,78  | 0,18    | 0,81 |
| Modelo 3      | 0,072   | 1,57                | ----     | 0,87         | 0,06402      | 1,78  | 0,18    | 0,81 |
| Modelo 4      | ---     | 1,57                | 0,04     | 0,84         | 0,10011      | 1,78  | 0,18    | 0,81 |

En base a los resultados obtenidos, y con el objeto de dar consistencia con el modelo de la etapa anterior, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para la misma, en donde, al igual que para el caso anterior, los principales procesos que explican esta nueva variación composicional corresponden a la disolución de halita y la exsolución de CO<sub>2</sub> (g). Los siguientes procesos que permiten explicar esta variación composicional corresponden al intercambio catiónico  $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ , en donde el  $\text{Na}^+$  es liberado mientras que el  $\text{Ca}^{2+}$  es adsorbido y la disolución de yeso y en menor medida la disolución de silvita.

Los otros procesos involucrados, los cuales son de menor relevancia con respecto a los antes mencionados, corresponden a la disolución de calcita y al intercambio catiónico  $\text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+$ , el cual presenta un valor positivo de delta, por lo que el  $\text{Na}^+$  es liberado mientras que el  $\text{Mg}^{2+}$  es adsorbido. En esta etapa, a su vez, se produce un incremento en la cantidad de moles que se disuelven, así como la cantidad de moles que se intercambian.

La siguiente y última etapa de esta primera simulación corresponde a la interacción entre el pozo PGWW18-01, ubicado en el borde norte del salar y el pozo PGMW179-03, dentro del

mismo, y en el cual las características de las aguas subterráneas corresponden a salmuera. Los resultados de esta simulación se presentan en la **Tabla 4-3**.

Tabla 4-3. Resultados simulación (en mol/L) PGWW18-01 – PGMW17-03

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl    | Silvita | Yeso  |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|----------|---------|-------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |          |         |       |
| Modelo 1      | ----    | 9,51                | 5,79     | 42,66        | -124,18      | 7.821,48 | 135,52  | 68,02 |
| Modelo 2      | 248,36  | 9,51                | 129,97   | -81,52       | ----         | 7.821,48 | 135,52  | 68,02 |
| Modelo 3      | -85,32  | 9,51                | 48,44    | ----         | -81,52       | 7.821,48 | 135,52  | 68,02 |
| Modelo 4      | 11,57   | 9,51                | ----     | 48,44        | -129,97      | 7.821,48 | 135,52  | 68,02 |

En base a los resultados obtenidos, para esta última etapa se selecciona el modelo 4 como el modelo más representativo. De acuerdo con los resultados obtenidos, se tiene que los principales procesos corresponden a la disolución de halita y de silvita, lo cual es consistente con el cambio de aguas de baja salinidad a aguas del tipo salmuera. Así mismo, se produce la disolución de yeso y disolución de calcita pero con valores de delta de un orden de magnitud menor. Referente a los intercambios catiónicos, se tiene que para el caso  $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ , el  $\text{Na}^+$  es liberado mientras que el  $\text{Ca}^{2+}$  es adsorbido y para el caso del intercambio  $\text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+$ , éste presenta un valor negativo, por lo que el  $\text{Na}^+$  es adsorbido mientras que el  $\text{Mg}^{+2}$  es liberado. Nótese que en el balance neto de la combinación de los procesos de intercambio, el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Ca}^{+2}$  son adsorbidos y el  $\text{Mg}+2$  es liberado a la solución.

Las simulaciones efectuadas han permitido determinar los procesos que sufren las aguas subterráneas antes de ingresar al salar, así como los que tienen lugar una vez que ingresan al mismo. Los principales procesos involucrados corresponden a la disolución de minerales evaporíticos tales como la halita, silvita y yeso, y en donde a medida que las aguas se acercan al salar, se produce un incremento en la cantidad de moles que deben disolverse, produciendo un aumento significativo una vez que las aguas ingresan al salar, lo cual es consistente con el hecho de que estas aguas de baja salinidad pasan a salmuera. Si bien la litología reconocida en los pozos de exploración para uso industrial corresponde a sedimentos tales como arenas y gravas, no se descarta la existencia de dichos minerales evaporíticos. Para el caso de la calcita, se tiene que sólo

en el primer paso de la simulación se produce la precipitación mientras que para los siguientes pasos este mineral se disuelve. Si bien en las descripciones litológicas efectuada no se reconoció la existencia de calcita, se ha reconocido la existencia de carbonatos principalmente en la UH 1 (arcillas). Para el caso del  $\text{CO}_{2(g)}$ , se tiene que en todas las etapas de esta simulación se produce la exsolución de este gas.

#### 4.1.2 Simulación 2: PGWW19-02 → PGMW19-22 → PGMW17-11 → PGMW16-01

Esta nueva simulación permitirá complementar los cambios composicionales de las aguas subterráneas previo a su ingreso al salar, así como los procesos que ocurren una vez que estas aguas ingresan. Esta nueva simulación a su vez considera a pozos que presentan un mayor aumento en sus valores de CE previo al ingreso al salar. Así, los pozos PGWW19-02, PGMW19-22 y PGMW17-11 presentan valores de 0,3; 1,2 y 15 mS/cm respectivamente. Si bien la distancia entre los pozos PGMW19-22 y PGMW17-11 es de 2.970 m, el aumento en sus valores de CE se podría explicar por la profundidad a la cual se obtuvo cada muestra, pues de acuerdo a las diferentes muestras obtenidas, tanto en el pozo PGMW19-22 como en el pozo PGMW17-11 existe un aumento en la conductividad con la profundidad.

La muestra del pozo PGWW19-02 se obtuvo a partir de ensayos hidráulicos, mientras que, para los otros pozos, las muestras fueron obtenidas con el método de packer a profundidades de 108, 111 y 107,5 m respectivamente.

En una primera instancia, se procede a simular los posibles procesos que expliquen el cambio composicional entre la muestra del pozo PGWW19-02 y la muestra del pozo PGMW19-22. Para ello, se utilizarán las mismas restricciones y procesos que en la simulación anterior. En base a los elementos ingresados y procesos involucrados, se obtuvieron 4 posibles modelos. La **Tabla 4-4** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-4. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-02 – PGMW19-22

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl | Silvita | Yeso |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|-------|---------|------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |       |         |      |
| Modelo 1      | 2,41    | 2,52                | 0,03     | 2,96         | ----         | 4,82  | 0,36    | 0,37 |
| Modelo 2      | -3,51   | 2,52                | 2,99     | ----         | 2,96         | 4,82  | 0,36    | 0,37 |
| Modelo 3      | 2,46    | 2,52                | ----     | 2,99         | -0,03        | 4,82  | 0,36    | 0,37 |
| Modelo 4      | ----    | 2,52                | 1,23     | 1,76         | 1,20         | 4,82  | 0,36    | 0,37 |

En base a los resultados de los diferentes modelos obtenidos, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para explicar la evolución de estas aguas subterráneas. Al igual que para la simulación 1, si bien no se descarta la existencia de dolomita a nivel microscópico, ésta no se ha reconocido a nivel macroscópico.

Con el modelo seleccionado, se tiene que los principales procesos que expliquen la variación composicional de las aguas subterráneas corresponden a la disolución de minerales evaporíticos, siendo en orden de relevancia la disolución de halita, yeso, silvita y calcita. Para el caso del CO<sub>2(g)</sub>, éste presenta un valor positivo, por lo que dicho gas se incorpora a la solución. Para el caso de los intercambios catiónicos, el más relevante es el intercambio Na<sup>+</sup> / Ca<sup>2+</sup>, en donde el Na<sup>+</sup> es liberado mientras que el Ca<sup>2+</sup> es adsorbido. El intercambio Mg<sup>2+</sup> / Na<sup>+</sup> es el proceso menos relevante de todos, con un valor de delta de -0,028. Este valor negativo implica que el Na<sup>+</sup> es adsorbido mientras que el Mg<sup>2+</sup> es liberado.

El siguiente paso de esta simulación corresponde a aquella que explique el cambio composicional entre los pozos PGMW19-22 y PGMW17-11. Para ello, se utilizarán los mismos elementos y procesos que en la simulación anterior. Con ello, se obtienen 4 posibles modelos que expliquen dichos cambios. La **Tabla 4-5** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-5. Resultados simulación (en mol/L) PGMW19-22 – PGMW17-11

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl  | Silvita | Yeso |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|--------|---------|------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |        |         |      |
| Modelo 1      | -6,49   | -1,44               | 2,57     | -2,54        | ----         | 121,71 | 2,80    | 2,06 |
| Modelo 2      | -1,40   | -1,44               | 0,03     | ----         | -2,54        | 121,71 | 2,80    | 2,06 |
| Modelo 3      | -1,34   | -1,44               | ----     | 0,03         | -2,57        | 121,71 | 2,80    | 2,06 |
| Modelo 4      | ----    | -1,44               | -0,67    | 0,70         | -3,24        | 121,71 | 2,80    | 2,06 |

A partir de los diferentes modelos obtenidos, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para explicar esta evolución, en donde el principal proceso corresponde a la disolución de halita, lo que a su vez permite explicar el incremento en los valores de CE de ambas muestras, seguido de la disolución de silvita y de yeso. La calcita, por su parte tiende a la precipitación, mientras que para el CO<sub>2(g)</sub>, se produce procesos de exsolución. Referente a los procesos de intercambio catiónico, el más relevante corresponde al Mg<sup>2+</sup> / Na<sup>+</sup>, en donde el Na<sup>+</sup> es adsorbido mientras que el Mg<sup>2+</sup> es liberado. El intercambio catiónico entre Na<sup>+</sup> / Ca<sup>2+</sup> es el proceso menos relevante de todos, con un valor de delta de 0,03010, y en donde el Na<sup>+</sup> es liberado mientras que el Ca<sup>2+</sup> es adsorbido.

La última etapa de esta simulación corresponde al cambio composicional entre los pozos PGMW17-11 y el pozo PGMW16-01. Este último paso permitirá explicar los procesos que expliquen el cambio composicional de aguas salobres a salmuera. Los resultados de la simulación obtenida se presentan en la **Tabla 4-6**.

Tabla 4-6. Resultados simulación (en mol/L) PGMW17-11 – PGMW16-01

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl    | Silvita | Yeso   |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|----------|---------|--------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |          |         |        |
| Modelo 1      | -338,02 | 8,06                | 173,01   | -64,33       | ----         | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| Modelo 2      | -209,36 | 8,06                | 108,67   | ----         | -64,33       | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| Modelo 3      | 7,99    | 8,06                | ----     | 108,67       | -173,01      | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| Modelo 4      | ----    | 8,06                | 3,99     | 104,68       | -169,01      | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |

Con los resultados obtenidos, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para esta etapa de la simulación. El principal proceso, y lo cual es concordante con el cambio en la calidad de estas aguas es la disolución de halita, lo que a su vez permite explicar el aumento en los valores de CE. Junto con la disolución de halita, en orden de importancia se produce la disolución de silvita y de yeso, mientras que la disolución de calcita es la menos relevante dentro de los procesos de disolución.

El intercambio catiónico de mayor importancia corresponde al de  $Mg^{2+} / Na^{+}$ , en donde el  $Na^{+}$  es adsorbido mientras que el  $Mg^{2+}$  es liberado mientras que para el caso del intercambio  $Na^{+} / Ca^{2+}$ , el  $Na^{+}$  es liberado mientras que el  $Ca^{2+}$  es adsorbido. El proceso de menor relevancia en este paso de la simulación corresponde al  $CO_{2(g)}$ .

Esta ha permitido determinar los posibles procesos que expliquen el cambio composicional de las aguas subterráneas, las que, a diferencia de la simulación anterior, éstas pasan de aguas de baja salinidad a aguas salobres previo a su ingreso al salar, en donde el agua pasa a salmuera. Así, se tiene que los principales corresponden a la disolución de minerales evaporíticos, siendo los más relevantes la disolución de halita, silvita y yeso, mientras que para el caso de la calcita, ésta tiende a precipitar o disolverse, dependiendo de la etapa. Así mismo, y a medida que aumenta la salinidad de las muestras, aumenta la cantidad de moles que se debe disolver. Referente a los procesos de intercambio catiónico, se tiene que el intercambio  $Na^{+} / Ca^{2+}$ , en todas las etapas el  $Na^{+}$  es liberado mientras que el  $Ca^{2+}$  es adsorbido mientras que para el intercambio  $Mg^{2+} / Na^{+}$ , el  $Na^{+}$  es adsorbido y el  $Mg^{2+}$  es liberado. En el balance neto entre ambos intercambios, es  $Na^{+}$  es adsorbido. Los procesos de exsolución de  $CO_{2(g)}$  es de los procesos de menor relevancia en esta simulación.

### 4.1.3 Simulación 3: PGWW19-02 → PGWW19-03 → PGMW17-11 → PGMW17-10

Esta simulación, al igual que las anteriores, permitirá explicar los cambios composicionales de las aguas subterráneas de baja salinidad a salobres que se reconocen al norte del salar previo a su ingreso a éste. Si bien se ha determinado que el flujo de las aguas subterráneas es de norte a sur (M&A, 2019), al no contar con una topografía de detalle no es posible determinar la dirección exacta del movimiento de estas aguas. Por este motivo, permitirá explicar las variaciones composicionales con las diferentes posibles direcciones de flujo.

Así, esta simulación considera los cambios que se producen entre los pozos PGWW19-02, PGWW19-03, PGMW17-11 todos ellos ubicados al norte del salar, y finalmente con el pozo PGMW17-10, ubicado en el salar por su extremo norte. Si bien el pozo PGMW17-10 no presenta la misma composición que las muestras del pozo PGMW17-03 o del pozo PGMW16-01, todas ellas corresponden a muestras de salmuera. Las muestras de los pozos PGWW19-02 y PGWW19-03 corresponden a muestras obtenidas durante ensayos hidráulicos, y en donde estos pozos tienen profundidades de 56 m, con sus tramos ranurados en los intervalos 29 – 53 y 17 – 53 m respectivamente. La muestra de los pozos PGMW17-10 y PGMW17-11, por su parte, fueron obtenidas con el método de packer, a intervalos de 103 – 104,7 y 108 – 109,7 m respectivamente. En cuanto a los valores de CE, las primeras 2 muestras, correspondiente a los pozos PGWW19-02 y PGWW19-03 presentan valores similares, del orden de 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras que la muestra del pozo PGMW17-11 presenta un valor de 15 mS/cm y la última muestra, correspondiente al pozo PGMW17-10, presenta un valor de CE de 179,3 mS/cm, lo cual corresponde a una muestra de salmuera.

La primera simulación considera los cambios composicionales entre las muestras PGWW19-02 y PGWW19-03. En base a los parámetros obtenidos y procesos incluidos, se obtuvieron 4 modelos. La **Tabla 4-7** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-7. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-02 – PGWW19-03

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl | Silvita | Yeso |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|-------|---------|------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |       |         |      |
| Modelo 1      | 0,29    | 0,13                | -0,04    | 0,25         | ----         | 0,22  | 0,03    | 0,12 |
| Modelo 2      | -0,21   | 0,13                | 0,21     | ----         | 0,25         | 0,22  | 0,03    | 0,12 |
| Modelo 3      | 0,21    | 0,13                | ----     | 0,21         | 0,04         | 0,22  | 0,03    | 0,12 |
| Modelo 4      | ----    | 0,13                | 0,10     | 0,11         | 0,14         | 0,22  | 0,03    | 0,12 |

Los 4 modelos obtenidos presentan el mismo valor de delta para las fases CO<sub>2(g)</sub>, Na/Cl, silvita y yeso, la diferencia entre ellos radica en los valores de delta del intercambio, así como de la calcita y la dolomita. En base a estos resultados, así como a la descripción litológica realizada en los pozos donde se obtuvo la muestra, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para esta parte del modelo.

Así, se tiene que los principales procesos que explican esta variación composicional corresponden a la disolución de minerales evaporíticos, los que en orden de importancia corresponden a halita, calcita, yeso y silvita, y en donde la disolución de silvita es significativamente menor con respecto a los otros minerales. Referente a los intercambios catiónicos, el más relevante es el intercambio Na<sup>+</sup> / Ca<sup>2+</sup> (Na<sup>+</sup> es liberado mientras que el Ca<sup>2+</sup> es adsorbido) y el intercambio Mg<sup>2+</sup> / Na<sup>+</sup> es significativamente menor (Na<sup>+</sup> es liberado mientras que el Mg<sup>2+</sup> es adsorbido).

El siguiente paso de esta simulación corresponde a aquella que explique el cambio composicional entre los pozos PGWW19-03 y PGMW17-11. Al utilizar los mismos elementos y procesos que en la simulación anterior, se obtienen 4 posibles modelos. La **Tabla 4-8** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-8. Resultados simulación (en mol/L) PGWW19-03 – PGMW17-11

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl  | Silvita | Yeso |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|--------|---------|------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |        |         |      |
| Modelo 1      | -4,37   | 0,95                | 2,64     | 0,17         | ----         | 126,31 | 3,14    | 2,30 |
| Modelo 2      | -4,70   | 0,95                | 2,81     | ----         | 0,17         | 126,31 | 3,14    | 2,30 |
| Modelo 3      | 0,91    | 0,95                | ----     | 2,81         | -2,64        | 126,31 | 3,14    | 2,30 |
| Modelo 4      | 0,95    | 0,95                | 0,45     | 2,35         | 2,30         | 126,31 | 3,14    | 2,30 |

A partir de los resultados obtenidos de las diferentes simulaciones, así como de las descripciones litológicas efectuadas, se selecciona el modelo 3 como el más representativo. Los resultados señalan que el principal proceso involucrado corresponde a la disolución de halita, seguido de la disolución de silvita, yeso y calcita, siendo la disolución de calcita el de menor relevancia dentro de las disoluciones de minerales. Los procesos de intercambio catiónico presentan valores de delta similares, por lo que ambos procesos son relevantes, mientras que el proceso de menor relevancia corresponde a la exsolución de CO<sub>2(g)</sub>.

La última etapa de esta simulación corresponde al cambio entre los pozos PGMW17-11, el cual corresponde a una muestra de agua salobre y el pozo PGMW16-01, el cual corresponde a una muestra de salmuera. En base a los elementos y procesos ingresados, se obtiene 4 modelos, los que se presentan en la **Tabla 4-9**.

Tabla 4-9. Resultados simulación (en mol/L) PGMW17-11 – PGMW16-01

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl    | Silvita | Yeso   |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|----------|---------|--------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |          |         |        |
| Modelo 1      | -338,02 | 8,06                | 173,01   | -64,33       | ----         | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| Modelo 2      | -209,36 | 8,06                | 108,67   | ----         | -64,33       | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| Modelo 3      | 7,99    | 8,06                | ----     | 108,67       | -173,01      | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| Modelo 4      | ----    | 8,06                | 3,99     | 104,68       | -169,01      | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |

A partir de los resultados de las simulaciones obtenidas, y al igual que para casos anteriores, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para esta etapa y en donde, el proceso que permite explicar el aumento de la salinidad de dichas muestras corresponde a la disolución de halita, seguido de la disolución de silvita y yeso, y en muy menor medida a la disolución de Calcita. Los otros procesos involucrados corresponden al intercambio catiónico, siendo el de  $Mg^{2+} / Na^{+}$  el más relevante, y en donde el  $Mg^{2+}$  es liberado mientras que el  $Na^{+}$  es adsorbido, mientras que para el intercambio  $Na^{+} / Ca^{2+}$  ( $Na^{+}$  es liberado mientras que el  $Ca^{2+}$  es adsorbido). El proceso de menor relevancia corresponde a la exsolución de  $CO_{2(g)}$ .

#### 4.1.4 Resumen de simulaciones agua subterránea – agua subterránea

Los diferentes modelos obtenidos han permitido determinar los procesos que expliquen los cambios composicionales que sufren las aguas subterráneas previo a su ingreso al salar, así como los procesos que ocurren cuando ingresan a éste. Para ello, se realizaron 3 diferentes simulaciones o vías evolutivas, en las cuales las primeras etapas de cada simulación corresponden a aguas de baja salinidad para dar paso a aguas consideradas como salobres, mientras que, en la última etapa, se utilizó muestras de agua correspondiente a salmueras.

Para las muestras ubicadas en la margen norte del salar, la litología dominante corresponde a sedimentos clásticos, principalmente arenas y gravas y en donde el agua subterránea se mueve a través de abanicos aluviales. Así mismo, se reconocen otras litologías tales como brechas o arcillas, pero en menor proporción con respecto a las arenas y gravas. Para el caso de las muestras localizadas en el salar mismo, las litologías dominantes corresponden a evaporitas (principalmente halita) y a sedimentos clásticos tales como arenas y arcillas. En profundidad, se reconocen sedimentos clásticos consolidados (areniscas) y aquellos pozos localizados al norte y noroeste del salar, se ha reconocido la presencia de gravas y brechas.

Durante los trabajos de descripción macroscópica de los diferentes testigos de perforación se reconoció la presencia de cristales de yeso y de carbonatos, éstos últimos principalmente en las arcillas, mientras que en las arenas, se ha reconocido la presencia de cristales de pirita ( $\text{FeS}_2$ ) y de biotitas ( $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F}, \text{OH})_2$ ). Sin embargo, en las diferentes simulaciones realizadas no se consideraron dichos minerales, debido a que la pirita no es mineral dominante dentro de la mineralogía presente. Para el caso de las biotitas, éstas no se consideraron por su baja solubilidad en relación a otros minerales, y por la ausencia de análisis químicos de Si.

Por este motivo, las simulaciones efectuadas consideran procesos asociados al ambiente de salar, como son la disolución o precipitación de minerales evaporíticos, carbonáticos o sulfatados así como procesos de intercambio catiónico.

Las simulaciones realizadas han permitido determinar los principales procesos que sufren las aguas subterráneas. Así mismo, y a medida que estas aguas aumentan su salinidad, lo cual se refleja por el aumento en la CE, los procesos que explican estos cambios composicionales no varían, sólo se modifica la cantidad de moles involucrados. La **Tabla 4-10** resume los resultados de las diferentes simulaciones efectuadas.

Tabla 4-10. Resumen de las simulaciones realizadas

| Paso   | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Na/Cl    | Silvita | Yeso   |
|--|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|----------|---------|--------|
| Delta  |         |                     |          |              |              |          |         |        |
| <b>SIMULACIÓN 1: PGWW19-07 → PGWW19-02 → PGWW18-01 → PGMW17-03</b> |         |                     |          |              |              |          |         |        |
| PGWW19-07 → PGWW19-02  | -0,25   | -0,34               | ----     | 0,09         | -0,17        | 0,72     | 0,03    | 0,24   |
| PGWW19-02 → PGWW18-01  | 0,07    | 1,57                | ----     | 0,87         | 0,06         | 1,78     | 0,18    | 0,81   |
| PGWW18-01 → PGMW17-03  | 11,57   | 9,51                | ----     | 48,44        | -129,97      | 7.821,48 | 135,52  | 68,02  |
| <b>SIMULACIÓN 2: PGWW19-02 → PGMW19-22 → PGMW17-11 → PGMW16-01</b> |         |                     |          |              |              |          |         |        |
| PGWW19-02 → PGMW19-22  | 2,46    | 2,52                | ----     | 2,99         | -0,03        | 4,82     | 0,36    | 0,37   |
| PGMW19-22 → PGMW17-11  | -1,34   | -1,44               | ----     | 0,03         | -2,57        | 121,71   | 2,80    | 2,06   |
| PGMW17-11 → PGMW16-01  | 7,99    | 8,06                | ----     | 108,67       | -173,01      | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |
| <b>SIMULACIÓN 3: PGWW19-02 → PGWW19-03 → PGMW17-11 → PGMW17-10</b> |         |                     |          |              |              |          |         |        |
| PGWW19-02 → PGWW19-03  | 0,20789 | 0,13                | ----     | 0,21         | 0,04         | 0,22     | 0,03    | 0,12   |
| PGWW19-03 → PGMW17-11  | 0,90894 | 0,95                | ----     | 2,81         | -2,64        | 126,31   | 3,14    | 2,30   |
| PGMW17-11 → PGMW17-10  | 7,98657 | 8,06                | ----     | 108,67       | -173,01      | 6.524,41 | 181,02  | 129,79 |

A partir de esta tabla es posible determinar que independiente de la dirección de la simulación realizada, los principales procesos que explican el cambio composicional de las aguas subterráneas corresponden a la disolución de minerales evaporíticos tales como la halita y la silvita y la disolución de minerales sulfatados como el yeso. Para el caso de los minerales carbonáticos, sólo se seleccionaron modelos que incluyan a la calcita, debido a que éste fue el único mineral que se reconoció en las descripciones macroscópicas realizadas. Si bien es posible la presencia de otros minerales carbonáticos como puede ser la dolomita, ésta no fue incluida como un requisito del modelo, debido a que no se reconoció su existencia en las descripciones realizadas. Sin embargo, de igual manera se consideró como uno de los posibles minerales involucrados en la variación composicional de las aguas subterráneas, de manera de que si a futuro se dispone de mayor

información, se puedan reconsiderar las simulaciones realizadas. La calcita, a diferencia de los otros minerales, es el único que, dentro de los procesos, tiende tanto a precipitar como a disolverse.

Referente a los procesos de intercambio catiónico, el intercambio entre  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$  presenta valores de delta positivo en todas las simulaciones, por lo que en dicho caso el  $\text{Na}^+$  es liberado mientras que el  $\text{Ca}^{2+}$  es adsorbido, mientras que para el caso del intercambio entre el  $\text{Mg}^{2+}$  y el  $\text{Na}^+$ , éste presenta valores de delta tanto positivos como negativo, por lo que el  $\text{Mg}^{2+}$  o se incorpora a la solución o sale de ésta.

## 4.2 Interacciones agua superficial – agua subterránea

En agosto 2018 se realizó una caracterización de los flujos superficiales que alimentan el Salar de Pastos Grandes. En aquella oportunidad, se reconocieron 9 cauces de agua, que al momento de la visita, no presentaban escurrimiento superficial pero si humedad en superficie. También se reconocieron otros 11 cauces de agua con escurrimiento superficial. Tanto los cursos que presentan escurrimiento superficial como aquellos que se encontraban secos o con humedad en superficie se localizan en los sectores norte como este del salar, mientras que por su lado oeste y sur no se reconocieron flujos superficiales. Sin embargo, parte de estos cursos se infiltran previo a su ingreso al salar, mientras que algunos de ellos desembocan en el salar para posteriormente infiltrarse.

En aquellos cursos de agua en que se reconoció un flujo superficial, se efectuó la medición del caudal pasante, utilizando para ello una canaleta Baski de 2” de angostamiento, a excepción de un punto ubicado en el lado este, en el cual se utilizó una canaleta baski con 8” de angostamiento. La canaleta de 2” permite medir caudales de hasta 16 L/s, mientras que la de 8”, permite la medición de caudales de hasta 64 L/s. Junto con la medición de los caudales, se midió in-situ sus parámetros físico-químicos ( $T^\circ$ , pH y CE), utilizando para ello una sonda multiparamétrica marca Myron L, modelo 6p, la cual fue previamente calibrada. La

**Tabla 4-11** presenta las coordenadas y parámetros medidos mientras que la **Figura 4-2** presenta su mapa de ubicación junto con la ubicación de los puntos muestreados y la **Figura 4-3** presenta algunas imágenes de dichos cursos.

Tabla 4-11. Coordenadas y parámetros físico-químico medidos

| ID    | UTM E <sup>a</sup> | UTM N <sup>a</sup> | Elevación<br>(msnm) <sup>b</sup> | Caudal<br>(L/s) <sup>c</sup> | T(°C) <sup>d</sup> | pH               | CE (µS/cm) <sup>e</sup> |
|-------|--------------------|--------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| PG-01 | 3.432.862          | 7.285.013          | 3.787                            | 2,78                         | 13,5               | 9,16             | 1.012                   |
| PG-02 | 3.432.947          | 7.285.305          | 3.794                            | 3,34                         | 16,0               | 9,55             | 1.049                   |
| PG-03 | 3.432.963          | 7.284.818          | 3.791                            | 2,43                         | 16,0               | 9,54             | 896                     |
| PG-04 | 3.433.566          | 7.283.627          | 3.783                            | 0,23                         | 13,6               | 9,20             | 9.835                   |
| PG-05 | 3.433.514          | 7.283.421          | 3.783                            | 0,18                         | 13,7               | 8,97             | 26.120                  |
| PG-06 | 3.433.508          | 7.282.627          | 3.782                            | 1,53                         | 13,7               | 8,91             | 29.250                  |
| PG-07 | 3.432.587          | 7.284.834          | 3.788                            | 2,11                         | --- <sup>f</sup>   | --- <sup>f</sup> | --- <sup>f</sup>        |
| PG-08 | 3.433.317          | 7.282.177          | 3.782                            | 0,57                         | --- <sup>f</sup>   | --- <sup>f</sup> | --- <sup>f</sup>        |
| PG-09 | 3.433.439          | 7.282.299          | 3.785                            | 2,78                         | 13,4               | 8,98             | 25.910                  |
| PG-10 | 3.432.042          | 7.279.394          | 3.790                            | 1,16                         | 15,4               | 9,05             | 15.910                  |
| PG-11 | 3.432.037          | 7.278.901          | 3.791                            | 32,31                        | 17,0               | 9,07             | 4.810                   |

<sup>a</sup>: Coordenadas medidas con GPS navegador, Posgard 94, zona 3

<sup>b</sup>: Elevación medida con GPS navegador, en metros sobre el nivel medio del mar

<sup>c</sup>: Caudal, expresado en litros por segundo

<sup>d</sup>: Temperatura, expresada en °C

<sup>e</sup>: Conductividad eléctrica, expresada en microSiemens por centímetro

<sup>f</sup>: Medición no efectuada

En base a las mediciones de caudal realizado, es posible determinar que el principal aporte de agua superficial hacia el salar corresponde a un curso de agua ubicado en el lado sureste con un caudal de 32 L/s y que corresponde al río Sijes. Los otros flujos reconocidos presentan aportes de entre 0,2 a 3,3 L/s, siendo el río Pastos Grandes, el cual desemboca al salar por su lado norte, otro de los principales aportes. Referente a la salinidad de las muestras, los cursos superficiales provenientes del lado norte son los que presentan los valores más bajos de CE, con valores en torno a 1 mS/cm, mientras que los cursos de agua provenientes desde su lado este, presentan valores de CE de entre 4,8 a 29 mS/cm. Así mismo, e independiente de la ubicación de las muestras de agua superficial, al momento de ingresar al salar éstas se infiltran, no reconociendo cursos de agua que lo atraviesen.

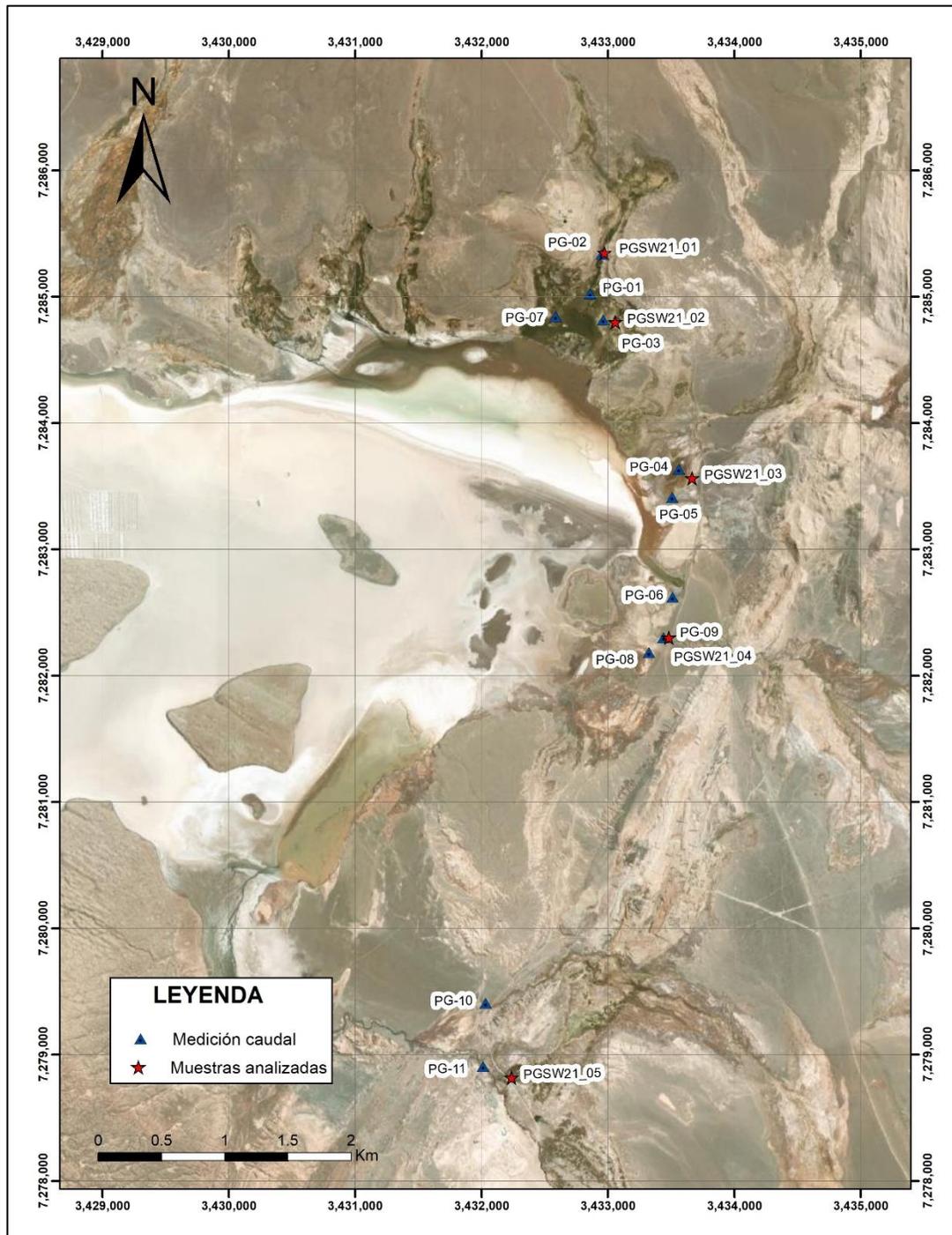


Figura 4-2. Mapa de ubicación de flujos de agua superficial reconocido



Figura 4-3. Imágenes de los flujos superficiales reconocidos

De los flujos de agua superficial reconocidas, en el mes de junio 2021 se efectuó un muestreo de ellas para su análisis químico, en donde se seleccionaron 5 ubicaciones de las previamente reconocidas, de las cuales 2 muestras se localizan en las vertientes reconocidas por el sector norte del salar mientras que las 3 restantes se localizan en su borde este. Todas las muestras fueron analizadas para elementos mayores. Los resultados obtenidos se presentan en el **Anexo B**.

Durante el movimiento de estas aguas superficiales, éstas interactúan tanto con la litología imperante, así como también está afectada por procesos de evaporación. Producto de estas interacciones, se producen diferentes procesos que afectan su composición química, los que corresponderían a la disolución o precipitación de minerales evaporíticos, disolución de minerales sulfúricos o silicatados, oxidación, así como procesos de intercambio catiónico entre otros. Si bien las aguas superficiales interactúan con minerales silicatos (biotitas y micas principalmente) desde sus zonas de recarga hasta la descarga, dichos procesos no serán simulados debido a la ausencia de análisis de Si.

Para determinar los procesos que explican los cambios composicionales de estas aguas superficiales que alimentan las aguas subterráneas del Salar de Pastos Grandes, se realizaron diferentes simulaciones. Dado su carácter influente, las aguas superficiales son uno de los aportes que presentan las aguas subterráneas. Otro de los aportes consiste en la precipitación, la cual por infiltración alimenta las aguas subterráneas. Sin embargo, y dado que no se dispone de análisis químico de la precipitación, sólo se analizaron procesos entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas, utilizando para ello el programa Netpath (Plumer et. al., 1991). Esta modelación permitió comparar una o varias composiciones iniciales y una composición final, y en base a diferentes procesos hidroquímicos, determinar cuáles de ellos son los que explican la composición final. Los elementos químicos a utilizar son los mismos que los utilizados para las simulaciones de aguas subterráneas, mientras que, y debido a la posible interacción con una mineralogía diferente a la presente en las aguas subterráneas, los procesos o fases a utilizar son:

- Calcita
- CO<sub>2</sub> (g)
- Dolomita
- Fe -S
- Intercambio catiónico Ca<sup>2+</sup> / Na<sup>+</sup>
- Yeso
- Intercambio catiónico Mg<sup>2+</sup> / Na<sup>+</sup>
- Silvita

Así mismo, y a diferencia de las aguas subterráneas, la evaporación es otro de los procesos que serán considerados para explicar la variación composicional de estas aguas. Así, y en base a las muestras obtenidas, se realizarán las siguientes simulaciones:

**Simulación 1:** Representa los diferentes procesos que sufren las aguas superficiales previo a su ingreso al salar y que corresponden a las aguas de menor salinidad.

- PGSW21-01 + PGSW21-02 → PGMW17-10

**Simulación 2:** Representa los diferentes procesos que sufren las aguas superficiales provenientes del Este previo a su ingreso al salar y que corresponden a aguas salobres a saladas.

- PGSW21-03 + PGSW21-04 → PGMW17-08

**Simulación 3:** Representa los diferentes procesos que sufren las aguas superficiales provenientes del Sureste previo a su ingreso al salar y que corresponden a aguas salobres.

- PGSW21-05 → PGMW18-20b

La **Figura 4-4** presenta la dirección y ubicación de dichas simulaciones.

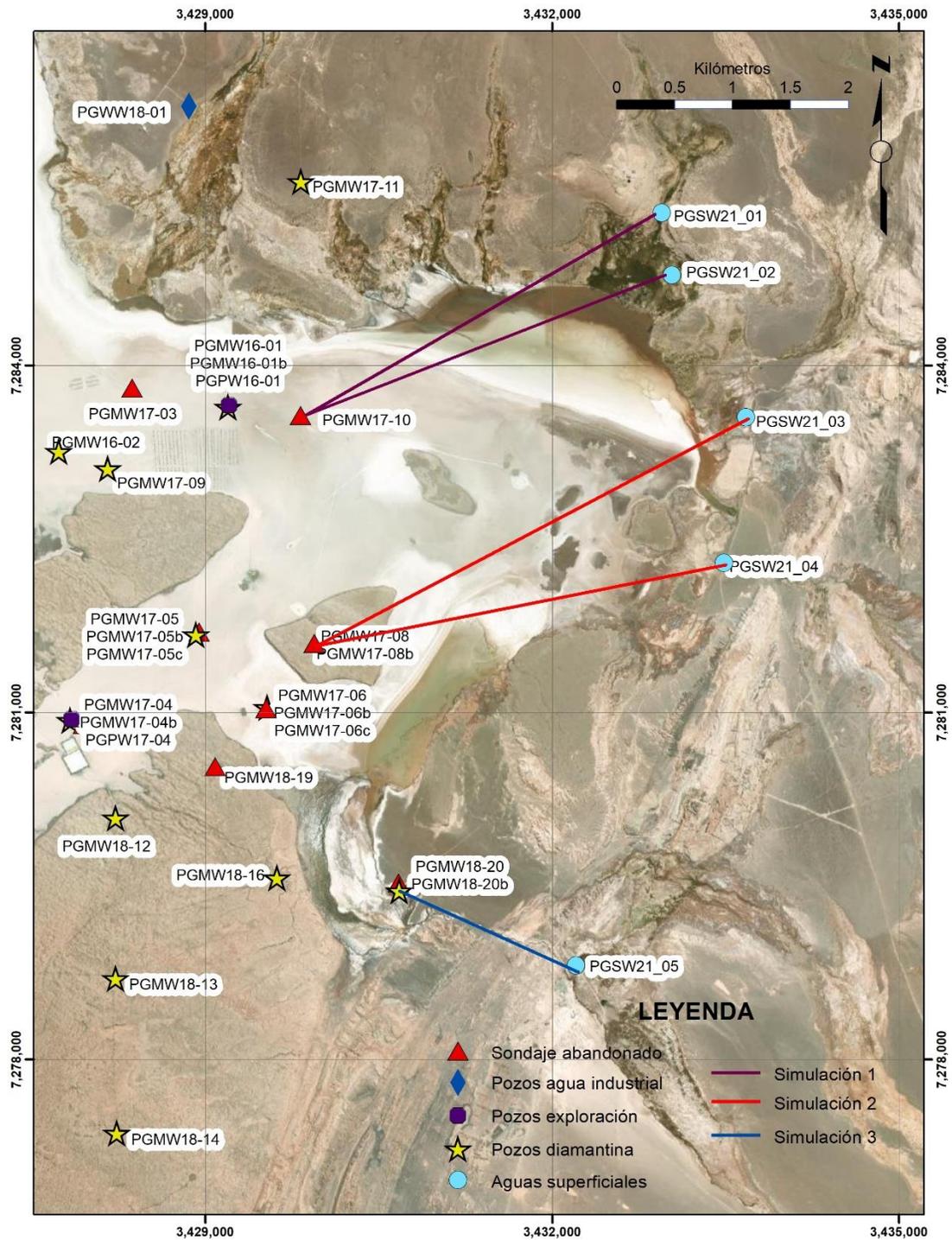


Figura 4-4. . Mapa de ubicación de las simulaciones agua superficial – agua subterránea a realizar

#### 4.2.1 Simulación 1: PGSW21-01 + PGSW21-02 → PGMW17-10

Esta primera simulación permite determinar los posibles procesos que sufren las aguas superficiales que alimentan el Salar de Pastos Grandes por su lado norte y corresponden a muestras de baja salinidad, con valores de CE de 0,6 y de 7,0 mS/cm para los puntos PGSW21-01 y PGSW21-02 respectivamente, mientras que la muestra final, correspondiente al pozo PGMW17-10, presenta un valor de CE de 179,3 mS/cm, clasificándose como salmuera. Si bien no se descarta la existencia de aguas salobres en el lado este y noreste del salar, no se dispone de muestras de agua subterránea que lo demuestren.

En base a los elementos ingresados y procesos involucrados, se obtuvieron 3 posibles modelos. La **Tabla 4-12** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-12. Resultados simulación (en mol/L) PGSW21-01 + PGSW21-02 – PGMW17-10

| Fase / modelo | Muestra 1 | Muestra 2 | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Fe-S | Silvita | Yeso  |
|---------------|-----------|-----------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|------|---------|-------|
| Delta         |           |           |         |                     |          |              |              |      |         |       |
| Modelo 1      | 0,96      | 0,04      | 0,00    | -2,47               | -0,13    | -1,00        | ----         | 1,08 | ----    | -1,76 |
| Modelo 2      | 0,96      | 0,04      | 0,00    | -1,39               | -0,67    | -0,46        | -0,54        | ---- | ----    | -0,67 |
| Modelo 3      | 0,96      | 0,04      | 0,00    | -2,74               | ----     | -1,14        | 0,13         | 1,35 | ----    | -2,02 |

Factor de evaporación: 1.435,201  
Agua remanente: 0,697 gr

En base a los resultados obtenidos, se selecciona el modelo 3 como el más representativo para explicar la variación composicional de dichas muestras. La elección de este modelo se basa en el hecho de que, y al igual que para las simulaciones efectuada con aguas subterráneas, no se reconoció la presencia de dolomita en las descripciones macroscópicas realizadas, y en donde, a diferencia de las aguas subterráneas, se reconoció la presencia de sulfuros de hierro (pirita) en los diferentes cauces. En base a los resultados obtenidos, es posible apreciar que la evaporación juega un rol fundamental en explicar la variación composicional, en la cual se tiene un factor de evaporación de 1.435,2 y en cuanto a la combinación o mezcla de aguas se tiene que el curso de

agua con el mayor aporte corresponde a la muestra PGSW21-01, la cual, según el modelo obtenido, representa el 96% de la muestra final, mientras que la muestra PGSW21-02 corresponde sólo al 4%.

Referente a los procesos involucrados, se tiene que la calcita presenta un valor de delta de 0, lo que implica que este mineral no participa en los procesos que expliquen esta variación composicional o bien que su aporte es tal, que, el programa no logra cuantificarla. Así mismo, y debido a que ambas muestras de agua superficial presentan concentraciones de K por debajo del límite de detección, la silvita no es considerada dentro de los procesos. Dentro de los procesos que si participan en la evolución de las aguas superficiales, el principal de ellos corresponde a la exsolución de  $\text{CO}_2(\text{g})$  seguido de la precipitación de yeso y de la disolución de minerales Fe – S (como por ejemplo la piritita). El principal proceso de intercambio catiónico corresponde a aquel entre el  $\text{Mg}^{2+}$  y el  $\text{Na}^+$ , en donde el  $\text{Mg}^{2+}$  es absorbido mientras que el  $\text{Na}^+$  es liberado mientras que para el caso entre el intercambio catiónico entre el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Ca}^{2+}$ , el  $\text{Ca}^{2+}$  es liberado y el  $\text{Na}^+$  es adsorbido.

## 4.2.2 Simulación 2: PGSW21-03 + PGSW21-04 → PGMW17-08

Esta segunda simulación permite explicar los procesos que afectan a las aguas superficiales por su lado este, previo a que éstas ingresen al salar. A diferencia de la simulación anterior, las muestras (PGSW21-03 y PGSW21-04) corresponden a aguas salobres a salmuera, con valores de CE de 127,5 y 202 mS/cm para las muestras PGSW21-03 y PGSW21-04 respectivamente, mientras que la muestra final, PGMW17-08 corresponde a una muestra de salmuera, con un valor de CE de 251 mS/cm, la cual fue obtenida a una profundidad de 344 m. Para este pozo, no se dispone de muestras a menor profundidad, razón por la cual no es posible determinar la existencia de aguas subterráneas de menor salinidad.

En base a los elementos ingresados y procesos involucrados, se obtuvieron 5 posibles modelos. La **Tabla 4-13** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-13. Resultados simulación (en mol/L) PGSW21-03 + PGSW21-04 – PGMW17-08

| Fase / modelo | Muestra 1 | Muestra 2 | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Fe-S  | Silvita | Yeso  |
|---------------|-----------|-----------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| Delta         |           |           |         |                     |          |              |              |       |         |       |
| Modelo 1      | 0,31      | 0,69      | 0,00    | -7,31               | -3,75    | -----        | -6,07        | ----- | 12,96   | -1,31 |
| Modelo 2      | 0,12      | 0,88      | -5,15   | -5,17               | -----    | 0,00         | -3,05        | ----- | 7,97    | -0,60 |
| Modelo 3      | 0,31      | 0,69      | -----   | -7,31               | -3,75    | 0,00         | -6,07        | ----- | 12,96   | -1,31 |
| Modelo 4      | 0,31      | 0,69      | -----   | -7,31               | -3,75    | -----        | -6,07        | 0,00  | 12,96   | -1,31 |
| Modelo 5      | 0,12      | 0,88      | -----   | -10,33              | -----    | 0,00         | -3,05        | 5,15  | 7,97    | -5,75 |

Factor de evaporación: 19,6  
Agua remanente: 51,022 gr

En base a los resultados obtenidos, se selecciona al modelo 5 como el más representativo para explicar la variación composicional de dichas muestras. La elección de este modelo se basa en el hecho de que este modelo no considera la dolomita como parte de los procesos que explica los procesos composicionales y a su vez éste es el único modelo que dentro de los procesos considera la disolución de sulfuros de hierro. También es posible apreciar que la evaporación juega un rol fundamental en explicar la variación composicional, con un factor de evaporación de 19,6 y en cuanto a la combinación o mezcla de aguas se tiene que el curso de agua con el mayor aporte

corresponde a la muestra PGSW21-04, la cual, según el modelo obtenido, representa el 88% de la muestra final, mientras que la muestra PGSW21-03 corresponde sólo al 12%.

El único proceso que explica la variación composicional del ion  $\text{Ca}^{2+}$  es la precipitación de yeso, con un valor de delta de -5,75. La precipitación de yeso, en conjunto con la disolución de minerales de sulfuros de hierro por su parte permiten explicar la variación de sulfatos. La disolución de silvita, por su parte, permite explicar la variación en las concentraciones de K en las muestras. Referente a los procesos de intercambio catiónico, el único proceso de intercambio corresponde al  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ , en donde el  $\text{Mg}^{2+}$  es liberado mientras que el  $\text{Na}^+$  es adsorbido. El otro proceso involucrado corresponde a la exsolución de  $\text{CO}_2(\text{g})$ .

#### 4.2.3 Simulación 3: PGSW21-05 → PGMW18-20b

Esta tercera simulación considera la muestra PGSW21-05, la cual corresponde a una muestra de agua de agua del río Sijes, uno de los principales aportes de agua superficial al Salar de Pastos Grandes. Este río, al igual que las otras muestras de agua superficial, se infiltra al ingresar al salar y la muestra de agua corresponde a un agua salobre, con un valor de CE de 3,9 mS/cm. Para esta simulación se considera como muestra final, la muestra obtenida en el pozo de exploración diamantina PGMW18-20b, obtenida a una profundidad de 81 m y con un valor de CE de 249 mS/cm, correspondiente a una muestra de salmuera.

Con los elementos y procesos ingresados, se obtuvieron 6 posibles modelos que expliquen esta variación composicional. La **Tabla 4-14** presenta los resultados obtenidos.

Tabla 4-14. Resultados simulación (en mol/L) PGSW21-05 – PGMW18-20b

| Fase / modelo | Calcita | CO <sub>2</sub> (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na | Fe-S   | Silvita | Yeso    |
|---------------|---------|---------------------|----------|--------------|--------------|--------|---------|---------|
| Delta         |         |                     |          |              |              |        |         |         |
| Modelo 1      | -78,50  | -115,62             | -22,51   | -396,68      | -----        | -----  | 4,36    | -383,45 |
| Modelo 2      | 714,86  | -115,62             | -419,18  | -----        | -396,68      | -----  | 4,362   | -383,45 |
| Modelo 3      | -123,51 | -115,62             | -----    | -419,18      | 22,51        | -----  | 4,36    | -383,45 |
| Modelo 4      | -----   | -194,12             | -22,51   | -396,68      | -----        | 78,50  | 4,36    | -461,95 |
| Modelo 5      | -----   | -115,62             | -61,75   | -357,43      | -39,25       | -----  | 4,36    | -383,45 |
| Modelo 6      | -----   | -239,13             | -----    | -419,18      | 22,51        | 123,51 | 4,36    | -506,96 |

Factor de evaporación: 11,963

Agua remanente: 83,593 gr

El modelo 5 se selecciona como el más representativo para explicar la variación composicional de dichas muestras. La elección de este modelo se basa en el hecho de que éste no considera la dolomita como parte de los procesos que explican las variaciones composicionales, y para mantener la consistencia con las simulaciones anteriores, considera la disolución de sulfuros de hierro y no incluye la disolución o precipitación de calcita dentro de sus procesos. Los resultados señalan que la evaporación juega un rol importante en esta simulación, con un factor de evaporación de 11,963. Respecto a los procesos involucrados, el principal de ellos corresponde a la precipitación de yeso, seguido del intercambio catiónico entre los iones Na<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup>, en donde el Ca<sup>2+</sup> es liberado y el Na<sup>+</sup> es adsorbido. Posteriormente, el siguiente proceso en importancia corresponde a la disolución o exsolución de CO<sub>2</sub> y la disolución de minerales de hierro. Los procesos con menor relevancia consisten en el intercambio catiónico entre Na<sup>+</sup> y Mg<sup>2+</sup> y la disolución de silvita.

#### 4.2.4 Resumen de simulaciones agua superficial – agua subterránea

Las simulaciones realizadas han permitido dilucidar los procesos que sufren los diferentes cursos de agua superficial en su ingreso al salar. Para ello, y en base al reconocimiento de los diferentes cursos existentes, se seleccionan 3 vías de simulación, las que consideran tanto los flujos que se reconocen por el lado noreste, este y sureste. Debido a que no se disponen de análisis de las vertientes por el lado norte del salar, éstas no se incluyeron en las simulaciones efectuadas. En todos los casos, se seleccionaron las vertientes que están próximas entre ellas, mientras que, para todos los casos, el punto final de cada simulación corresponde a una muestra de agua subterránea correspondiente a salmuera.

Los procesos utilizados son similares a aquellos para la simulación de las aguas subterráneas, pero en cuyo caso se agrega la disolución oxidativa de minerales de sulfuros de hierro (pirita) y además no se incluye la disolución o precipitación de halita dado que se asume que, para el caso de las aguas superficiales, el aumento de la concentración de cloruros se explica por procesos de evaporación y concentración. Así mismo, la inclusión de minerales de hierro como uno de los procesos se debe al hecho de que se reconoció su presencia en los cauces de dichos cursos. Al igual que para las simulaciones anteriores, no se incluyó dentro de los procesos la disolución de minerales silicatos, debido a la ausencia de análisis de Si. Debido a ello, las simulaciones efectuadas consideran principalmente procesos asociados a ambientes evaporíticos, tales como disolución o precipitación de minerales evaporíticos, carbonáticos o sulfatados así como procesos de intercambio catiónico. La **Tabla 4-15** resume los resultados de las diferentes simulaciones efectuadas.

Tabla 4-15. Resumen de las simulaciones realizadas (en mol/L)

| Factor evaporación                                     | Agua remanente (gr) | Muestra 1 | Muestra 2 | Calcita | CO2 (g) | Dolomita | Int. Na / Ca | Int. Mg / Na<br>Delta | Fe-S   | Silvita | Yeso    |
|--|---------------------|-----------|-----------|---------|---------|----------|--------------|-----------------------|--------|---------|---------|
| <b>SIMULACIÓN 1: PGSW21-01 → PGSW21-02 → PGMW17-10</b> |                     |           |           |         |         |          |              |                       |        |         |         |
| 1.435,20   | 0,70                | 0,96      | 0,04      | 0,00    | -2,74   | ----     | -1,14        | 0,13                  | 1,35   | ----    | -2,02   |
| <b>SIMULACIÓN 2: PGSW21-03 + PGSW21-04 → PGMW17-08</b> |                     |           |           |         |         |          |              |                       |        |         |         |
| 19,60  | 51,02               | 0,12      | 0,88      | ----    | -10,33  | ----     | 0,00         | -3,05                 | 5,15   | 7,97    | -5,75   |
| <b>SIMULACIÓN 3: PGSW21-05 → PGMW18-20b</b>            |                     |           |           |         |         |          |              |                       |        |         |         |
| 11,96  | 83,59               |           |           | ---     | -239,13 | ---      | -419,18      | 22,51                 | 123,51 | 4,36    | -506,96 |

A partir de esta tabla es posible determinar que independiente de la simulación efectuada, la disolución o precipitación de calcita no forma parte de los procesos que explican la variación composicional de las aguas superficiales. Los principales procesos que explican el cambio composicional de las aguas subterráneas corresponden a la precipitación de yeso, la cual es más relevante en la simulación del lado sureste del salar. La disolución de sulfuros de hierro, a su vez, aumenta en importancia hacia la simulación del sureste al igual que para los procesos de intercambio catiónico. Dentro de los procesos de intercambio, el más relevante consiste en el de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ . A diferencia de las simulaciones de agua subterránea, la calcita no participa de los procesos involucrados.

## 5 RECOMENDACIONES PARA COMPLETAR EL ESTUDIO

---

El Salar de Pastos Grandes, al igual que otros salares ubicado en las provincias de Salta, Catamarca y Jujuy ha sido objeto de diferentes estudios en los últimos años para determinar su potencial de extracción para litio y potasio. Para ello, diferentes actividades se han realizado en este salar, incluyendo la perforación de pozos de exploración diamantina, pozos de exploración y pozos para el abastecimiento de agua para uso industrial, así como la realización de geofísica de subsuperficie, mediante los métodos de TEM y gravimetría. La perforación de los diferentes pozos permitió reconocer la litología en subsuperficie, caracterizar la química de la salmuera a diferentes profundidades y definir las unidades hidrogeológicas presentes. Esta información ha permitido efectuar una estimación preliminar del potencial de litio y de potasio de este salar, obteniendo resultados alentadores para una futura explotación de dichos recursos.

Sin embargo, en estos salares, el litio se encuentra disuelto dentro de la salmuera que lo aloja, por lo que, a diferencia de otros recursos como el cobre o el oro, éste se trata de un recurso móvil, en donde sus concentraciones, así como la calidad de la salmuera puede sufrir alteraciones una vez que se inicie la etapa de explotación. Por este motivo, se hace indispensable conocer las características químicas de la salmuera, sus interacciones con la litología que la aloja y los procesos hidroquímicos involucrados.

Este trabajo ha abarcado de manera preliminar los procesos hidroquímicos que explican la composición de la salmuera, así como las interacciones que ésta sufre durante su transcurso hasta desembocar en el salar. Cabe señalar que este trabajo no ha estado exento de limitaciones, las cuales se detallan en la presente sección. Estas limitaciones, una vez subsanadas, permitirán mejorar el entendimiento de este salar, y mejorar el conocimiento acerca de la composición del salar y su funcionamiento hidrogeológico e hidroquímico.

## 5.1 Bibliografía y trabajos de terreno

En las primeras etapas de este estudio se realizó una búsqueda bibliográfica referente a la hidrología, hidrogeología e hidroquímica de la zona de estudio. Sin embargo, la información disponible de este salar en particular es bien escasa. Los principales estudios que se disponen de este salar corresponden a los trabajos efectuados por la empresa Millennial Lithium y que están enfocados en estimar el potencial de litio de este salar. Otro de los trabajos que existen de esta área corresponden a estudios enfocados en la geología de la zona. Si bien existe información geológica e hidrogeológica enfocada a salares, ninguno de ellos abarca en detalle el Salar de Patos Grandes.

## 5.2 Actividades de terreno

Las diferentes perforaciones realizadas en el salar han permitido determinar la existencia de un potencial de litio que podría ser explotado con fines económicos. Sin embargo, y debido a la ubicación de éstas, no fue posible determinar la existencia de aguas de baja salinidad o salobres en los bordes del salar ni de determinar la geometría de la cuña salina. Así mismo, para el caso de los pozos ubicados en la margen norte del salar, se dispone de muestras puntuales de salmuera, pero al no disponer de su zona filtrante a lo largo del espesor saturado, no fue posible la realización de perfiles de conductividad eléctrica para determinar con mayor precisión la interfaz salina.

La geofísica realizada en el salar consiste en líneas TEM y en gravimetría. La gravimetría permite estimar la profundidad del basamento mientras que el método TEM permitiría determinar indirectamente la existencia de aguas salobres o de baja salinidad. Sin embargo, y debido a la ubicación de los perfiles realizados, éstos no han permitido estimar la ubicación y profundidad de dicha interfaz.

### 5.3 Hidroquímica y modelación hidroquímica

Durante las diferentes campañas de perforación se recolectaron muestras de salmuera a diferentes profundidades, las que fueron analizadas para elementos mayores y algunos elementos menores. Estos análisis han permitido calcular el error en el balance iónico de las diferentes muestras, calcular índices de saturación para las especies minerales más comunes en ambientes evaporíticos, así como determinar algunos posibles procesos que expliquen la variación composicional de las muestras.

Sin embargo, la ausencia de análisis de Si no permitieron realizar simulaciones que involucren dicho elemento, como puede ser interacciones entre el agua subterránea y minerales silicatados, como biotita, micas o feldespatos, los cuales son minerales que son comunes en litologías tales como arenas o gravas, las que están presentes en este salar.

## 6 CONCLUSIONES

---

- Las unidades hidrogeológicas reconocidas en el Salar de Pastos Grandes tienen litologías diferentes, a pesar de lo cual las aguas subterráneas de todas ellas son de muy alto contenido salino, constituyendo salmueras. Se observa una evolución hidroquímica desde los bordes del salar hacia el interior del mismo, y desde las aguas superficiales hacia las aguas subterráneas más profundas, lo cual es coherente con el modelo de origen de las salmueras por concentración por evaporación de los aportes de agua dulce desde los bordes, en especial de aguas superficiales y mayoritariamente desde el borde norte.
- Las tasas de concentración por evaporación resultantes de la modelación hidrogeoquímica, indican que por cada litro de salmuera se han evaporado más de 1.000 litros de agua entrante. Como resultado de ello las salmueras se encuentran en equilibrio con los minerales yeso y halita, y ligeramente subsaturados en anhidrita y silvita, y los índices de saturación demuestran estados similares para las diferentes unidades hidrogeológicas. Esta situación es de gran importancia para valorar las reservas de salmuera disponibles en el salar. Según las determinaciones de elementos minoritarios, las cantidades de litio son de hasta 700 mg/L, y en donde las unidades hidrogeológicas 3 y 4 son las que las que presentan la mayor variabilidad en sus concentraciones. Otros elementos como el boro o el estroncio se encuentran presente en todas las unidades hidrogeológicas, y en donde para el caso del B, la mayor variabilidad se presenta en la UH 3, mientras que para el caso del Sr, la mayor variabilidad se presenta en la UH 2.
- Este modelo conceptual se ve validado por los modelos hidrogeoquímicos que explican por procesos simples de equilibrio químico de fases minerales más abundantes y de intercambio catiónico las variaciones de composición observadas. Así, se tiene que los principales procesos que explican la variación composicional de las aguas subterráneas corresponden a la disolución o precipitación de minerales evaporíticos, carbonáticos o sulfatados, así como de intercambio catiónico entre el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Ca}^{2+}$  o entre el  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ .

- Para el caso de las aguas superficiales, el principal proceso corresponde a la evaporación, seguido con procesos de disolución y/o precipitación, principalmente de minerales de yeso y/o silvita.

## 7 REFERENCIAS

---

- Alonso, R.N., 1992. *Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna Salteña) con énfasis en la Formación*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47(2), 189 – 199.
- Alonso, R.N., 1999, *Los salares de la Puna y sus recursos evaporíticos, Jujuy, Salta y Catamarca*. En Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Anales 35: 1907-1921, Buenos Aires
- Alonso, R.N., 2017. *Los salares de la Puna argentina y su recurso minero*. In *Ciencias de la Tierra y Recursos naturales del NOA*. Relatorio del 20 Congreso Argentino Argentino, pp 1018 – 1038
- Alonso, R.N., Menegatti, N. 1990. *La Formación Blanca Lila (Pleistoceno) y sus depósitos de boratos (Puna Argentina): II Congreso Geológico Argentino, Actas I*, p 43-63.
- Avila C., y Rosko M., 2018, *Caracterización hidrogeológica para la explotación de salmueras de litio en el salar de Pastos Grandes, Argentina*. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, Salta, Argentina.
- Back, W., 1961. Techniques for mapping of hydrochemical facies. US Geological Survey Professional Paper, 424, 380-382.
- Blasco, G., Zappettini, E., and Hongn, F., 1996. *Hoja Geológica 2566-I San Antonio de los Cobres, provincias de Jujuy y Salta, República Argentina*. Buenos Aires: Dirección Nacional del Servicio Geológico. Boletín N°217 (Nueva Serie). 1126 p.
- Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C., and Ramos, V., 1982. *Tectonic and Magmatic Evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile*: Earth Science Reviews, v. 18, pp 302 – 332.
- Custodio, E. y Llamas, M.R., 2001. *Hidrología subterránea*. 2da Edición. Ediciones Omega. Barcelona.
- Escuder, R., Fraile, J., Jordana, S., Ribera, F., Sánchez-Villa, X y Vásquez-Suñé, E., 2009. *Hidrogeología. Conceptos básicos de hidrología subterránea*. Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. 768 pp.

- Evans, R.K., 2009, *Lithium Resources are they adequate?* Presentación en la Conferencia “Lithium Supply Markets 2009”. Enero 2009, Santiago, Chile.
- García, R., Rocha Fasola, V., Moya Ruiz, F., y Tálamo, E., 2013, *Exploración y Explotación de Salmueras Enriquecidas en Litio y Potasio en Salares de la Puna Argentina*. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. La Plata, 17-20 septiembre 2013.
- García, R., Borda, L.G., Godfrey, L.V., Steinmetz, R.L. y Losada-Calderón, A., 2020. *Characterization of lithium cycling in the Salar de Olaroz, Central Andes, using a geochemical and isotopic approach*. *Chemical Geology*, 531, 119340
- INDEC, 2001. Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2001. Disponible en [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)
- Jordan, T.E. and Alonso, R.N., 1987. *Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountains, 20-28°S latitude*. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 71: 49-64.
- Jordan, T., Alonso, R., y Godfrey, L., 1999. *Tectónica, subsidencia y aguas en el salar Hombre Muerto, Puna Argentina*. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 254 – 256, Salta, Argentina.
- López Steinmetz, R. L., Salvi, S., Sarchi, C., Santamans, C., & López Steinmetz, L. C., 2020. *Lithium and Brine Geochemistry in the Salars of the Southern Puna, Andean Plateau of Argentina*. *Economic Geology*, 115(5), 1079-1096.
- López Steinmetz, R.L., 2017, Lithium- and boron-bearing brines in the Central Andes: Exploring hydrofacies on the eastern Puna plateau between 23° and 23°30’S: *Mineralium Deposita*, v. 52, p. 35–50.
- Millennial Lithium, 3033. *Envío información climatológica Estación Pastos Grandes*. Información enviada vía correo electrónico. 22 enero 2022.
- Montgomery & Associates and Geochemical Applications International, Inc., 2012. *Measured, Indicated and Inferred Lithium and Potassium Resource, Sal de Vida Project*. Report for NI 43-101. 332 p.

- Montgomery & Associates, 2019. *Feasibility Study of the Pastos Grandes Project, Salta Province, Argentina*. Technical Report N°209020-00055-000-GE-TEN-03. Canadian Standard N°43-101. 650 p.
- Nicolli, H., Suriano, J., Kimsa, J. y Brodtkorb, A. 1980. *Características geoquímicas generales de aguas y salmueras de la Puna Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Miscelánea 63, 38 pp, Córdoba.
- Nicolli, H., Suriano, J., Kimsa, J. y Brodtkorb, A. 1982a. *Geochemical characteristics of brines in evaporitic basins, Argentinian Puna*. Academia Nacional de Ciencias, Miscelánea 64, 19 p. Córdoba.
- Nicolli, H., Suriano, J., Mendez, V. y Gomez, M. 1982b. *Salmueras ricas en metales alcalinos del salar Hombre Muerto, Catamarca, Argentina*. V Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 3: 187-204, Buenos Aires.
- Parkhurst, D. and Appelo, C.A.J., 2013. *Description of input and Examples for PHREEQC Version 3—A computer program for speciation, Batch-Reacción. One-Dimensional Transport, and Onverse Geochemical Calculations*. Chapter 43 of Section A, Groundwater Book 6, Modeling Techniques.
- Peyré, F. R., 2020. 632. *Aprovechamiento del litio en la Argentina—Realidades, desafíos y perspectivas en un mundo globalizado*. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 24.
- Piper, A.M., 1944, *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses*: Eos, Transactions of the American Geophysical Union 25: 914-23
- Plummer L.N., Prestemon E.C., and Parkhurst D.L., 1991. *An interactive code (NETPATH) for modeling net geochemical reaction along a flow path*. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 94-4169, 130
- R Development Core Team, 2010. *GR: A language and environment for statical computing*. Version 2.12.0. Software. Disponible en <http://R-project.org>
- Rosko, M., Weber, D., and Avila, C., 2014. *Conceptual Modelling of a lithium brine resource*. IV Congreso Internacional de Gestión del Agua en la Industria Minera (WIM), Viña del Mar, Chile, 28 – 30 mayo.

Rosko, M., Peacock, E., y Avila, C., 2013, *Metodología de terreno para apoyar la evaluación del contenido de salmueras de litio y potasio en cuencas salinas*. In VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. La Plata, 17-20 septiembre 2013.

Schoeller, H., 1962, *Les eaux souterraines*. Hydrogéologie Dynamique et Chimique. Masson & Cie, France.

Secretaría de Desarrollo Minero, 2019. *Argentina. Proyectos Avanzados de Litio en Salares*, en <http://informacionminera.produccion.gob.ar/assets/datasets/2019-07-15%20Proyectos%20Avanzados%20de%20Litio%20en%20Argentina.pdf>

Stiff, H.A., 1951, *The interpretation of chemical water analysis by means of patterns*: Journal of Petroleum Technology, Technical Note 84, October 1951, pp. 15-17.

Viramonte, J., Alonso, R., Gutiérrez, R. y Argañaraz, R. 1984. *Génesis del litio en los salares de la Puna argentina*. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 471-481, Bariloche.

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

Maestría en Recursos Hídricos

Tesis de Maestría en Recursos Hídricos

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DE LOS FLUJOS DE  
AGUA SUBTERRÁNEA QUE ALIMENTA EL SISTEMA HÍDRICO  
DEL SALAR DE PASTOS GRANDES, ARGENTINA

**ANEXO A**

RESUMEN DE DESCRIPCIONES LITOLÓGICAS DE LOS POZOS  
DE EXPLORACIÓN DIAMANTINA Y POZOS DE EXPLORACIÓN  
PARA USO INDUSTRIAL EN EL SALAR DE PASTOS GRANDES,  
PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

## **TABLAS**

**TABLA A.1.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW16-01, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.2.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW16-02, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.3.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-03, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.4.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-04, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.5.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-05, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.6.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-06, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.7.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-07, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.8.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-08, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.9.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-09, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.10.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-10, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.11.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW17-11, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.12.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-12, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.13.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-13, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.14.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-14, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.15.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-15, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.16.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-16, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.17.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-17, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.18.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-18, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.19.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW18-19, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.20.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW19-20, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

- TABLA A.21.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW19-21, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.22.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGMW19-22, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.23.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGWW18-01, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.24.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGWW19-02, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.25.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGWW19-03, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.26.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGWW19-04, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.27.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGWW19-05, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA
- TABLA A.28.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE MONITOREO PGWW19-06, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

**TABLA A.1.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW16-01, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 14,5  | Halita cristalina con niveles arcillosos   |
| 14,5          | 19,0  | Arcilla negra  |
| 19,0          | 28,0  | Arena de granulometría fina a media, con presencia de arcilla  |
| 28,0          | 58,0  | Sin recuperación de muestra  |
| 58,0          | 91,7  | Halita compacta  |
| 91,7          | 134,5 | Arcilla y arcilla limosa con presencia de boratos (ulexita) y en partes presencia de cristales de yeso     |
| 134,5         | 157,0 | Arcilla  |
| 157,0         | 277,0 | Arena de granulometría fina a media, con cemento halítico. Presencia de arcilla y arena limosa             |
| 277,0         | 355,0 | Arena de granulometría fina a media, no consolidada a semi-consolidada, en partes con presencia de arcilla |

**TABLA A.2.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW16-02, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 6,5   | Sin recuperación de muestra   |
| 6,5           | 8,5   | Halita cristalina   |
| 8,5           | 23,5  | Arcilla y arcilla limosa con escasa presencia de arena y de boratos (ulexita)         |
| 23,5          | 85,0  | Halita compacta con arcilla y arena relleno de cavidades                              |
| 85,0          | 88,0  | Arcilla   |
| 88,0          | 127,0 | Halita compacta con arcilla y arena relleno de cavidades                              |
| 127,0         | 181,0 | Arena de granulometría fina a media, con cemento halítico. Intercalaciones de arcilla |
| 181,0         | 232,0 | Sin recuperación de muestra   |
| 232,0         | 400,0 | Arena de granulometría fina a media, con cemento halítico.                            |

**TABLA A.3.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-03, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 17,3  | Halita sacaroidal con menor presencia de arena y arcilla relleno de cavidades. |
| 17,3          | 35,5  | Arena y arena limosa con niveles de arcilla                                    |
| 35,5          | 55,0  | Arcilla marrón a negruzca con niveles de arena fina                            |
| 55,0          | 110,5 | Halita compacta con arcilla y arena relleno de cavidades                       |
| 110,5         | 121,0 | Arcilla  |
| 121,0         | 140,5 | Arena de granulometría fina a gruesa con niveles de arcilla                    |
| 140,5         | 145,0 | Arcilla  |
| 145,0         | 154,0 | Arena de granulometría fina a media, con cemento halítico.                     |

**TABLA A.4.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-04, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 14,0  | Halita sacaroidal con menor presencia de arena y arcilla relleno de cavidades.                   |
| 14,0          | 20,5  | Arcilla grisácea con presencia de boratos (ulexita)  |
| 20,5          | 208,0 | Halita con cavidades rellenas de arena y/o arcilla con intercalaciones de pocos cm de arena fina |
| 208,0         | 226,0 | Arcilla y arcilla limosa   |
| 226,0         | 308,0 | Arena y arena limosa fina a media, con presencia de halita como cemento.                         |
| 308,0         | 317,0 | Arcilla  |
| 317,0         | 353,0 | Arena fina con cemento halítico  |
| 353,0         | 365,0 | Arcilla marrón con arena y halita diseminada   |
| 365,0         | 475,5 | Arena fina con cemento halítico  |
| 475,5         | 507,0 | Areniscas y limolitas semi-consolidadas a consolidadas   |
| 507,0         | 564,0 | Arenisca de grano fino semi consolidada. En partes presencia de brechas                          |

**TABLA A.5.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-05, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 13,0  | Arena fina a media con halita microcristalina.   |
| 13,0          | 31,0  | Arcilla marrón a grisácea con halita microcristalina   |
| 31,0          | 310,0 | Halita con cavidades rellenas de arena y/o arcilla con intercalaciones de pocos cm de arena fina y en algunos casos presencia de boratos (ulexita) |
| 310,0         | 316,0 | Arcilla y arcilla limosa   |
| 316,0         | 387,0 | Arena semi consolidada a no consolidada con cemento halítico. En partes presencia de arcilla grisácea  |
| 387,0         | 421,0 | Arena de granulometría muy fina a fina de color negro con halita microcristalina.  |
| 421,0         | 487,0 | Arena y arena limosa de granulometría muy fina a fina y presencia de arcilla negruzca a grisácea.  |
| 487,0         | 541,0 | Arenisca de granulometría muy fina a fina con arcilla en la matriz. Menor presencia de halita microcristalina                                      |
| 541,0         | 601,0 | Arenisca de granulometría muy fina a fina con arcilla en la matriz.  |

**TABLA A.6.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-06, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 17,0  | Arcilla plástica con niveles de arena fina   |
| 17,0          | 324,5 | Halita cristalina con intercalaciones de arcilla. Presencia de arena relleno de cavidades. |
| 324,5         | 347,0 | Arcilla de color negro a grisáceo con presencia de materia orgánica                        |
| 347,0         | 404,0 | Arena no consolidada con presencia de halita microcristalina                               |
| 404,0         | 455,0 | Arcilla negra a marrón, con arena de granulometría fina y halita microcristalina.          |
| 455,0         | 508,0 | Arenisca semi consolidada de grano fino con presencia de arcilla en la matriz              |
| 508,0         | 571,0 | Arenisca fina a media con arcilla en la matriz y presencia de halita diseminada.           |

**TABLA A.7. RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-07, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA**

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 24,8  | Arcilla con cristales diseminados de halita   |
| 24,8          | 42,8  | Halita con niveles de arcilla de escasos cm y presencia de arena fina y arcilla relleno de cavidades              |
| 42,8          | 45,8  | Arena con menor presencia de arcilla  |
| 45,8          | 135,8 | Halita con niveles de hasta 10 cm de arena y/o arcilla  |
| 135,8         | 143,3 | Arena de grano medio  |
| 143,3         | 149,3 | Arcilla negra   |
| 149,3         | 153,8 | Arena de grano fino a medio, parcialmente consolidado   |
| 153,8         | 164,3 | Arcilla negra   |
| 164,3         | 205,0 | Arena de granulometría fina a media, parcialmente consolidada con niveles de arcilla                              |
| 205,0         | 352,0 | Arena de granulometría media a fina, con halita diseminada con presencia de arcilla en la matriz                  |
| 352,0         | 364,0 | Arcilla marrón  |
| 364,0         | 477,0 | Arena de granulometría media, parcialmente consolidada, con arcilla en la matriz y halita diseminada              |
| 477,0         | 510,0 | Arenisca de color grisáceo a marrón de grano medio a fino. Menor presencia de arena limosa con halita diseminada. |

**TABLA A.8.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-08, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 11,5  | Arcilla marrón  |
| 11,5          | 53,5  | Halita con presencia de arcilla diseminada y trazas de arena fina.  |
| 53,5          | 58,0  | Arcilla marrón con halita diseminada  |
| 58,0          | 379,0 | Halita con presencia de arena y/o arcilla rellenando cavidades. Intervalos de hasta 2 m de arcilla marrón o grisácea y menor presencia de intervalos de arena fina. |
| 379,0         | 406,0 | Arcilla y arcilla limosa gris verdosa a grisácea  |
| 406,0         | 446,0 | Arenisca fina con cemento dado por halita microcristalina   |

**TABLA A.9.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-09, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 106,0 | Halita con presencia de boratos y arcilla en su parte superior y arena y arcilla rellenando cavidades.                       |
| 106,0         | 110,5 | Arcilla marrón   |
| 110,5         | 131,5 | Halita con presencia de arcilla rellenando fracturas   |
| 131,5         | 139,0 | Arcilla negra  |
| 139,0         | 209,5 | Arena de granulometría fina a media, con halita diseminada y en partes presencia de arcilla.                                 |
| 209,5         | 233,5 | Arcilla grisácea a rojiza  |
| 233,5         | 475,0 | Arena de granulometría gruesa a fina, siendo más común las granulometrías gruesa y media. Presencia de arcilla en la matriz. |
| 475,0         | 487,0 | Brecha sedimentaria  |
| 487,0         | 500,5 | Arenisca de granulometría fina con arcilla en la matriz.   |
| 500,5         | 509,5 | Brecha sedimentaria, consolidada   |
| 509,5         | 542,5 | Arenisca semi consolidada con cemento dado por halita microcristalina  |
| 542,5         | 583,0 | Brecha sedimentaria, consolidada, con niveles de hasta 3 m de arenisca semi consolidada a consolidada.                       |
| 583,0         | 595,0 | Arenisca de grano medio a grueso con menor presencia de arcilla.   |

**TABLA A.10.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-10, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 7,0   | Halita con presencia de arcilla y limo   |
| 7,0           | 25,0  | Arena de granulometría fina a media con presencia de arcilla negra                                 |
| 25,0          | 46,0  | Arcilla de color marrón a negro con menor presencia de arena y presencia de halita microcristalina |
| 46,0          | 88,0  | Halita cristalina con presencia de arena fina en cavidades y fracturas                             |
| 88,0          | 95,5  | Arcilla de color marrón a negro  |
| 95,5          | 128,5 | Halita cristalina con presencia de arena fina en cavidades y fracturas                             |
| 128,5         | 158,5 | Arcilla de color marrón a negro con menor presencia de arena y presencia de halita microcristalina |
| 158,5         | 451,0 | Arena de granulometría fina a media  |
| 451,0         | 478,0 | Arena a arena limosa de granulometría fina a media y presencia diseminada de halita                |
| 478,0         | 601,0 | Arenisca fina a media con halita microcristalina y menor presencia de arcillas                     |

**TABLA A.11.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW17-11, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 26,0  | Grava fina con presencia de arena fina y menor contenido de arcillas  |
| 26,0          | 32,0  | Arcilla marrón  |
| 32,0          | 223,0 | Arena fina a media con halita diseminada y menor presencia de arcilla                                       |
| 223,0         | 349,0 | Arena y arena limosa fina a media con halita diseminada   |
| 349,0         | 436,0 | Arena fina a media con halita diseminada y menor presencia de arcilla                                       |
| 436,0         | 568,0 | Arenisca semi-consolidada de granulometría fina a media y menor presencia de halita y grava fina diseminada |

**TABLA A.12.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-12, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 5,0   | Arcilla marrón con presencia de arena fina diseminada  |
| 5,0           | 62,0  | Halita granular a cristalina con presencia de arcilla y arcilla limosa                                   |
| 62,0          | 74,0  | Arcilla y arcilla limosa grisácea a marrón con halita diseminada   |
| 74,0          | 110,0 | Halita grisácea con presencia de arena, arcilla y arcilla limosa relleno de fracturas                    |
| 110,0         | 125,0 | Arena grisácea fina con presencia de arena microcristalina   |
| 125,0         | 248,0 | Halita grisácea con presencia de arena fina y niveles de arcilla negra con presencia de materia orgánica |
| 248,0         | 359,0 | Arcilla y arcilla limosa gris a negra con presencia de arena muy fina a fina y escasa halita diseminada  |
| 359,0         | 410,0 | Arena y arena limosa muy fina a fina, de color gris a marrón   |
| 410,0         | 443,0 | Arcilla y arcilla limosa. En parte presencia de halita y arena fina                                      |
| 443,0         | 488,0 | Arenisca marrón muy fina con presencia de limo y arcillas  |
| 488,0         | 554,0 | Arenisca fina a media de color marrón a grisáceo. En parte presencia de limo y/o arcillas                |

**TABLA A.13.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-13, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 20,0  | Arcilla y arcilla limosa marrón. En parte presencia de fragmentos de halita                                 |
| 20,0          | 257,0 | Halita grisácea, en parte de color marrón con arena relleno de cavidades y niveles de escasos cm de arcilla |
| 257,0         | 275,0 | Arcilla grisácea a marrón   |
| 275,0         | 281,0 | Halita grisácea con presencia de arena fina   |
| 281,0         | 287,0 | Arcilla grisácea  |
| 287,0         | 302,0 | Halita grisácea con arena fina relleno de cavidades y menor presencia de arcillas                           |
| 302,0         | 314,0 | Arcilla grisácea oscura con muy escasa presencia de arena fina  |
| 314,0         | 323,0 | Halita grisácea con arena fina relleno de cavidades y menor presencia de arcillas                           |
| 323,0         | 332,0 | Arcilla grisácea con escasa presencia de arena fina y halita diseminada                                     |
| 332,0         | 392,0 | Halita grisácea con arcilla marrón relleno de cavidades y en fracturas. Menor presencia de arena fina       |
| 392,0         | 431,0 | Arena fina a media de color negro con presencia de arcilla negra  |
| 431,0         | 440,0 | Arcilla negra con menor presencia de arena fina   |
| 440,0         | 524,0 | Arena fina a media de color gris a marrón y presencia de arcillas negras                                    |
| 524,0         | 544,0 | Brecha sedimentaria grisácea con presencia de arena gruesa  |
| 544,0         | 559,0 | Arenisca de tamaño medio a grueso y niveles de grava y brecha   |

**TABLA A.14.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-14, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 8,0   | Arcilla marrón con escasa presencia de halita  |
| 8,0           | 26,0  | Arena fina a media con intercalaciones de arcilla  |
| 26,0          | 227,0 | Halita cristalina con arcilla en cavidades y rellenando fracturas. Menor presencia de arena hacia el final del intervalo |
| 227,0         | 236,0 | Arcilla negra con escasa presencia de halita   |
| 236,0         | 254,0 | Halita con arcilla negra   |
| 254,0         | 266,0 | Arcilla negra con escasa presencia de halita   |
| 266,0         | 410,0 | Halita con presencia de arcilla y arena en fracturas y rellenando cavidades  |
| 410,0         | 419,0 | Arena grisácea fina a media con escasa halita y arcilla  |
| 419,0         | 440,0 | Arcilla y arcilla grisácea con escasa arena fina   |
| 440,0         | 497,0 | Halita grisácea con escasa arena fina y muy escasa presencia de arcilla  |
| 497,0         | 500,0 | Arcilla marrón con muy escasa presencia de halita microcristalina  |
| 500,0         | 635,0 | Arenisca fina grisácea a marrón con presencia de arcilla y limo  |

**TABLA A.15.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-15, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 11,0  | Arcilla limosa marrón con escasa halita diseminada  |
| 11,0          | 56,0  | Sin recuperación de detrito   |
| 56,0          | 170,0 | Halita marrón a grisácea con arena fina y/o arcilla diseminada                                |
| 170,0         | 197,0 | Arcilla marrón a negra con presencia de materia orgánica                                      |
| 197,0         | 320,0 | Arena fina grisácea a marrón con escasa presencia de arcilla                                  |
| 320,0         | 377,0 | Arena fina a media marrón, en parte presencia de grava fina                                   |
| 377,0         | 437,0 | Arena a arena limosa marrón fina a media con menor presencia de grava al inicio del intervalo |
| 437,0         | 485,0 | Arena grisácea media a gruesa   |
| 485,0         | 548,0 | Arenisca fina a media de color grisáceo. Presencia de arcilla y limo                          |
| 548,0         | 594,0 | Arenisca fina a gruesa grisácea   |

**TABLA A.16.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-16, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 2,0   | Arena muy fina marrón con escasa arcilla y presencia de halita diseminada                                  |
| 2,0           | 44,0  | Halita cristalina grisácea   |
| 44,0          | 83,0  | Arcilla grisácea con escasa halita y arena fina  |
| 83,0          | 344,0 | Halita cristalina grisácea a negra, con presencia de arena y/o arcilla rellenando cavidades y en fracturas |
| 344,0         | 389,0 | Arcilla y arcilla limosa negra con halita microcristalina diseminada.<br>Presencia de materia orgánica     |
| 389,0         | 398,0 | Arena fina negra   |
| 398,0         | 458,0 | Arcilla limosa grisácea con niveles de hasta 50 cm de halita cristalina                                    |
| 458,0         | 641,0 | Halita grisácea con arcilla limosa y arena rellenando cavidades  |

**TABLA A.17.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-17, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 23,0  | Arcilla marrón con escasos fragmentos de halita   |
| 23,0          | 50,0  | Halita grisácea con arcilla relleno de cavidades  |
| 50,0          | 65,0  | Arcilla marrón con arena fina y escasa halita diseminada                                  |
| 65,0          | 155,0 | Halita grisácea a negra con arena fina y arcilla relleno de cavidades.                    |
| 155,0         | 347,0 | Arena de grano fino a medio, grisácea a marrón con halita diseminada y muy escasa arcilla |
| 347,0         | 359,0 | Grava fina con arena media a gruesa   |
| 359,0         | 605,0 | Arenisca media a gruesa con menor presencia de arcilla.                                   |

**TABLA A.18.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-18, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 5,0   | Limo arcilloso con presencia de halita microcristalina   |
| 5,0           | 65,0  | Sin recuperación de muestra  |
| 65,0          | 74,0  | Arcilla limosa de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 74,0          | 101,0 | Halita cristalina con presencia de arcilla limosa marrón en cavidades  |
| 101,0         | 122,0 | Arcilla limosa de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 122,0         | 131,0 | Halita cristalina con presencia de arcilla limosa marrón en cavidades  |
| 131,0         | 137,0 | Arcilla limosa de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 137,0         | 197,0 | Halita cristalina con presencia de arcilla limosa marrón en cavidades. Muy escasa presencia de arena                                   |
| 197,0         | 242,0 | Arcilla limosa de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 242,0         | 323,0 | Arena fina a media de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 323,0         | 335,0 | Arcilla limosa de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 335,0         | 344,0 | Arena fina de color marrón con escasa halita diseminada  |
| 344,0         | 353,0 | Arcilla de color marrón con escasa halita diseminada   |
| 353,0         | 467,0 | Arena fina a media, en algunos tramos presencia de arena gruesa. Hacia el final del intervalo escasa presencia de arcilla en la matriz |
| 467,0         | 578,0 | Arenisca de grano fino color marrón  |
| 578,0         | 605,0 | Arcilla marrón, en parte presencia de arena fina   |

**TABLA A.19.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-19, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 11,0  | Arcilla marrón con presencia de halita   |
| 11,0          | 113,0 | Halita con escasa presencia de arcilla y arcilla limosa gris oscura                |
| 113,0         | 119,0 | Arena fina con presencia de halita y arcilla                                       |
| 119,0         | 185,0 | Halita con presencia de arcilla negra  |
| 185,0         | 188,0 | Arcilla con menor presencia de halita  |
| 188,0         | 191,0 | Halita con menor presencia de arena y arcilla                                      |
| 191,0         | 194,0 | Arcilla con menor presencia de halita  |
| 194,0         | 287,0 | Halita con menor presencia de arcilla y limos                                      |
| 287,0         | 293,0 | Arcilla negra con presencia de materia orgánica                                    |
| 293,0         | 299,0 | Halita con menor presencia de arcillas   |
| 299,0         | 341,0 | Arcilla negra con presencia de materia orgánica                                    |
| 341,0         | 392,0 | Arena negra muy fina con presencia de arcilla y halita en la matriz                |
| 392,0         | 413,0 | Arcilla negra con presencia de materia orgánica                                    |
| 413,0         | 485,0 | Halita con menor presencia de arcilla y arena relleno de cavidades                 |
| 485,0         | 530,0 | Arcilla negra con presencia de arena fina y menor halita                           |
| 530,0         | 551,0 | Halita con menor presencia de arcilla y arena relleno de cavidades                 |
| 551,0         | 587,0 | Arenisca grisácea muy fina a fina con menor presencia de arcilla grisácea y halita |
| 587,0         | 602,0 | Halita con escasa presencia de arena fina grisácea                                 |

**TABLA A.20.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW18-20, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico                                   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 11,0  | Arena de tamaño medio                                |
| 11,0          | 14,0  | Halita con presencia de arcilla y arena en cavidades |
| 14,0          | 248,0 | Arcilla negra con presencia de halita y arena fina   |
| 248,0         | 251,0 | Arena fina con halita y arcilla diseminada           |
| 251,0         | 296,0 | Halita con presencia de arcilla y arena en cavidades |
| 296,0         | 299,0 | Arcilla con menor presencia de halita                |
| 299,0         | 314,0 | Halita con presencia de arcilla y arena en cavidades |
| 314,0         | 341,0 | Arena fina con halita y arcilla diseminada           |
| 341,0         | 344,0 | Arcilla negra con presencia de halita y arena        |
| 344,0         | 347,0 | Arena fina con halita y arcilla diseminada           |
| 347,0         | 350,0 | Arcilla negra con presencia de halita y arena        |
| 350,0         | 449,0 | Arena fina con halita y arcilla diseminada           |
| 449,0         | 527,0 | Arcilla negra con presencia de halita y arena        |
| 527,0         | 536,0 | Arena fina con halita y arcilla diseminada           |
| 536,0         | 575,0 | Halita con presencia de arcilla y arena en cavidades |

**TABLA A.21.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW19-21, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 14,0  | Arena marrón fina a media   |
| 14,0          | 29,0  | Arcilla gris oscura con intercalaciones de arena fina   |
| 29,0          | 104,0 | Arena fina a media, marrón, con escasa arcilla y halita diseminada  |
| 104,0         | 116,0 | Arcilla y limo marrón con halita microcristalina  |
| 116,0         | 269,0 | Arena fina a media, marrón, con escasa arcilla y halita diseminada. En partes presencia de grava fina         |
| 269,0         | 276,6 | Arcilla y limo marrón con halita microcristalina  |
| 276,6         | 379,0 | Arena fina a media, marrón, con escasa arcilla y halita diseminada. En partes presencia de grava fina a media |
| 379,0         | 445,0 | Flujo piroclástico  |
| 445,0         | 574,3 | Brecha sedimentaria rojiza con presencia de arena y limo  |

**TABLA A.22.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGMW19-22, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 105,5 | Arena media a gruesa, con menor presencia de arcilla gris oscura y halita                 |
| 105,5         | 115,5 | Grava de tamaño medio y escasa arena de tamaño medio con muy escasa arcilla marrón        |
| 115,5         | 193,5 | Toba piroclástica   |
| 193,5         | 222,0 | Arena grisácea con escasa grava   |
| 222,0         | 228,0 | Brecha sedimentaria   |
| 228,0         | 286,0 | Arena fina con escasa grava   |
| 286,0         | 312,0 | Brecha sedimentaria semi-consolidada  |
| 312,0         | 331,5 | Arena fina a media con intercalaciones de grava fina                                      |
| 331,5         | 357,0 | Brecha sedimentaria, medianamente consolidada con presencia de grava y arena en la matriz |
| 357,0         | 362,0 | Arcilla con escasa presencia de brecha sedimentaria                                       |
| 362,0         | 464,5 | Arena de tamaño medio con escasos fragmentos líticos                                      |

**TABLA A.23.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGWW18-01, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 20,0  | Grava marrón fina a media con presencia de arena media a gruesa |
| 20,0          | 31,0  | Arena marrón media a gruesa con mala selección                  |
| 31,0          | 42,0  | Arena marrón media a gruesa, bien seleccionada                  |

**TABLA A.24.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGWW19-02, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 2,0   | Limo y arcilla marrón con menor presencia de arena y halita                             |
| 2,0           | 11,0  | Grava media con presencia de limo y arcilla marrón y muy escasa halita                  |
| 11,0          | 14,0  | Limo y arcilla marrón con menor presencia de grava, arena y halita                      |
| 14,0          | 59,0  | Arena fina a gruesa marrón con presencia de limo y arcillas y menor presencia de halita |
| 59,0          | 62,0  | Arcilla marrón con escasa arena fina  |

**TABLA A.25.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGWW19-03, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 8,0   | Limo y arcilla marrón con menor presencia de halita  |
| 8,0           | 11,0  | Grava media a gruesa con presencia de arcilla y escasa halita                              |
| 11,0          | 23,0  | Limo y arcilla marrón con presencia de grava media y escasa halita                         |
| 23,0          | 35,0  | Arena fina de color gris oscuro, con presencia de fragmentos líticos y cristales de halita |
| 35,0          | 44,0  | Grava media a gruesa con presencia de limo y arcilla                                       |
| 44,0          | 62,0  | Arena marrón media   |

**TABLA A.26.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGWW19-04, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico   |
|---------------|-------|--|
| Desde         | Hasta |  |
| 0             | 5,0   | Arena marrón muy fina a fina con menor presencia de arcilla y limo |
| 5,0           | 17,0  | Limo y arcilla marrón  |
| 17,0          | 23,0  | Arena marrón media con menor presencia de arcilla y limo           |
| 23,0          | 44,0  | Limo y arcilla marrón  |
| 44,0          | 53,0  | Arena grisácea media con menor presencia de arcilla y limo         |
| 53,0          | 62,0  | Limo y arcilla marrón  |

**TABLA A.27.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGWW19-05, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 17,0  | Arcilla y limo marrón   |
| 17,0          | 62,0  | Grava fina a media de color marrón con menor contenido de arena fina y arcillas |

**TABLA A.28.** RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL POZO DE  
MONITOREO PGWW19-06, PROYECTO PASTOS GRANDES, PROVINCIA DE SALTA,  
ARGENTINA

| Intervalo (m) |       | Resumen litológico  |
|---------------|-------|---|
| Desde         | Hasta |   |
| 0             | 2,0   | Arcilla y limo marrón   |
| 2,0           | 5,0   | Grava fina a media de color marrón con menor contenido de arena fina y arcillas |
| 5,0           | 14,0  | Arcilla y limo marrón con escasa presencia de grava                             |
| 14,0          | 35,0  | Grava marrón media con presencia arcillas y niveles de arena gruesa             |
| 35,0          | 44,0  | Arena muy fina a fina con menor presencia de limo y arcilla                     |
| 44,0          | 62,0  | Grava marrón fina con escasa arcilla  |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          |                 |       | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |      |       |      |     |      | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |
|------------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|-----------------|-------|--|------|-------|------|-----|------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|            |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        |                 | ANIONES          |        |          |                 |       | B  | Ba   | Sr    | Li   | Fe  | Mn   | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |
|            |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       | SO <sub>4</sub> |       |  |      |       |      |     |      |                      |                     |         |         |         |                    |
| PGMW16-01b | PGS1602    | 16-11-2016    | 107,5 - 108,5             | 725.7   | 3277.6 | 115651.8 | 5781.9 | <1.0            | 838              | 687    | 193391   | 11451           | 770.2 | <0,10  | 20.1 | 471.2 | 5.4  | 1.3 | 1.21 | 7.05                 | 283.40              | 331360  | ---     | -1.8    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1611    | 03-12-2016    | 275 - 300                 | 767.4   | 2136.6 | 111858.0 | 3860.1 | <1.0            | 1060.1           | 869.0  | 185443.1 | 8050.9          | 601.2 | <0,10  | 13.9 | 369.1 | 34.6 | 3.8 | 1.20 | 6.10                 | 241.80              | 333600  | ---     | -2.0    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1612    | 04-12-2016    | 224 - 225                 | 761.2   | 2676.5 | 105334.4 | 4856.3 | <1.0            | 769.9            | 631.1  | 188092.3 | 9285.7          | 672.8 | <0,10  | 20.8 | 430.5 | 7.9  | 1.0 | 1.21 | 7.00                 | 235.60              | 340260  | ---     | -5.0    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1613    | 04-12-2016    | 197 - 198                 | 775.4   | 2594.8 | 102386.8 | 4715.2 | <1.0            | 764.0            | 626.2  | 182793.9 | 9178.7          | 648.0 | <0,10  | 20.0 | 415.1 | 8.6  | 1.0 | 1.21 | 6.90                 | 241.10              | 344740  | ---     | -5.0    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1614    | 04-12-2016    | 167 - 168                 | 686.8   | 2148.5 | 83992.6  | 3980.1 | <1.0            | 1320.7           | 1082.6 | 145705.3 | 6272.8          | 515.5 | <0,10  | 13.2 | 376.6 | 7.4  | 0.6 | 1.16 | 6.50                 | 226.80              | 255360  | ---     | -3.4    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1615    | 04-12-2016    | 146 - 147                 | 529.6   | 1558.9 | 59852.6  | 3084.9 | <1.0            | 1196.3           | 980.6  | 106850.6 | 4609.9          | 385.5 | 0.16   | 9.6  | 296.6 | 20.7 | 0.8 | 1.12 | 6.60                 | 197.50              | 187560  | ---     | -4.7    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1616    | 04-12-2016    | 116 - 117                 | 883.3   | 2365.3 | 85481.6  | 4073.0 | <1.0            | 1184.5           | 970.9  | 153652.9 | 7927.4          | 615.1 | 0.16   | 18.1 | 372.4 | 14.0 | 1.0 | 1.17 | 7.00                 | 230.00              | 271280  | ---     | -5.1    |                    |
| PGMW16-01b | PGS1617    | 04-12-2016    | 94 - 95                   | 783.7   | 2786.2 | 97670.6  | 4691.6 | <1.0            | 858.8            | 703.9  | 182793.9 | 9615.0          | 676.3 | <0,10  | 20.5 | 422.8 | 5.7  | 0.9 | 1.20 | 7.05                 | 240.20              | 324960  | ---     | -7.1    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1620    | 18-12-2016    | 375 - 400                 | 717.6   | 2324.5 | 114512.9 | 4180.9 | <1.0            | 698.9            | 572.8  | 190741.5 | 8536.6          | 553.7 | <0,10  | 16.5 | 389.2 | 11.3 | 3.6 | 1.21 | 6.55                 | 245.30              | 331040  | ---     | -2.1    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1621    | 21-12-2016    | 343 - 344                 | 726.1   | 2311.0 | 118608.9 | 4062.2 | <1.0            | 730.4            | 598.7  | 188975.4 | 8569.5          | 583.8 | <0,10  | 15.1 | 392.4 | 20.3 | 3.4 | 1.21 | 6.45                 | 246.50              | 328200  | ---     | -0.1    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1623    | 22-12-2016    | 322 - 323                 | 728.7   | 2320.6 | 113990.7 | 4092.6 | <1.0            | 722.5            | 592.2  | 189858.4 | 8544.8          | 583.5 | <0,10  | 15.0 | 393.8 | 12.6 | 3.6 | 1.21 | 6.45                 | 248.70              | 328040  | ---     | -2.2    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1624    | 22-12-2016    | 301 - 302                 | 753.0   | 2312.6 | 119517.1 | 4206.6 | <1.0            | 931.8            | 763.8  | 188975.4 | 8454.3          | 581.9 | <0,10  | 14.9 | 398.6 | 9.8  | 7.3 | 1.21 | 6.40                 | 248.00              | 325040  | ---     | 0.3     |                    |
| PGMW16-02  | PGS1626    | 22-12-2016    | 274 - 275                 | 760.9   | 2206.0 | 117895.7 | 4080.8 | <1.0            | 1006.8           | 825.3  | 189858.4 | 8388.4          | 588.5 | <0,10  | 13.2 | 393.3 | 17.9 | 9.5 | 1.21 | 6.35                 | 248.80              | 325800  | ---     | -0.7    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1627    | 04-01-2017    | 253 - 254                 | 731.0   | 2355.0 | 112758.0 | 3836.9 | <1.0            | 544.1            | 446.0  | 186652.8 | 8783.2          | 576.7 | <0,10  | 19.8 | 369.5 | 6.1  | 2.2 | 1.22 | 6.54                 | 195.20              | 300700  | ---     | -1.9    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1628    | 04-01-2017    | 225 - 226                 | 676.1   | 2132.0 | 112741.0 | 3590.8 | <1.0            | 546.6            | 448.0  | 186692.6 | 8268.8          | 529.1 | <0,10  | 18.9 | 362.8 | 3.3  | 1.9 | 1.22 | 6.57                 | 197.10              | 296000  | ---     | -2.1    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1629    | 04-01-2017    | 200 - 201                 | 687.2   | 2130.9 | 112553.0 | 3608.6 | <1.0            | 500.2            | 410.0  | 185254.6 | 8593.9          | 506.5 | <0,10  | 20.9 | 339.3 | 9.6  | 1.2 | 1.22 | 6.67                 | 201.00              | 289900  | ---     | -1.8    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1630    | 04-01-2017    | 157 - 158                 | 685.2   | 2593.5 | 112288.0 | 4270.9 | <1.0            | 768.6            | 630.0  | 184415.7 | 9186.6          | 541.7 | <0,10  | 22.3 | 388.1 | 3.1  | <1  | 1.22 | 7.30                 | 197.60              | 303900  | ---     | -1.4    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1731    | 05-01-2017    | 113 - 114                 | 651.2   | 2498.8 | 113930.0 | 4045.7 | <1.0            | 751.5            | 616.0  | 182737.9 | 9264.8          | 512.8 | <0,10  | 23.5 | 377.2 | 3.2  | <1  | 1.22 | 7.31                 | 202.00              | 303000  | 14.6    | -0.4    |                    |
| PGMW16-02  | PGS1733    | 05-01-2017    | 71 - 72                   | 742.9   | 2743.1 | 118356.8 | 4531.3 | <1.0            | 790.6            | 648.0  | 187698.4 | 9215.4          | 584.6 | 0.2  | 24.8 | 397.8 | 3.9  | <1  | 1.22 | 7.34                 | 201.00              | 309600  | 11.9    | 0.4     |                    |
| PGMW16-03  | PGS1735    | 13-01-2017    | 127 - 128                 | 855.2   | 2141.1 | 119095.2 | 3589.3 | <1.0            | 983.3            | 806.0  | 191511.7 | 4519.2          | 518.1 | 0.4  | 32.8 | 307.7 | 14.2 | <1  | 1.22 | 7.55                 | 192.20              | 310600  | 11.0    | 0.0     |                    |
| PGMW16-03  | PGS1736    | 14-01-2017    | 148 - 149                 | 555.0   | 1557.5 | 71279.8  | 2783.2 | <1.0            | 939.4            | 770.0  | 116799.5 | 6145.0          | 367.7 | 0.3  | 17.5 | 247.1 | 31.0 | 1.1 | 1.14 | 6.06                 | 158.80              | 183500  | 12.6    | -1.4    |                    |
| PGMW17-04  | PGS1750    | 30-03-2017    | 215.5 - 216.5             | 685.5   | 2969.4 | 117308.9 | 5190.4 | <1.0            | 468.5            | 384.0  | 182755.2 | 9832.8          | 625.7 | <0,20  | 18.6 | 456.6 | 2.1  | 1.5 | 1.22 | 7.03                 | 187.70              | 342100  | 9.8     | 1.5     |                    |
| PGMW17-04b | PGS1754    | 30-03-2017    | 93.5 - 96.5               | 442.2   | 5130.2 | 112627.5 | 6123.8 | <1.0            | 590.5            | 484.0  | 179224.4 | 13998.0         | 816.4 | <0,20  | 10.2 | 623.2 | 1.2  | 8.0 | 1.22 | 6.91                 | 184.60              | 344600  | 8.5     | 1.5     |                    |
| PGMW17-04  | PGS1756    | 31-03-2017    | 7 - 8                     | 482.0   | 4570.6 | 112408.8 | 6092.0 | <1.0            | 636.8            | 522.0  | 181625.4 | 13537.1         | 767.4 | 0.2  | 12.9 | 579.4 | 1.1  | 6.4 | 1.22 | 7.01                 | 186.70              | 342700  | 16.8    | 0.5     |                    |
| PGMW17-04b | PGS1759    | 02-04-2017    | 183.5 - 186.5             | 583.0   | 2526.1 | 113282.5 | 6147.5 | <1.0            | 561.2            | 460.0  | 184026.3 | 10215.6         | 752.1 | <0,20  | 12.3 | 463.3 | 4.8  | <1  | 1.22 | 7.16                 | 190.10              | 338900  | 7.8     | -0.7    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1760    | 03-04-2017    | 168.5 - 171.5             | 629.7   | 2762.2 | 111818.1 | 5699.6 | <1.0            | 571.0            | 468.0  | 188111.9 | 10092.1         | 830.1 | <0,20  | 12.8 | 516.2 | 2.6  | <1  | 1.22 | 7.04                 | 193.40              | 336900  | 13.2    | -2.2    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1761    | 03-04-2017    | 139 - 142                 | 633.8   | 2581.2 | 112068.0 | 6071.3 | <1.0            | 566.1            | 464.0  | 188394.5 | 10071.5         | 833.3 | <0,20  | 12.7 | 524.2 | 2.4  | <1  | 1.22 | 7.05                 | 195.70              | 330000  | 10.4    | -2.2    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1762    | 04-04-2017    | 123.5 - 126.5             | 637.5   | 2773.0 | 113334.0 | 6072.6 | <1.0            | 558.8            | 458.0  | 187826.9 | 10182.6         | 850.4 | <0,20  | 12.9 | 546.0 | 3.7  | <1  | 1.22 | 7.05                 | 194.40              | 341100  | 9.3     | -1.4    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1769    | 14-04-2017    | 396.5 - 399.5             | 722.4   | 3246.2 | 112200.7 | 5013.7 | <1.0            | 575.8            | 472.0  | 189537.0 | 9762.8          | 649.3 | <0,20  | 17.0 | 517.5 | 10.0 | <1  | 1.22 | 7.06                 | 191.30              | 326900  | 12.8    | -2.1    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1770    | 14-04-2017    | 390.5 - 393.5             | 766.5   | 3210.4 | 109208.0 | 4777.1 | <1.0            | 444.1            | 364.0  | 184406.6 | 8528.1          | 634.3 | <0,20  | 17.0 | 528.6 | 2.6  | <1  | 1.22 | 6.85                 | 192.20              | 331700  | 16.1    | -1.8    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1771    | 14-04-2017    | 378.5 - 381.5             | 785.2   | 3129.1 | 111669.5 | 5165.6 | <1.0            | 458.7            | 376.0  | 186401.8 | 9050.8          | 651.5 | <0,20  | 17.6 | 537.1 | 7.5  | <1  | 1.22 | 6.89                 | 192.10              | 333300  | 13      | -1.4    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1772    | 14-04-2017    | 372.5 - 375.5             | 824.8   | 2887.7 | 110268.6 | 4925.1 | <1.0            | 373.3            | 306.0  | 184549.2 | 8359.3          | 644.1 | <0,20  | 17.2 | 542.0 | 8.0  | <1  | 1.22 | 6.73                 | 191.60              | 331900  | 11      | -1.6    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1774    | 14-04-2017    | 327.5 - 330.5             | 786.6   | 2876.5 | 110767.5 | 4795.4 | <1.0            | 417.2            | 342.0  | 187684.4 | 8626.8          | 636.2 | <0,20  | 17.3 | 497.6 | 9.7  | <1  | 1.22 | 6.81                 | 191.80              | 325600  | 9.5     | -2.3    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1775    | 15-04-2017    | 300.5 - 303.5             | 734.9   | 2461.4 | 111191.2 | 5046.3 | <1.0            | 470.9            | 386.0  | 185689.2 | 9417.1          | 678.2 | <0,20  | 16.5 | 492.3 | 8.5  | <1  | 1.21 | 6.89                 | 191.70              | 328900  | 13.1    | -2.0    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1776    | 16-04-2017    | 273.5 - 276.5             | 688.6   | 3323.0 | 113232.5 | 5279.5 | <1.0            | 561.2            | 460.0  | 187256.8 | 10133.2         | 707.7 | <0,20  | 18.0 | 523.2 | 9.5  | <1  | 1.22 | 7.02                 | 191.60              | 321600  | 12.8    | -1.0    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1777    | 17-04-2017    | 264.5 - 267.5             | 695.1   | 3338.6 | 111462.5 | 6082.7 | <1.0            | 546.6            | 448.0  | 186401.8 | 9688.7          | 740.7 | <0,20  | 15.8 | 547.6 | 11.8 | <1  | 1.22 | 6.99                 | 187.40              | 328800  | 10.6    | -1.3    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1779    | 21-04-2017    | 252.5 - 255.5             | 682.6   | 3127.2 | 112858.7 | 5489.7 | <1.0            | 446.5            | 366.0  | 190819.6 | 9149.6          | 765.4 | <0,20  | 16.5 | 548.1 | 3.6  | <1  | 1.22 | 6.83                 | 191.90              | 328000  | 8.4     | -2.0    |                    |
| PGMW17-04b | PGS1780    | 21-04-2017    | 243.5 - 246.5             | 699.7   | 2989.8 | 111005.9 | 4905.8 | <1.0            | 483.1            | 396.0  | 188254.4 | 8877.9          | 685.3 | <0,20  | 18.0 | 488.5 | 4.4  | <1  | 1.22 | 6.95                 | 192.60              | 327400  | 9.2     | -2.3    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17170   | 14-04-2017    | 472 - 475                 | 786.1   | 3069.5 | 115539.7 | 5350.4 | <1.0            | 385.5            | 316.0  | 193619.4 | 8919.1          | 606.1 | <0,20  | 16.4 | 534.3 | 7.4  | 1.5 | 1.22 | 6.78                 | 193.80              | 332400  | 12.3    | -1.6    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17171   | 14-04-2017    | 466 - 469                 | 822.6   | 2934.5 | 113949.1 | 5345.9 | <1.0            | 305.0            | 250.0  | 194473.6 | 7984.8          | 568.3 | <0,20  | 15.2 | 536.3 | 6.0  | 2.8 | 1.22 | 6.67                 | 194.30              | 329500  | 14.6    | -2.4    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17172   | 14-04-2017    | 460 - 463                 | 809.9   | 2825.0 | 114496.6 | 5343.1 | <1.0            | 327.0            | 268.0  | 194900.7 | 4338.1          | 584.9 | <0,20  | 15.6 | 539.8 | 5.9  | 1.7 | 1.22 | 6.71                 | 193.50              | 332300  | 11.6    | -1.7    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17173   | 14-04-2017    | 454 - 457                 | 835.4   | 2846.0 | 115936.3 | 5309.7 | <1.0            | 295.2            | 242.0  | 191911.0 | 7527.9          | 569.8 | <0,20  | 14.8 | 538.8 | 5.3  | 2.7 | 1.22 | 6.65                 | 193.70              | 327800  | 11.7    | -0.9    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17174   | 14-04-2017    | 448 - 451                 | 825.5   | 2895.5 | 116064.4 | 5271.3 | <1.0            | 285.5            | 234.0  | 193761.8 | 8408.7          | 590.5 | <0,20  | 15.6 | 542.0 | 5.8  | 1.7 | 1.22 | 6.7                  | 193.20              | 328300  | 13.8    | -1.5    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17175   | 14-04-2017    | 442 - 445                 | 837.0   | 2838.6 | 113702.7 | 5281.8 | <1.0            | 270.8            | 222.0  | 189917.8 | 7589.6          | 572.6 | <0,20  | 15.1 | 546.5 | 6.5  | 1.7 | 1.22 | 6.66                 | 192.50              | 334700  | 11.2    | -1.3    |                    |
| PGMW17-04b | PGS17177   | 15-04-2017    | 436 - 439                 | 84  |        |          |        |                 |                  |        |          |                 |       |  |      |       |      |     |      |                      |                     |         |         |         |                    |

**ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA**

1377800

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |       |          | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |       |       |      |       |       | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |                 |
|------------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|-------|----------|--|-------|-------|------|-------|-------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
|            |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        | ANIONES         |                  |       |          | B  | Ba    | Sr    | Li   | Fe    | Mn    | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |                 |
|            |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.  | Cl       |  |       |       |      |       |       |                      |                     |         |         |         |                    | SO <sub>4</sub> |
| PGMW17-05  | PGS1798    | 04-05-2017    | 57,5 - 60,5               | 628.8   | 3734.6 | 112354.0 | 5877.1 | <1.0            | 773.5            | 634.0 | 185348.2 | 11125.2  | 861.0 | <0.20 | 18.6 | 558.5 | 2.1   | <1                   | 1.22                | 7.14    | 190.20  | 330200  | 4.8                | -0.7            |
| PGMW17-05  | PGS1799    | 04-05-2017    | 50 - 53                   | 620.1   | 3743.5 | 111750.1 | 5657.7 | <1.0            | 741.8            | 608.0 | 182811.1 | 11322.7  | 818.5 | <0.20 | 18.5 | 550.6 | 1.6   | <1                   | 1.22                | 7.17    | 190.80  | 344400  | 4.8                | -0.4            |
| PGMW17-05  | PGS17151   | 04-05-2017    | 25,7 - 30,5               | 673.0   | 3198.9 | 114750.0 | 4679.9 | <1.0            | 695.4            | 570.0 | 181683.5 | 10125.0  | 797.7 | <0.20 | 18.4 | 460.4 | 3.7   | <1                   | 1.22                | 7.16    | 190.10  | 337000  | 6.1                | 0.8             |
| PGMW17-05c | PGS17220   | 22-06-2017    | 417,7 - 419,7             | 786.1   | 2884.1 | 112043.9 | 5722.7 | <1.0            | 505.1            | 414.0 | 183546.8 | 8766.8   | 879.5 | <0.20 | 16.4 | 560.0 | 13.4  | <1                   | 1.22                | 6.47    | 219.00  | 319700  | 2.8                | -0.5            |
| PGMW17-05c | PGS17223   | 22-06-2017    | 411,7 - 413,7             | 793.7   | 2904.3 | 113273.6 | 5825.4 | <1.0            | 507.5            | 416.0 | 181141.0 | 8915.0   | 932.2 | <0.20 | 16.0 | 573.8 | 6.4   | <1                   | 1.22                | 6.58    | 220.00  | 322400  | 10.5               | 0.7             |
| PGMW17-05c | PGS17224   | 23-06-2017    | 387,7 - 389,0             | 703.8   | 3088.9 | 112487.3 | 5691.5 | <1.0            | 446.5            | 366.0 | 181707.1 | 9762.8   | 918.8 | <0.20 | 15.8 | 548.9 | 6.5   | <1                   | 1.22                | 6.54    | 217.00  | 323400  | 8.2                | 0.1             |
| PGMW17-05c | PGS17225   | 23-06-2017    | 381,7 - 383,7             | 738.5   | 2859.9 | 112958.5 | 5648.0 | <1.0            | 397.7            | 326.0 | 181707.1 | 9219.5   | 929.3 | <0.20 | 15.5 | 539.3 | 7.1   | <1                   | 1.22                | 6.46    | 220.00  | 327200  | 9.8                | 0.2             |
| PGMW17-05c | PGS17226   | 12-07-2017    | 592 - 593                 | 838.0   | 2773.8 | 115448.0 | 5482.9 | <1.0            | 907.7            | 744.0 | 184203.8 | 6906.4   | 666.3 | <0.20 | 17.9 | 538.7 | 32.8  | 1.7                  | 1.22                | 6.47    | 205.00  | 303500  | 3.9                | 0.9             |
| PGMW17-05c | PGS17227   | 12-07-2017    | 574 - 575                 | 774.9   | 3282.7 | 115157.0 | 5720.1 | <1.0            | 712.5            | 584.0 | 187058.3 | 8684.5   | 697.4 | <0.20 | 18.0 | 569.6 | 13.5  | 1.1                  | 1.22                | 6.40    | 206.00  | 305900  | 12.7               | 0.1             |
| PGMW17-05c | PGS17228   | 13-07-2017    | 562 - 563                 | 683.5   | 3490.0 | 114317.1 | 5962.8 | <1.0            | 466.0            | 382.0 | 185161.7 | 9853.4   | 715.7 | <0.20 | 17.9 | 540.3 | 10.4  | <1                   | 1.22                | 6.53    | 202.00  | 329200  | 7.8                | 0.3             |
| PGMW17-05c | PGS17230   | 17-07-2017    | 538 - 539                 | 853.3   | 3169.4 | 111686.9 | 5643.0 | <1.0            | 505.1            | 414.0 | 183331.2 | 8025.9   | 732.0 | <0.20 | 18.8 | 552.2 | 19.0  | <1                   | 1.22                | 6.55    | 203.00  | 325300  | 6.1                | -0.2            |
| PGMW17-05c | PGS17232   | 20-07-2017    | 526 - 527                 | 666.4   | 3495.6 | 112465.3 | 6056.2 | <1.0            | 571.0            | 468.0 | 184739.3 | 10808.2  | 704.1 | <0.20 | 17.4 | 515.4 | 10.0  | <1                   | 1.22                | 6.78    | 201.00  | 331200  | 7.9                | -0.5            |
| PGMW17-05c | PGS17235   | 21-07-2017    | 514 - 515                 | 669.0   | 3554.8 | 113300.0 | 5777.6 | <1.0            | 602.7            | 494.0 | 184176.1 | 10133.2  | 723.4 | <0.20 | 17.0 | 540.9 | 8.4   | <1                   | 1.22                | 6.54    | 201.00  | 313400  | 12.9               | 0.1             |
| PGMW17-05c | PGS17236   | 21-07-2017    | 496 - 497                 | 776.0   | 3333.1 | 112461.7 | 5983.1 | <1.0            | 597.8            | 490.0 | 182768.0 | 9779.3   | 721.4 | <0.20 | 18.6 | 538.9 | 13.6  | <1                   | 1.22                | 6.57    | 202.00  | 328500  | 8                  | 0.1             |
| PGMW17-05c | PGS17237   | 22-07-2017    | 478 - 479                 | 622.4   | 3744.8 | 112983.8 | 6186.4 | <1.0            | 624.6            | 512.0 | 183190.4 | 10446.1  | 732.3 | <0.20 | 18.1 | 534.5 | 10.1  | <1                   | 1.22                | 6.85    | 201.00  | 327900  | 9.3                | 0.3             |
| PGMW17-05c | PGS17238   | 22-07-2017    | 442 - 443                 | 641.0   | 3639.3 | 112902.3 | 6142.3 | <1.0            | 663.7            | 544.0 | 183472.0 | 10725.9  | 761.0 | <0.20 | 17.7 | 538.0 | 13.3  | <1                   | 1.22                | 6.86    | 203.00  | 332700  | 10.1               | 0.1             |
| PGMW17-05c | PGS17239   | 22-07-2017    | 430 - 431                 | 709.3   | 3463.1 | 114879.2 | 6009.3 | <1.0            | 612.4            | 502.0 | 184176.1 | 8025.9   | 763.9 | <0.20 | 18.0 | 543.4 | 9.2   | <1                   | 1.22                | 6.65    | 201.00  | 326700  | 10.6               | 1.1             |
| PGMW17-06c | PGS17615   | 26-08-2017    | 319 - 320                 | 815.0   | 2720.0 | 106000.0 | 3450.0 | <1.0            | 472.4            | 472.4 | 187207.0 | 7915.0   | 606.0 | <0.20 | 17.8 | 346.0 | 16.3  | 6.0                  | 1.21                | 7.07    | 183.20  | 329800  | 10.3               | -4.5            |
| PGMW17-06c | PGS17617   | 26-08-2017    | 305 - 307                 | 791.0   | 2090.0 | 107000.0 | 2610.0 | <1.0            | 494.6            | 494.6 | 189991.0 | 7079.0   | 542.0 | <0.20 | 16.9 | 263.0 | 21.3  | 5.2                  | 1.21                | 7.06    | 192.00  | 333100  | 6.6                | -5.4            |
| PGMW17-06c | PGS17618   | 27-08-2017    | 105 - 107                 | 934.0   | 2580.0 | 106000.0 | 2960.0 | <1.0            | 426.2            | 426.2 | 188243.0 | 7294.0   | 659.0 | <0.20 | 19.6 | 316.0 | 21.4  | 7.8                  | 1.21                | 7.02    | 185.20  | 329800  | 5.6                | -4.8            |
| PGMW17-06c | PGS17635   | 22-09-2017    | 507 - 508,7               | 596.0   | 3420.0 | 99400.0  | 5480.0 | <1.0            | 742.9            | 742.9 | 190813.0 | 10619.0  | 627.0 | <0.20 | 21.0 | 494.0 | 58.9  | <1                   | 1.21                | 7.19    | 191.30  | 334800  | 13.5               | -7.9            |
| PGMW17-06c | PGS17636   | 23-09-2017    | 489 - 490,7               | 599.0   | 3500.0 | 112000.0 | 5610.0 | <1.0            | 746.9            | 746.9 | 187249.0 | 10329.0  | 643.0 | <0.20 | 21.7 | 504.0 | 32.3  | <1                   | 1.21                | 7.19    | 193.60  | 328600  | 7.6                | -1.4            |
| PGMW17-06c | PGS17637   | 23-09-2017    | 471 - 472,7               | 609.0   | 3390.0 | 107000.0 | 5430.0 | <1.0            | 686.3            | 686.3 | 184301.0 | 10164.0  | 638.0 | <0.20 | 21.3 | 492.0 | 38.5  | <1                   | 1.21                | 7.11    | 195.10  | 332400  | 13                 | -2.8            |
| PGMW17-06c | PGS17640   | 23-09-2017    | 456 - 457,7               | 639.0   | 3710.0 | 116000.0 | 5930.0 | <1.0            | 656.1            | 656.1 | 193482.0 | 10662.0  | 674.0 | <0.20 | 23.1 | 533.0 | 57.8  | <1                   | 1.21                | 7.14    | 197.80  | 328800  | 9.8                | -1.2            |
| PGMW17-06c | PGS17644   | 24-09-2017    | 438 - 439,7               | 671.0   | 3400.0 | 110000.0 | 5520.0 | <1.0            | 706.5            | 706.5 | 192915.0 | 10203.0  | 895.0 | <0.20 | 19.8 | 521.0 | 51.2  | 1.7                  | 1.21                | 6.90    | 196.70  | 327800  | 7.5                | -3.7            |
| PGMW17-06c | PGS17648   | 24-09-2017    | 420 - 421,7               | 661.0   | 3190.0 | 104000.0 | 5250.0 | <1.0            | 711.6            | 711.6 | 190639.0 | 9887.0   | 842.0 | <0.20 | 18.5 | 490.0 | 66.3  | 1.8                  | 1.21                | 6.84    | 197.25  | 335300  | 15.8               | -5.9            |
| PGMW17-06c | PGS17653   | 24-09-2017    | 402 - 403,7               | 709.0   | 3540.0 | 109000.0 | 5690.0 | <1.0            | 807.5            | 807.5 | 191873.0 | 10248.0  | 722.0 | <0.20 | 21.3 | 515.0 | 47.8  | 3.7                  | 1.21                | 7.08    | 195.50  | 331400  | 9.9                | -3.7            |
| PGMW17-06c | PGS17655   | 25-09-2017    | 384 - 385,7               | 821.0   | 2900.0 | 117000.0 | 5280.0 | <1.0            | 592.1            | 592.1 | 188468.0 | 9266.0   | 638.0 | <0.20 | 21.9 | 420.0 | 33.6  | 1.9                  | 1.21                | 7.00    | 197.40  | 330600  | 9.2                | 0.1             |
| PGMW17-06c | PGS17657   | 25-09-2017    | 366 - 367,7               | 769.0   | 3700.0 | 112000.0 | 5940.0 | <1.0            | 686.3            | 686.3 | 183644.0 | 9787.0   | 697.0 | <0.20 | 23.5 | 525.0 | 115.0 | 3.1                  | 1.21                | 7.12    | 197.00  | 325000  | 13.2               | -0.1            |
| PGMW17-06c | PGS17658   | 25-09-2017    | 348 - 349,7               | 686.0   | 3280.0 | 118000.0 | 5250.0 | <1.0            | 815.5            | 815.5 | 183918.0 | 9846.0   | 618.0 | <0.20 | 21.0 | 470.0 | 57.0  | 1.8                  | 1.21                | 7.10    | 196.30  | 328400  | 12                 | 1.7             |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          |                 | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |       |      |       |      |     | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |
|------------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|-----------------|--|-------|------|-------|------|-----|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|            |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        | ANIONES         |                  |        |          |                 | B  | Ba    | Sr   | Li    | Fe   | Mn  | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |
|            |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       | SO <sub>4</sub> |  |       |      |       |      |     |                      |                     |         |         |         |                    |
| PGMW17-07  | PGS17241   | 24-07-2017    | 44,3 - 44,7               | 899.7   | 2302.1 | 116821.5 | 3864.8 | <1.0            | 653.9            | 536.0  | 182768.0 | 8305.8          | 451.5  | <0.20 | 27.0 | 333.5 | 3.2  | <1  | 1.22                 | 7.45                | 203.00  | 321600  | 6.4     | 0.9                |
| PGMW17-07  | PGS17242   | 26-07-2017    | 137,3 - 138,3             | 867.1   | 2365.1 | 115963.3 | 3880.3 | <1.0            | 644.2            | 528.0  | 183472.0 | 7807.3          | 456.2  | <0.20 | 25.9 | 340.1 | 1.4  | <1  | 1.22                 | 7.41                | 205.00  | 325400  | 3.1     | 0.5                |
| PGMW17-07  | PGS17243   | 26-07-2017    | 125,3 - 126,3             | 842.5   | 2488.3 | 117322.8 | 3993.1 | <1.0            | 614.9            | 504.0  | 180799.4 | 8709.2          | 474.6  | <0.20 | 24.3 | 359.3 | 1.4  | <1  | 1.22                 | 7.37                | 204.00  | 324600  | 6.7     | 1.7                |
| PGMW17-07  | PGS17245   | 26-07-2017    | 106,3 - 107,3             | 677.0   | 2849.9 | 116002.4 | 3712.5 | <1.0            | 573.4            | 470.0  | 183331.2 | 9161.9          | 610.5  | <0.20 | 17.7 | 395.5 | 2.9  | <1  | 1.22                 | 7.14                | 204.00  | 325900  | 9.9     | 0.5                |
| PGMW17-07  | PGS17246   | 26-07-2017    | 77,3 - 78,3               | 686.0   | 2947.2 | 115128.7 | 3949.4 | <1.0            | 561.2            | 460.0  | 182627.2 | 9655.8          | 645.1  | <0.20 | 17.3 | 406.2 | 2.0  | <1  | 1.22                 | 7.08                | 202.00  | 331600  | 8.5     | 0.4                |
| PGMW17-07  | PGS17247   | 26-07-2017    | 49,3 - 50,3               | 651.6   | 2745.9 | 119387.0 | 3913.0 | <1.0            | 536.8            | 440.0  | 193956.9 | 9359.5          | 597.5  | <0.20 | 16.1 | 394.1 | 1.5  | <1  | 1.22                 | 6.97                | 208.00  | 323400  | 5.6     | -0.9               |
| PGMW17-07b | PGS17249   | 18-08-2017    | 186,5 - 187,5             | 748.3   | 2608.7 | 113778.7 | 4130.0 | <1.0            | 517.3            | 424.0  | 187951.7 | 8486.9          | 491.8  | <0.20 | 19.7 | 363.7 | 5.2  | <1  | 1.22                 | 7.08                | 190.60  | 314450  | 6       | -1.5               |
| PGMW17-07b | PGS17613   | 18-08-2017    | 165,5 - 166,5             | 720.0   | 2543.3 | 115125.4 | 3771.0 | <1.0            | 373.3            | 306.0  | 184790.8 | 8248.2          | 552.2  | <0.20 | 16.7 | 339.7 | 11.8 | <1  | 1.22                 | 6.81                | 190.30  | 310800  | 6.5     | -0.2               |
| PGMW17-07d | PGS17678   | 09-10-2017    | 474 - 476                 | 748.0   | 2450.0 | 101000.0 | 3810.0 | <1.0            | 368.3            | 368.3  | 188064.0 | 8397.0          | 466.0  | <0.20 | 15.9 | 348.0 | 6.4  | 1.7 | 1.21                 | 7.03                | 177.50  | 320800  | 13.9    | -7.2               |
| PGMW17-07d | PGS17680   | 10-10-2017    | 456 - 458                 | 744.0   | 2770.0 | 115000.0 | 4310.0 | <1.0            | 296.9            | 296.9  | 186790.0 | 8990.0          | 548.0  | <0.20 | 17.3 | 403.0 | 5.2  | 3.2 | 1.21                 | 6.79                | 195.40  | 327400  | 12.3    | -0.6               |
| PGMW17-07d | PGS17683   | 10-10-2017    | 444 - 446                 | 751.0   | 2920.0 | 111000.0 | 4550.0 | <1.0            | 281.8            | 281.8  | 189056.0 | 9137.0          | 586.0  | <0.20 | 16.8 | 427.0 | 4.3  | 4.2 | 1.21                 | 6.67                | 194.60  | 321200  | 13.7    | -2.6               |
| PGMW17-07d | PGS17684   | 10-10-2017    | 420 - 422                 | 697.0   | 2770.0 | 112000.0 | 4290.0 | <1.0            | 265.0            | 265.0  | 181328.0 | 8938.0          | 561.0  | <0.20 | 12.2 | 404.0 | 5.6  | 3.7 | 1.21                 | 6.64                | 183.30  | 325200  | 13.5    | -0.4               |
| PGMW17-07d | PGS17687   | 10-10-2017    | 402 - 404                 | 705.0   | 2900.0 | 115000.0 | 4470.0 | <1.0            | 266.3            | 266.3  | 186494.0 | 9286.0          | 588.0  | <0.20 | 15.1 | 419.0 | 5.8  | 4.4 | 1.21                 | 6.65                | 195.10  | 285400  | 15.1    | -0.4               |
| PGMW17-07d | PGS17688   | 10-10-2017    | 384 - 386                 | 698.0   | 2910.0 | 116000.0 | 4490.0 | <1.0            | 247.4            | 247.4  | 191589.0 | 9365.0          | 592.0  | <0.20 | 14.8 | 423.0 | 4.5  | 4.7 | 1.21                 | 6.63                | 195.80  | 326500  | 13.2    | -1.3               |
| PGMW17-07d | PGS17689   | 11-10-2017    | 366 - 368                 | 642.0   | 2640.0 | 103000.0 | 4110.0 | <1.0            | 255.7            | 255.7  | 186381.0 | 9268.0          | 543.0  | <0.20 | 10.4 | 390.0 | 5.1  | 4.5 | 1.21                 | 6.63                | 184.70  | 321400  | 11      | -5.8               |
| PGMW17-07d | PGS17690   | 11-10-2017    | 330 - 332                 | 697.0   | 2900.0 | 117000.0 | 4560.0 | <1.0            | 239.2            | 239.2  | 190217.0 | 9482.0          | 589.0  | <0.20 | 14.0 | 433.0 | 5.1  | 6.3 | 1.21                 | 6.54                | 189.30  | 302000  | 15.1    | -0.6               |
| PGMW17-07d | PGS17691   | 11-10-2017    | 312 - 314                 | 697.0   | 2940.0 | 118000.0 | 4620.0 | <1.0            | 235.1            | 235.1  | 195156.0 | 9842.0          | 597.0  | <0.20 | 13.9 | 438.0 | 3.1  | 6.2 | 1.21                 | 6.50                | 185.50  | 328000  | 16.3    | -1.5               |
| PGMW17-07d | PGS17692   | 11-10-2017    | 294 - 296                 | 697.0   | 2930.0 | 110000.0 | 4560.0 | <1.0            | 233.0            | 233.0  | 193670.0 | 9768.0          | 604.0  | <0.20 | 13.8 | 431.0 | 2.8  | 5.2 | 1.21                 | 6.45                | 188.30  | 324000  | 15.7    | -5.2               |
| PGMW17-07d | PGS17693   | 11-10-2017    | 276 - 278                 | 739.0   | 3170.0 | 115000.0 | 4720.0 | <1.0            | 224.8            | 224.8  | 192033.0 | 9617.0          | 647.0  | <0.20 | 14.9 | 455.0 | 5.7  | 3.2 | 1.21                 | 6.43                | 192.50  | 336200  | 13.6    | -1.6               |
| PGMW17-07d | PGS17701   | 11-10-2017    | 258 - 260                 | 675.0   | 3200.0 | 117000.0 | 4610.0 | <1.0            | 225.4            | 225.4  | 187332.0 | 9546.0          | 605.0  | <0.20 | 14.0 | 449.0 | 4.0  | 1.8 | 1.21                 | 6.47                | 194.80  | 332400  | 14      | 0.4                |
| PGMW17-07d | PGS17702   | 12-10-2017    | 240 - 242                 | 665.0   | 3260.0 | 117000.0 | 4670.0 | <1.0            | 220.6            | 220.6  | 195228.0 | 9955.0          | 598.0  | <0.20 | 14.1 | 450.0 | 4.9  | 1.2 | 1.21                 | 6.54                | 194.90  | 326600  | 14      | -1.7               |
| PGMW17-07d | PGS17703   | 12-10-2017    | 216 - 218                 | 665.0   | 3250.0 | 112000.0 | 4670.0 | <1.0            | 239.2            | 239.2  | 192846.0 | 9684.0          | 573.0  | <0.20 | 15.1 | 439.0 | 10.0 | <1  | 1.21                 | 6.68                | 193.40  | 331000  | 10.3    | -3.0               |
| PGMW17-07d | PGS17704   | 12-10-2017    | 204 - 205,7               | 665.0   | 3410.0 | 116000.0 | 4870.0 | <1.0            | 245.4            | 245.4  | 195622.0 | 10005.0         | 599.0  | <0.20 | 14.9 | 462.0 | 8.3  | <1  | 1.21                 | 6.68                | 193.50  | 331000  | 10.6    | -2.0               |
| PGMW17-08b | PGS17749   | 06-11-2017    | 356 - 358                 | 818.0   | 3160.0 | 113779.0 | 5560.0 | <1.0            | 496.9            | 496.9  | 192615.0 | 8902.0          | 919.0  | <0.20 | 19.2 | 462.0 | 11.9 | <1  | 1.21                 | 6.83                | 250.00  | 333200  | 13.5    | -1.9               |
| PGMW17-08b | PGS17751   | 07-11-2017    | 344 - 346                 | 856.0   | 2820.0 | 117000.0 | 5290.0 | <1.0            | 463.9            | 463.9  | 191750.0 | 8278.0          | 938.0  | <0.20 | 18.4 | 427.0 | 8.1  | <1  | 1.21                 | 6.81                | 251.00  | 336800  | 12.1    | -0.6               |
| PGMW17-09  | PGS17614   | 21-08-2017    | 173.5 - 174.5             | 742.0   | 2540.7 | 112489.0 | 4692.0 | <1.0            | 693.0            | 568.0  | 181350.1 | 8528.1          | 521.9  | <0.20 | 16.9 | 368.0 | 15.9 | <1  | 1.22                 | 6.90                | 190.1   | 310775  | 4.2     | -0.2               |
| PGMW17-09  | PGS17620   | 11-09-2017    | 382 - 383                 | 843.0   | 2460.0 | 102000.0 | 4830.0 | <1.0            | 1150.6           | 1150.6 | 187548.0 | 7977.0          | 503.0  | <0.20 | 12.6 | 430.0 | 64.2 | 3.2 | 1.21                 | 6.70                | 194.0   | 330400  | 10.6    | -6.3               |
| PGMW17-09  | PGS17621   | 11-09-2017    | 370 - 371                 | 696.0   | 2790.0 | 106000.0 | 4720.0 | <1.0            | 847.8            | 847.8  | 186853.0 | 9295.0          | 477.0  | <0.20 | 16.8 | 413.0 | 28.0 | 1.2 | 1.21                 | 7.01                | 190.0   | 343400  | 13.2    | -4.4               |
| PGMW17-09  | PGS17622   | 11-09-2017    | 358 - 359                 | 752.0   | 2740.0 | 110000.0 | 4730.0 | <1.0            | 746.9            | 746.9  | 187316.0 | 9072.0          | 510.0  | <0.20 | 16.4 | 418.0 | 26.8 | 1.8 | 1.21                 | 6.66                | 191.9   | 337000  | 13.2    | -2.8               |
| PGMW17-09  | PGS17624   | 11-09-2017    | 346 - 347                 | 725.0   | 2650.0 | 104000.0 | 4510.0 | <1.0            | 714.6            | 714.6  | 186521.0 | 8991.0          | 513.0  | <0.20 | 14.9 | 391.0 | 43.1 | 2.2 | 1.21                 | 6.73                | 192.6   | 337800  | 11.0    | -5.3               |
| PGMW17-09  | PGS17625   | 11-09-2017    | 334 - 335                 | 693.0   | 2780.0 | 106000.0 | 4470.0 | <1.0            | 656.1            | 656.1  | 187904.0 | 9401.0          | 507.0  | <0.20 | 15.3 | 397.0 | 39.0 | 1.9 | 1.21                 | 6.85                | 191.5   | 332000  | 10.4    | -4.7               |
| PGMW17-09  | PGS17626   | 11-09-2017    | 322 - 323                 | 682.0   | 2950.0 | 106000.0 | 4750.0 | <1.0            | 656.1            | 656.1  | 187427.0 | 9867.0          | 509.0  | <0.20 | 17.1 | 443.0 | 36.8 | 1.5 | 1.21                 | 7.15                | 182.1   | 335000  | 8.5     | -4.5               |
| PGMW17-09  | PGS17628   | 11-09-2017    | 310 - 311                 | 691.0   | 2670.0 | 111000.0 | 4170.0 | <1.0            | 450.8            | 450.8  | 189276.0 | 9276.0          | 508.0  | <0.20 | 14.7 | 400.0 | 30.5 | 1.8 | 1.21                 | 6.78                | 191.8   | 339000  | 10.1    | -3.1               |
| PGMW17-09  | PGS17629   | 11-09-2017    | 286 - 287                 | 674.0   | 2750.0 | 108000.0 | 4430.0 | <1.0            | 666.1            | 666.1  | 187412.0 | 9629.0          | 499.0  | <0.20 | 15.8 | 420.0 | 56.3 | 1.7 | 1.21                 | 7.08                | 183.2   | 332800  | 10.6    | -3.8               |
| PGMW17-09  | PGS17630   | 11-09-2017    | 250 - 251                 | 564.0   | 2820.0 | 97600.0  | 4510.0 | <1.0            | 901.7            | 901.7  | 187018.0 | 10003.0         | 455.0  | <0.20 | 15.0 | 397.0 | 15.3 | <1  | 1.21                 | 7.29                | 190.2   | 332200  | 9.2     | -8.5               |
| PGMW17-09  | PGS17631   | 11-09-2017    | 238 - 239                 | 642.0   | 3160.0 | 103000.0 | 5050.0 | <1.0            | 874.7            | 874.7  | 187590.0 | 9985.0          | 515.0  | <0.20 | 17.5 | 445.0 | 16.9 | <1  | 1.21                 | 7.25                | 190.7   | 343600  | 5.5     | -5.7               |
| PGMW17-09  | PGS17632   | 08-09-2017    | 226 - 227                 | 635.0   | 3070.0 | 105000.0 | 4930.0 | <1.0            | 901.7            | 901.7  | 179304.0 | 9606.0          | 497.0  | <0.20 | 16.8 | 430.0 | 34.2 | 1.2 | 1.21                 | 7.26                | 191.0   | 331200  | 7.3     | -2.7               |
| PGMW17-09  | PGS17633   | 08-09-2017    | 214 - 215                 | 632.0   | 3000.0 | 109000.0 | 4930.0 | <1.0            | 672.9            | 672.9  | 188164.0 | 9891.0          | 492.0  | <0.20 | 16.9 | 445.0 | 15.6 | <1  | 1.21                 | 7.24                | 180.1   | 336400  | 7.3     | -3.4               |
| PGMW17-09  | PGS17638   | 23-09-2017    | 583 - 585                 | 586.0   | 2890.0 | 101000.0 | 4620.0 | <1.0            | 706.5            | 706.5  | 188159.0 | 9958.0          | 487.0  | <0.20 | 18.4 | 413.0 | 16.5 | <1  | 1.21                 | 7.33                | 184.9   | 328800  | 13.7    | -7.1               |
| PGMW17-09  | PGS17639   | 23-09-2017    | 565 - 567                 | 610.0   | 3180.0 | 107000.0 | 5080.0 | <1.0            | 726.7            | 726.7  | 196170.0 | 10530.0         | 545.0  | <0.20 | 18.5 | 457.0 | 17.7 | <1  | 1.21                 | 7.22                | 195.1   | 332400  | 11.2    | -6.2               |
| PGMW17-09  | PGS17642   | 23-09-2017    | 547 - 549                 | 612.0   | 3170.0 | 109000.0 | 5110.0 | <1.0            | 731.8            | 731.8  | 193265.0 | 10268.0         | 542.0  | <0.20 | 18.2 | 459.0 | 10.0 | <1  | 1.21                 | 7.16                | 193.8   | 335500  | 10.7    | -4.6               |
| PGMW17-09  | PGS17643   | 24-09-2017    | 529 - 531                 | 582.0   | 2870.0 | 95000.0  | 4640.0 | <1.0            | 746.9            | 746.9  | 192840.0 | 9962.0          | 497.0  | <0.20 | 16.2 | 425.0 | 12.4 | <1  | 1.21                 | 6.93                | 196.3   | 331800  | 10.2    | -11.0              |
| PGMW17-09  | PGS17646   | 24-09-2017    | 511 - 513                 | 572.0   | 2770.0 | 90800.0  | 4490.0 | <1.0            | 720.0            | 720    | 193805.0 | 10043.0         | 481.0  | <0.20 | 15.3 | 411.0 | 11.2 | <1  | 1.21                 | 6.79                | 198.8   | 334000  | 9.6     | -13.5              |
| PGMW17-09  | PGS17647   | 24-09-2017    | 493 - 495                 | 718.0   | 3420.0 | 111000.0 | 5560.0 | <1.0            | 757.0            | 757    | 191811.0 | 9793.0          | 603.0  | <0.20 | 19.2 | 510.0 | 12.2 | <1  | 1                    |                     |         |         |         |                    |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO   | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |       |       |      |       |       | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |                 |
|-----------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|--|-------|-------|------|-------|-------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
|           |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        | ANIONES         |                  |        |          | B  | Ba    | Sr    | Li   | Fe    | Mn    | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |                 |
|           |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       |  |       |       |      |       |       |                      |                     |         |         |         |                    | SO <sub>4</sub> |
| PGMW17-10 | PGS17661   | 08-10-2017    | 274 - 275,7               | 819.0   | 2440.0 | 108000.0 | 4250.0 | <1.0            | 542.2            | 542.2  | 186730.0 | 8109.0   | 578.0 | <0.20 | 14.9 | 384.0 | 43.1  | <1                   | 1.21                | 6.62    | 182.0   | 321600  | 10.9               | -3.6            |
| PGMW17-10 | PGS17670   | 09-10-2017    | 256 - 257                 | 912.0   | 2800.0 | 108000.0 | 5140.0 | <1.0            | 695.7            | 695.7  | 181265.0 | 7190.0   | 619.0 | <0.20 | 18.1 | 476.0 | 32.3  | <1                   | 1.21                | 6.63    | 182.6   | 328800  | 12.3               | -1.4            |
| PGMW17-10 | PGS17672   | 09-10-2017    | 238 - 239,7               | 979.0   | 2880.0 | 115000.0 | 5350.0 | <1.0            | 992.3            | 992.3  | 184870.0 | 7079.0   | 668.0 | <0.20 | 22.0 | 501.0 | 32.8  | <1                   | 1.21                | 6.69    | 187.4   | 327800  | 11.2               | 0.6             |
| PGMW17-10 | PGS17674   | 09-10-2017    | 220 - 221,7               | 912.0   | 2620.0 | 112000.0 | 4590.0 | <1.0            | 920.7            | 920.7  | 186596.0 | 7709.0   | 706.0 | <0.20 | 20.0 | 399.0 | 44.2  | <1                   | 1.21                | 6.62    | 194.3   | 320600  | 11.7               | -1.6            |
| PGMW17-10 | PGS17675   | 09-10-2017    | 202 - 203,7               | 805.0   | 2140.0 | 104000.0 | 3700.0 | <1.0            | 491.1            | 491.1  | 186145.0 | 7983.0   | 600.0 | <0.20 | 16.2 | 304.0 | 59.0  | 1.5                  | 1.21                | 6.55    | 185.5   | 318600  | 15.1               | -5.6            |
| PGMW17-10 | PGS17676   | 09-10-2017    | 184 - 185,7               | 729.0   | 2930.0 | 115000.0 | 4740.0 | <1.0            | 603.6            | 603.6  | 186336.0 | 8824.0   | 589.0 | <0.20 | 27.4 | 401.0 | 18.0  | <1                   | 1.21                | 7.27    | 188.4   | 325400  | 11.8               | -0.3            |
| PGMW17-10 | PGS17677   | 09-10-2017    | 166 - 167,7               | 697.0   | 2520.0 | 97100.0  | 4200.0 | <1.0            | 746.8            | 746.8  | 162025.0 | 7446.0   | 525.0 | <0.20 | 20.3 | 362.0 | 13.2  | <1                   | 1.18                | 6.90    | 189.2   | 279600  | 12.7               | -1.6            |
| PGMW17-10 | PGS17679   | 09-10-2017    | 148 - 149,7               | 676.0   | 2380.0 | 82700.0  | 4020.0 | <1.0            | 890.0            | 890.0  | 147411.0 | 6582.0   | 508.0 | <0.20 | 17.4 | 351.0 | 36.6  | <1                   | 1.17                | 7.01    | 186.8   | 257800  | 11.5               | -4.4            |
| PGMW17-10 | PGS17682   | 10-10-2017    | 103 - 104,7               | 651.0   | 2200.0 | 80500.0  | 3750.0 | <1.0            | 982.1            | 982.1  | 137293.0 | 5936.0   | 480.0 | <0.20 | 12.1 | 334.0 | 34.3  | <1                   | 1.16                | 6.91    | 179.3   | 241000  | 11.2               | -2.4            |
| PGMW17-10 | PGS17718   | 18-10-2017    | 591 - 592,7               | 856.0   | 2860.0 | 113000.0 | 4580.0 | <1.0            | 583.1            | 583.1  | 193669.0 | 8459.0   | 528.0 | <0.20 | 26.4 | 399.0 | 19.5  | <1                   | 1.21                | 7.34    | 194.4   | 320000  | 11.8               | -2.9            |
| PGMW17-10 | PGS17719   | 18-10-2017    | 573 - 574,7               | 802.0   | 2840.0 | 112000.0 | 4810.0 | <1.0            | 816.3            | 816.3  | 187567.0 | 7841.0   | 561.0 | <0.20 | 20.0 | 450.0 | 142.0 | 2.7                  | 1.20                | 6.53    | 193.0   | 302400  | 12.3               | -1.7            |
| PGMW17-10 | PGS17721   | 18-10-2017    | 555 - 556,7               | 784.0   | 2810.0 | 117000.0 | 5010.0 | <1.0            | 877.5            | 877.5  | 191650.0 | 7272.0   | 574.0 | <0.20 | 15.4 | 505.0 | 107.0 | 3.6                  | 1.20                | 6.41    | 198.3   | 319600  | 17.5               | -0.6            |
| PGMW17-10 | PGS17727   | 19-10-2017    | 507 - 508,7               | 827.0   | 2810.0 | 115000.0 | 4810.0 | <1.0            | 867.3            | 867.3  | 192627.0 | 7760.0   | 571.0 | <0.20 | 19.9 | 455.0 | 83.4  | 2.2                  | 1.21                | 6.18    | 195.9   | 329000  | 12.2               | -1.7            |
| PGMW17-10 | PGS17728   | 19-10-2017    | 483 - 484,7               | 821.0   | 2760.0 | 112000.0 | 5130.0 | <1.0            | 1163.3           | 1163.3 | 193970.0 | 7081.0   | 590.0 | <0.20 | 14.1 | 500.0 | 87.3  | 3.4                  | 1.21                | 6.30    | 193.6   | 319600  | 16.9               | -3.2            |
| PGMW17-10 | PGS17729   | 20-10-2017    | 453 - 454,7               | 845.0   | 2830.0 | 114000.0 | 5110.0 | <1.0            | 1030.6           | 1030.6 | 195240.0 | 7664.0   | 606.0 | <0.20 | 18.2 | 475.0 | 70.1  | 2.5                  | 1.21                | 6.10    | 195.1   | 324400  | 12.2               | -2.7            |
| PGMW17-10 | PGS17730   | 20-10-2017    | 423 - 424,7               | 846.0   | 2750.0 | 104000.0 | 5130.0 | <1.0            | 1112.2           | 1112.2 | 188779.0 | 7071.0   | 604.0 | <0.20 | 15.8 | 482.0 | 65.7  | 2.9                  | 1.21                | 6.27    | 194.5   | 325100  | 18.1               | -5.3            |
| PGMW17-11 | PGS17706   | 13-10-2017    | 288 - 289,7               | 694.0   | 1520.0 | 60700.0  | 2510.0 | <1.0            | 460.4            | 460.4  | 112389.0 | 4741.0   | 282.0 | <0.20 | 11.6 | 232.0 | 102.0 | 12.2                 | 1.13                | 6.57    | 163.0   | 187000  | 11.6               | -6.5            |
| PGMW17-11 | PGS17707   | 13-10-2017    | 270 - 271,7               | 727.0   | 1840.0 | 73900.0  | 3310.0 | <1.0            | 767.3            | 767.3  | 130952.0 | 5099.0   | 385.0 | <0.20 | 9.8  | 338.0 | 43.9  | 1.9                  | 1.14                | 6.82    | 177.5   | 235800  | 14.5               | -4.3            |
| PGMW17-11 | PGS17708   | 13-10-2017    | 252 - 253,7               | 675.0   | 2170.0 | 90600.0  | 4020.0 | <1.0            | 1115.1           | 1115.1 | 152765.0 | 5790.0   | 470.0 | <0.20 | 10.1 | 418.0 | 1.1   | 1.5                  | 1.16                | 6.94    | 186.4   | 264800  | 15.1               | -2.0            |
| PGMW17-11 | PGS17709   | 13-10-2017    | 234 - 235,7               | 680.0   | 2040.0 | 83600.0  | 3720.0 | <1.0            | 992.3            | 992.3  | 138936.0 | 5256.0   | 437.0 | <0.20 | 9.6  | 386.0 | 5.2   | 1.3                  | 1.15                | 6.88    | 182.4   | 241400  | 15.3               | -1.2            |
| PGMW17-11 | PGS17711   | 13-10-2017    | 216 - 217,7               | 654.0   | 2050.0 | 83500.0  | 3700.0 | <1.0            | 1002.6           | 1002.6 | 140871.0 | 5357.0   | 436.0 | <0.20 | 9.6  | 380.0 | 2.7   | 2.2                  | 1.15                | 6.76    | 183.3   | 241400  | 15.4               | -2.0            |
| PGMW17-11 | PGS17712   | 14-10-2017    | 198 - 199,7               | 654.0   | 1990.0 | 77400.0  | 3560.0 | <1.0            | 910.5            | 910.5  | 134631.0 | 5087.0   | 424.0 | <0.20 | 9.4  | 366.0 | 7.9   | 1.6                  | 1.15                | 6.73    | 179.3   | 229400  | 13.8               | -3.3            |
| PGMW17-11 | PGS17713   | 14-10-2017    | 180 - 181,7               | 250.0   | 514.0  | 17200.0  | 775.0  | <1.0            | 588.2            | 588.2  | 42143.0  | 1642.0   | 105.0 | <0.20 | 2.5  | 78.6  | 20.3  | 2.0                  | 1.05                | 7.11    | 89.7    | 72200   | 14.1               | -19.8           |
| PGMW17-11 | PGS17715   | 14-10-2017    | 144 - 145,7               | 495.0   | 864.0  | 36300.0  | 1300.0 | <1.0            | 216.5            | 216.5  | 58991.0  | 2526.0   | 132.0 | <0.20 | 7.2  | 114.0 | 13.5  | 10.3                 | 1.07                | 7.72    | 115.4   | 308000  | 14.3               | -0.2            |
| PGMW17-11 | PGS17716   | 15-10-2017    | 126 - 127,7               | 181.0   | 310.0  | 12000.0  | 459.0  | <1.0            | 190.3            | 190.3  | 19934.0  | 933.0  | 38.8  | <0.20 | <2   | 39.6  | <1    | 4.2                  | 1.02                | 7.95    | 50.6    | 38900   | 10.2               | -1.2            |
| PGMW17-11 | PGS17717   | 15-10-2017    | 108 - 109,7               | 37.0  | 71.7   | 2930.0   | 126.0  | <1.0            | 162.9            | 162.9  | 4602.0   | 278.0  | <14   | <0.20 | <2   | 8.8   | 6.3   | 1.5                  | 1.01                | 7.95    | 15.0    | 13800   | 12.9               | 0.2             |
| PGMW17-11 | PGS17731   | 29-10-2017    | 388 - 390                 | 627.0   | 3300.0 | 94200.0  | 4930.0 | <1.0            | 594.3            | 594.3  | 170549.0 | 9739.0   | 608.0 | <0.20 | 19.2 | 420.0 | 47.9  | 2.5                  | 1.19                | 7.28    | 179.6   | 297800  | 14.0               | -5.0            |
| PGMW17-11 | PGS17732   | 30-10-2017    | 334 - 336                 | 666.0   | 2850.0 | 98200.0  | 4380.0 | <1.0            | 685.4            | 685.4  | 174581.0 | 7946.0   | 551.0 | <0.20 | 16.5 | 410.0 | 52.2  | 1.4                  | 1.19                | 6.59    | 183.3   | 301200  | 8.3                | -4.4            |
| PGMW17-11 | PGS17734   | 30-10-2017    | 316 - 318                 | 684.0   | 2850.0 | 100000.0 | 4460.0 | <1.0            | 695.7            | 695.7  | 178140.0 | 7819.0   | 557.0 | <0.20 | 16.1 | 422.0 | 33.9  | 1.8                  | 1.19                | 6.58    | 185.5   | 299400  | 12.8               | -4.5            |
| PGMW17-11 | PGS17735   | 30-10-2017    | 298 - 300                 | 699.0   | 2830.0 | 102000.0 | 4540.0 | <1.0            | 746.8            | 746.8  | 176508.0 | 7559.0   | 562.0 | <0.20 | 15.3 | 441.0 | 12.3  | 1.9                  | 1.19                | 6.63    | 187.5   | 302800  | 14.7               | -3.1            |
| PGMW17-11 | PGS17736   | 31-10-2017    | 562 - 564                 | 562.0   | 3270.0 | 94600.0  | 4880.0 | <1.0            | 562.7            | 562.7  | 168744.0 | 9307.0   | 603.0 | <0.20 | 18.8 | 420.0 | 26.5  | <1                   | 1.19                | 7.22    | 183.3   | 292400  | 10.1               | -4.3            |
| PGMW17-11 | PGS17737   | 31-10-2017    | 511 - 513                 | 685.0   | 2790.0 | 102000.0 | 4490.0 | <1.0            | 798.0            | 798.0  | 177896.0 | 7541.0   | 550.0 | <0.20 | 14.9 | 439.0 | 25.2  | 1.8                  | 1.19                | 6.35    | 187.8   | 307000  | 10.9               | -3.5            |
| PGMW17-11 | PGS17738   | 31-10-2017    | 460 - 462                 | 708.0   | 2880.0 | 101000.0 | 4620.0 | <1.0            | 828.7            | 828.7  | 179325.0 | 7572.0   | 566.0 | <0.20 | 15.2 | 453.0 | 13.7  | 1.9                  | 1.20                | 6.69    | 184.3   | 308400  | 18.4               | -4.3            |
| PGMW17-11 | PGS17746   | 31-10-2017    | 409 - 411                 | 682.0   | 2720.0 | 105000.0 | 4250.0 | <1.0            | 726.4            | 726.4  | 179381.0 | 7296.0   | 522.0 | <0.20 | 14.4 | 419.0 | 17.5  | 2.2                  | 1.20                | 6.42    | 185.5   | 310500  | 17.7               | -2.7            |
| PGMW17-11 | PGS17747   | 31-10-2017    | 359 - 361                 | 673.0   | 2740.0 | 105000.0 | 4310.0 | <1.0            | 793.9            | 793.9  | 180494.0 | 7332.0   | 537.0 | <0.20 | 14.0 | 422.0 | 10.9  | 2.2                  | 1.20                | 6.58    | 185.4   | 306800  | 16.0               | -3.0            |
| PGMW17-11 | PGS17748   | 01-11-2017    | 307 - 309                 | 681.0   | 2780.0 | 99400.0  | 4500.0 | <1.0            | 879.8            | 879.8  | 175789.0 | 7107.0   | 571.0 | <0.20 | 13.2 | 455.0 | 11.1  | 2.5                  | 1.19                | 6.44    | 184.8   | 306000  | 13.6               | -4.1            |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO   | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          |                 |       | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |      |       |      |    |      | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |
|-----------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|-----------------|-------|--|------|-------|------|----|------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|           |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        |                 | ANIONES          |        |          |                 |       | B  | Ba   | Sr    | Li   | Fe | Mn   | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |
|           |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       | SO <sub>4</sub> |       |  |      |       |      |    |      |                      |                     |         |         |         |                    |
| PGMW18-12 | PGS18774   | 19-06-2018    | 503 - 504                 | 818.0   | 2650.0 | 105000.0 | 4630.0 | <1.0            | 1318.3           | 1318.3 | 181326.0 | 8429.0          | 653.0 | <0.20  | 19.4 | 473.0 | 44.3 | <1 | 1.20 | 6.28                 | 236.0               | 307600  | 11.1    | -3.4    |                    |
| PGMW18-12 | PGS18786   | 19-06-2018    | 479 - 480                 | 789.0   | 2910.0 | 109000.0 | 4890.0 | <1.0            | 1144.9           | 1144.9 | 182422.0 | 8700.0          | 653.0 | <0.20  | 19.6 | 479.0 | 34.6 | <1 | 1.20 | 6.11                 | 235.0               | 315000  | 10.1    | -1.7    |                    |
| PGMW18-12 | PGS18787   | 20-06-2018    | 461 - 462                 | 748.0   | 3050.0 | 109000.0 | 5030.0 | <1.0            | 1040.8           | 1040.8 | 188922.0 | 9610.0          | 651.0 | <0.20  | 19.6 | 480.0 | 28.3 | <1 | 1.20 | 6.37                 | 239.0               | 320000  | 13.0    | -3.4    |                    |
| PGMW18-12 | PGS18788   | 21-06-2018    | 443 - 444                 | 828.0   | 2820.0 | 104000.0 | 5010.0 | <1.0            | 1318.3           | 1318.3 | 185626.0 | 8314.0          | 649.0 | <0.20  | 18.7 | 499.0 | 26.8 | <1 | 1.20 | 6.66                 | 237.0               | 332800  | 10.3    | -4.7    |                    |
| PGMW18-12 | PGS18790   | 22-06-2018    | 401 - 402                 | 855.0   | 2690.0 | 105000.0 | 5040.0 | <1.0            | 1387.7           | 1387.7 | 188265.0 | 7969.0          | 662.0 | <0.20  | 18.6 | 518.0 | 21.8 | <1 | 1.20 | 6.46                 | 234.0               | 314400  | 9.6     | -5.0    |                    |
| PGMW18-12 | PGS18791   | 23-06-2018    | 383 - 384                 | 752.0   | 2900.0 | 107000.0 | 5110.0 | <1.0            | 1179.6           | 1179.6 | 191620.0 | 8800.0          | 639.0 | <0.20  | 18.2 | 498.0 | <1   | <1 | 1.21 | 6.99                 | 238.0               | 326800  | 9.4     | -4.9    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18772   | 15-06-2018    | 234 - 236                 | 959.0   | 2090.0 | 114000.0 | 3260.0 | <1.0            | 629.1            | 629.1  | 187683.0 | 7715.0          | 498   | <0.20  | 23.6 | 285.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.34                 | 241.0               | 327600  | 10.5    | -1.7    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18773   | 16-06-2018    | 120 - 122                 | 1240.0  | 333.0  | 117000.0 | 393.0  | <1.0            | 374.7            | 374.7  | 190426.0 | 4738.0          | 369   | <0.20  | 30.2 | 19.3  | <10  | <1 | 1.21 | 7.26                 | 241.0               | 327200  | 8.4     | -2.5    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18792   | 06-07-2018    | 553 - 554                 | 617.0   | 3390.0 | 104000.0 | 5230.0 | <1.0            | 589.8            | 589.8  | 184888.0 | 11134.0         | 628   | <0.20  | 18.7 | 472.0 | 29.4 | <1 | 1.21 | 6.76                 | 240.0               | 335200  | 8.7     | -4.5    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18793   | 06-07-2018    | 541 - 542                 | 708.0   | 2990.0 | 105000.0 | 4860.0 | <1.0            | 680.0            | 680.0  | 187775.0 | 9956.0          | 608   | <0.20  | 18.6 | 458.0 | 69.6 | <1 | 1.21 | 6.47                 | 242.0               | 330400  | 11.5    | -5.0    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18794   | 06-07-2018    | 529 - 530                 | 748.0   | 2890.0 | 106000.0 | 4780.0 | <1.0            | 737.8            | 737.8  | 186902.0 | 9507.0          | 602   | <0.20  | 18.6 | 460.0 | 73.3 | <1 | 1.21 | 6.47                 | 240.0               | 322200  | 10.5    | -4.3    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18795   | 07-07-2018    | 499 - 501                 | 865.0   | 2010.0 | 108000.0 | 3030.0 | <1.0            | 441.8            | 441.8  | 183502.0 | 7885.0          | 510   | <0.20  | 22.9 | 266.0 | 12.0 | <1 | 1.21 | 7.07                 | 243.0               | 325600  | 10.1    | -3.3    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18797   | 08-07-2018    | 481 - 483                 | 989.0   | 1300.0 | 113000.0 | 2010.0 | <1.0            | 414.0            | 414.0  | 183511.0 | 6218.0          | 454   | <0.20  | 25.2 | 165.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.16                 | 245.0               | 323700  | 9.3     | -1.6    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18798   | 08-07-2018    | 463 - 465                 | 1130.0  | 802.0  | 113000.0 | 1150.0 | <1.0            | 373.9            | 373.9  | 188883.0 | 5326.0          | 416   | <0.20  | 27.5 | 88.3  | <10  | <1 | 1.21 | 7.22                 | 246.0               | 328400  | 9.3     | -3.4    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18799   | 08-07-2018    | 445 - 447                 | 1140.0  | 665.0  | 112000.0 | 933.0  | <1.0            | 367.7            | 367.7  | 191101.0 | 5433.0          | 404   | <0.20  | 28.4 | 67.1  | <10  | <1 | 1.21 | 7.18                 | 246.0               | 320400  | 11.6    | -4.6    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18800   | 08-07-2018    | 427 - 429                 | 1170.0  | 578.0  | 112000.0 | 796.0  | <1.0            | 325.3            | 325.3  | 188983.0 | 5308.0          | 399   | <0.20  | 28.9 | 54.0  | <10  | <1 | 1.21 | 7.24                 | 246.0               | 323600  | 10.1    | -4.1    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18801   | 08-07-2018    | 409 - 411                 | 1190.0  | 493.0  | 114000.0 | 644.0  | <1.0            | 353.9            | 353.9  | 188013.0 | 4818.0          | 390   | <0.20  | 29.3 | 40.7  | <10  | <1 | 1.21 | 7.25                 | 246.0               | 326400  | 9.7     | -3.0    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18803   | 09-07-2018    | 391 - 393                 | 1200.0  | 462.0  | 114000.0 | 588.0  | <1.0            | 358.5            | 358.5  | 188219.0 | 4720.0          | 388   | <0.20  | 29.5 | 36.2  | <10  | <1 | 1.21 | 7.24                 | 246.0               | 255600  | 8.7     | -3.1    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18804   | 09-07-2018    | 361 - 363                 | 1190.0  | 461.0  | 115000.0 | 587.0  | <1.0            | 344.6            | 344.6  | 186613.0 | 5010.0          | 388   | <0.20  | 29.5 | 36.2  | <10  | <1 | 1.21 | 7.25                 | 247.0               | 306400  | 8.7     | -2.3    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18806   | 09-07-2018    | 325 - 327                 | 1140.0  | 427.0  | 113000.0 | 541.0  | <1.0            | 346.9            | 346.9  | 186767.0 | 5400.0          | 368   | <0.20  | 28.1 | 32.9  | <10  | <1 | 1.21 | 7.28                 | 245.0               | 318800  | 10.2    | -3.3    |                    |
| PGMW18-13 | PGS18807   | 09-07-2018    | 301 - 303                 | 1190.0  | 467.0  | 114000.0 | 608.0  | <1.0            | 349.2            | 349.2  | 186969.0 | 4833.0          | 385   | <0.20  | 29.3 | 37.9  | <10  | <1 | 1.21 | 7.27                 | 246.0               | 321700  | 10.3    | -2.7    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18819   | 30-07-2018    | 624 - 625                 | 925.0   | 2080.0 | 104000.0 | 3980.0 | <1.0            | 1202.7           | 1202.7 | 175999.0 | 7703.0          | 593.0 | <0.20  | 15.2 | 417.0 | 27.0 | <1 | 1.20 | 6.69                 | 240.0               | 322400  | 10.5    | -2.8    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18821   | 31-07-2018    | 606 - 608                 | 832.0   | 2570.0 | 102000.0 | 4420.0 | <1.0            | 1003.8           | 1003.8 | 182731.0 | 8748.0          | 612.0 | <0.20  | 16.1 | 442.0 | 12.4 | <1 | 1.20 | 6.73                 | 240.0               | 325000  | 11.2    | -5.2    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18822   | 01-08-2018    | 588 - 590                 | 840.0   | 2290.0 | 105000.0 | 4170.0 | <1.0            | 878.9            | 878.9  | 186417.0 | 8180.0          | 573.0 | <0.20  | 16.8 | 445.0 | 16.8 | <1 | 1.20 | 6.63                 | 243.0               | 327200  | 10.4    | -5.0    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18823   | 01-08-2018    | 570 - 572                 | 890.0   | 2070.0 | 107000.0 | 3910.0 | <1.0            | 1079.3           | 1079.3 | 179046.0 | 7747.0          | 558.0 | <0.20  | 16.2 | 434.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.71                 | 241.0               | 315000  | 10.0    | -2.4    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18824   | 03-08-2018    | 540 - 542                 | 846.0   | 2370.0 | 102000.0 | 4200.0 | <1.0            | 1040.8           | 1040.8 | 179020.0 | 7829.0          | 545.0 | <0.20  | 18.1 | 401.0 | 16.3 | <1 | 1.20 | 6.69                 | 242.0               | 313600  | 8.5     | -4.3    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18825   | 05-08-2018    | 522 - 524                 | 691.0   | 3120.0 | 106000.0 | 4860.0 | <1.0            | 636.0            | 636.0  | 180692.0 | 9216.0          | 581.0 | <0.20  | 17.5 | 442.0 | 19.5 | <1 | 1.20 | 6.80                 | 240.0               | 322600  | 8.5     | -2.5    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18827   | 06-08-2018    | 504 - 506                 | 710.0   | 2890.0 | 107000.0 | 4740.0 | <1.0            | 520.4            | 520.4  | 188241.0 | 9039.0          | 566.0 | <0.20  | 16.4 | 467.0 | 29.2 | <1 | 1.21 | 6.70                 | 243.0               | 326800  | 9.6     | -4.1    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18828   | 06-08-2018    | 480 - 482                 | 591.0   | 3080.0 | 105000.0 | 4760.0 | <1.0            | 578.2            | 578.2  | 193220.0 | 9529.0          | 553.0 | <0.20  | 16.3 | 435.0 | 11.9 | <1 | 1.21 | 6.89                 | 240.0               | 325000  | 10.4    | -6.3    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18829   | 07-08-2018    | 468 - 470                 | 604.0   | 2950.0 | 107000.0 | 4620.0 | <1.0            | 520.4            | 520.4  | 185946.0 | 8943.0          | 538.0 | <0.20  | 15.9 | 426.0 | 16.6 | <1 | 1.21 | 6.84                 | 241.0               | 326600  | 8.8     | -3.6    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18830   | 08-08-2018    | 411 - 413                 | 613.0   | 2930.0 | 110000.0 | 4580.0 | <1.0            | 543.5            | 543.5  | 190127.0 | 8887.0          | 540.0 | <0.20  | 15.8 | 418.0 | 11.8 | <1 | 1.21 | 6.88                 | 243.0               | 321900  | 8.4     | -3.4    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18831   | 09-08-2018    | 321 - 323                 | 651.0   | 2920.0 | 110000.0 | 4680.0 | <1.0            | 555.1            | 555.1  | 193798.0 | 8908.0          | 559.0 | <0.20  | 15.7 | 422.0 | 16.5 | <1 | 1.21 | 6.81                 | 242.0               | 333600  | 8.4     | -4.3    |                    |
| PGMW18-14 | PGS18832   | 09-08-2018    | 306 - 308                 | 681.0   | 2860.0 | 110000.0 | 4700.0 | <1.0            | 647.6            | 647.6  | 193306.0 | 9048.0          | 565.0 | <0.20  | 15.8 | 438.0 | 20.3 | <1 | 1.21 | 6.77                 | 242.0               | 328900  | 10.1    | -4.2    |                    |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO   | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |       |      |       |      | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |                 |
|-----------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|--|--------|-------|------|-------|------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|-----------------|
|           |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        | ANIONES         |                  |        |          | B  | Ba     | Sr    | Li   | Fe    | Mn   | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |                 |
|           |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       |  |        |       |      |       |      |                      |                     |         |         |         |                    | SO <sub>4</sub> |
| PGMW18-15 | PGS18808   | 27-07-2018    | 294 - 296                 | 728.0   | 2770.0 | 106000.0 | 4930.0 | <1.0            | 497.3            | 497.3  | 186471.0 | 7758.0   | 628.0  | <0.20 | 15.2 | 514.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.58    | 244.0   | 345000  | 9.3                | -3.9            |
| PGMW18-15 | PGS18809   | 28-07-2018    | 273 - 275                 | 694.0   | 2880.0 | 99200.0  | 4750.0 | <1.0            | 404.8            | 404.8  | 186849.0 | 8577.0   | 606.0  | <0.20 | 16.3 | 473.0 | 10.1 | <1                   | 1.21                | 6.66    | 243.0   | 327800  | 10.5               | -7.2            |
| PGMW18-15 | PGS18811   | 28-07-2018    | 257 - 259                 | 749.0   | 2330.0 | 107000.0 | 4500.0 | <1.0            | 355.6            | 355.6  | 188461.0 | 7646.0   | 567.0  | <0.20 | 16.2 | 385.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.56    | 244.0   | 330000  | 12.7               | -4.4            |
| PGMW18-15 | PGS18812   | 28-07-2018    | 240 - 242                 | 769.0   | 1970.0 | 106000.0 | 4100.0 | <1.0            | 470.3            | 470.3  | 188434.0 | 7667.0   | 501.0  | <0.20 | 17.4 | 286.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.64    | 244.0   | 329400  | 11.9               | -5.3            |
| PGMW18-15 | PGS18813   | 29-07-2018    | 189 - 191                 | 687.0   | 2120.0 | 108000.0 | 3690.0 | <1.0            | 240.0            | 240.0  | 188462.0 | 8016.0   | 655.0  | <0.20 | 14.5 | 367.0 | 14.9 | <1                   | 1.21                | 6.52    | 244.0   | 323400  | 7.5                | -4.4            |
| PGMW18-15 | PGS18815   | 29-07-2018    | 173 - 175                 | 738.0   | 2240.0 | 103000.0 | 3770.0 | <1.0            | 327.7            | 327.7  | 188112.0 | 8025.0   | 597.0  | <0.20 | 16.3 | 354.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.69    | 244.0   | 332000  | 9.2                | -6.4            |
| PGMW18-15 | PGS18816   | 29-07-2018    | 128 - 130                 | 743.0   | 2380.0 | 105000.0 | 3920.0 | <1.0            | 385.5            | 385.5  | 189313.0 | 8272.0   | 610.0  | <0.20 | 16.4 | 368.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.80    | 243.0   | 328400  | 10.9               | -5.7            |
| PGMW18-15 | PGS18817   | 29-07-2018    | 107 - 109                 | 785.0   | 2190.0 | 113000.0 | 3640.0 | <1.0            | 356.6            | 356.6  | 189251.0 | 7789.0   | 590.0  | <0.20 | 17.0 | 338.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.84    | 244.0   | 329800  | 10.7               | -2.4            |
| PGMW18-15 | PGS18818   | 29-07-2018    | 83 - 85                   | 795.0   | 2020.0 | 111000.0 | 3470.0 | <1.0            | 337.0            | 337.0  | 190910.0 | 7751.0   | 587.0  | <0.20 | 16.8 | 318.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.81    | 244.0   | 331600  | 9.8                | -3.8            |
| PGMW18-15 | PGS18834   | 25-08-2018    | 583 - 584                 | 617.0   | 3120.0 | 102000.0 | 5110.0 | <1.0            | 720.0            | 720.0  | 182061.0 | 9802.0   | 615.0  | <0.20 | 16.8 | 477.0 | 25.5 | <1                   | 1.20                | 6.75    | 235.0   | 313600  | 12.0               | -4.7            |
| PGMW18-15 | PGS18835   | 26-08-2018    | 565 - 567                 | 666.0   | 3190.0 | 104000.0 | 5240.0 | <1.0            | 571.5            | 571.5  | 185883.0 | 10204.0  | 630.0  | <0.20 | 16.9 | 498.0 | 12.4 | <1                   | 1.21                | 7.63    | 235.0   | 257000  | 10.3               | -4.7            |
| PGMW18-15 | PGS18837   | 26-08-2018    | 547 - 549                 | 674.0   | 2630.0 | 100000.0 | 4740.0 | <1.0            | 925.8            | 925.8  | 171185.0 | 8462.0   | 594.0  | <0.20 | 14.7 | 491.0 | 26.2 | <1                   | 1.19                | 6.75    | 235.0   | 296200  | 16.0               | -2.9            |
| PGMW18-15 | PGS18838   | 26-08-2018    | 526 - 528                 | 700.0   | 2730.0 | 101000.0 | 4900.0 | <1.0            | 754.3            | 754.3  | 179231.0 | 8417.0   | 604.0  | <0.20 | 14.7 | 506.0 | <10  | <1                   | 1.20                | 6.72    | 236.0   | 301200  | 12.2               | -4.5            |
| PGMW18-15 | PGS18840   | 27-08-2018    | 508 - 510                 | 710.0   | 2730.0 | 103000.0 | 4910.0 | <1.0            | 674.3            | 674.3  | 181381.0 | 8216.0   | 608.0  | <0.20 | 14.9 | 510.0 | <10  | <1                   | 1.20                | 6.63    | 236.0   | 256800  | 12.0               | -4.1            |
| PGMW18-15 | PGS18841   | 27-08-2018    | 487 - 489                 | 683.0   | 1700.0 | 84600.0  | 3970.0 | <1.0            | 1565.8           | 1565.8 | 144585.0 | 6708.0   | 518.0  | <0.20 | 11.7 | 485.0 | 14.7 | <1                   | 1.16                | 7.09    | 224.0   | 251500  | 14.8               | -3.3            |
| PGMW18-15 | PGS18842   | 27-08-2018    | 469 - 471                 | 733.0   | 2880.0 | 107000.0 | 5020.0 | <1.0            | 525.7            | 525.7  | 188893.0 | 8623.0   | 625.0  | <0.20 | 15.3 | 506.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.66    | 233.0   | 322800  | 13.7               | -4.2            |
| PGMW18-15 | PGS18843   | 28-08-2018    | 445 - 447                 | 734.0   | 2840.0 | 106000.0 | 5030.0 | <1.0            | 571.5            | 571.5  | 186970.0 | 8180.0   | 629.0  | <0.20 | 15.2 | 513.0 | <10  | <1                   | 1.20                | 6.64    | 238.0   | 315600  | 12.8               | -4.1            |
| PGMW18-15 | PGS18845   | 28-08-2018    | 421 - 423                 | 731.0   | 2870.0 | 106000.0 | 4990.0 | <1.0            | 443.4            | 443.4  | 190701.0 | 8380.0   | 634.0  | <0.20 | 15.5 | 501.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.65    | 239.0   | 315000  | 12.6               | -5.0            |
| PGMW18-15 | PGS18847   | 28-08-2018    | 403 - 405                 | 730.0   | 2740.0 | 105000.0 | 4940.0 | <1.0            | 628.6            | 628.6  | 182576.0 | 8100.0   | 614.0  | <0.20 | 14.5 | 512.0 | <10  | <1                   | 1.20                | 6.64    | 238.0   | 317000  | 15.5               | -3.4            |
| PGMW18-15 | PGS18849   | 28-08-2018    | 382 - 384                 | 740.0   | 2840.0 | 108000.0 | 4920.0 | <1.0            | 427.4            | 427.4  | 189636.0 | 8075.0   | 633.0  | <0.20 | 15.4 | 495.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.70    | 239.0   | 325800  | 12.5               | -3.9            |
| PGMW18-15 | PGS18850   | 29-08-2018    | 358 - 360                 | 743.0   | 2750.0 | 104000.0 | 4910.0 | <1.0            | 582.9            | 582.9  | 184378.0 | 7948.0   | 626.0  | <0.20 | 14.8 | 506.0 | <10  | <1                   | 1.20                | 6.60    | 238.0   | 324800  | 13.1               | -4.3            |
| PGMW18-15 | PGS18852   | 29-08-2018    | 334 - 336                 | 740.0   | 2800.0 | 107000.0 | 4860.0 | <1.0            | 457.2            | 457.2  | 188452.0 | 7971.0   | 636.0  | <0.20 | 15.5 | 488.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.65    | 239.0   | 322200  | 16.6               | -4.0            |
| PGMW18-15 | PGS18853   | 29-08-2018    | 313 - 315                 | 720.0   | 2790.0 | 104000.0 | 4850.0 | <1.0            | 485.7            | 485.7  | 189064.0 | 8114.0   | 637.0  | <0.20 | 15.9 | 482.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.62    | 238.5   | 316800  | 15.6               | -5.5            |
| PGMW18-15 | PGS18854   | 29-08-2018    | 301 - 303                 | 727.0   | 2800.0 | 109000.0 | 5140.0 | <1.0            | 514.3            | 514.3  | 184882.0 | 8252.0   | 617.0  | <0.20 | 16.1 | 543.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 6.54    | 239.0   | 328000  | 14.5               | -2.2            |
| PGMW18-16 | PGS18846   | 28-08-2018    | 300 - 302                 | 1010.0  | 1130.0 | 114000.0 | 1700.0 | <1.0            | 394.3            | 394.3  | 191450.0 | 6301.0   | 430.0  | <0.20 | 23.8 | 129.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 7.27    | 241.0   | 321800  | 8.3                | -3.5            |
| PGMW18-16 | PGS18851   | 29-08-2018    | 282 - 284                 | 1110.0  | 734.0  | 113000.0 | 1170.0 | <1.0            | 363.4            | 363.4  | 191215.0 | 5477.0   | 413.0  | <0.20 | 25.3 | 76.2  | 11.0 | <1                   | 1.21                | 7.30    | 242.0   | 321100  | 4.6                | -4.1            |
| PGMW18-16 | PGS18856   | 29-08-2018    | 270 - 272                 | 1160.0  | 729.0  | 116000.0 | 1320.0 | <1.0            | 388.6            | 388.6  | 191647.0 | 5725.0   | 406.0  | <0.20 | 26.1 | 89.3  | <10  | <1                   | 1.21                | 7.25    | 243.0   | 320600  | 6.5                | -2.9            |
| PGMW18-16 | PGS18857   | 30-08-2018    | 243 - 245                 | 1170.0  | 653.0  | 117000.0 | 1150.0 | <1.0            | 400.0            | 400.0  | 194122.0 | 5720.0   | 387.0  | <0.20 | 26.2 | 76.0  | <10  | <1                   | 1.21                | 7.28    | 243.0   | 299200  | 7.9                | -3.2            |
| PGMW18-16 | PGS18858   | 30-08-2018    | 219 - 221                 | 1180.0  | 588.0  | 117000.0 | 1050.0 | <1.0            | 379.4            | 379.4  | 191363.0 | 5487.0   | 387.0  | <0.20 | 26.3 | 65.6  | <10  | <1                   | 1.21                | 7.26    | 244.0   | 321200  | 10.3               | -2.5            |
| PGMW18-16 | PGS18859   | 31-08-2018    | 198 - 200                 | 1170.0  | 586.0  | 117000.0 | 1060.0 | <1.0            | 379.4            | 379.4  | 190912.0 | 5456.0   | 386.0  | <0.20 | 26.1 | 65.9  | <10  | <1                   | 1.21                | 7.24    | 243.0   | 323800  | 4.8                | -2.4            |
| PGMW18-16 | PGS18860   | 31-08-2018    | 174 - 176                 | 1190.0  | 569.0  | 117000.0 | 1040.0 | <1.0            | 377.2            | 377.2  | 192669.0 | 5466.0   | 390.0  | <0.20 | 26.8 | 63.1  | <10  | <1                   | 1.21                | 7.21    | 244.0   | 333800  | 10.1               | -2.9            |
| PGMW18-16 | PGS18861   | 01-09-2018    | 75 - 77                   | 1170.0  | 701.0  | 117000.0 | 1360.0 | <1.0            | 406.9            | 406.9  | 196825.0 | 5954.0   | 410.0  | <0.20 | 25.9 | 87.3  | <10  | <1                   | 1.21                | 7.26    | 240.0   | 325000  | 6.0                | -3.9            |
| PGMW18-16 | PGS18866   | 10-09-2018    | 624 - 641                 | 618.0   | 3230.0 | 110000.0 | 5250.0 | <1.0            | 688.0            | 688.0  | 188288.0 | 11354.0  | 1110.0 | <0.20 | 15.5 | 495.0 | 14.2 | <1                   | 1.21                | 6.78    | 236.0   | 340800  | 8.0                | -3.0            |
| PGMW18-16 | PGS18882   | 14-09-2018    | 372 - 374                 | 574.0   | 3660.0 | 110000.0 | 5690.0 | <1.0            | 589.7            | 589.7  | 188021.0 | 10659.0  | 651.0  | <0.20 | 19.0 | 516.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 7.12    | 237.0   | 334800  | 8.6                | -2.4            |
| PGMW18-16 | PGS18885   | 14-09-2018    | 342 - 344                 | 662.0   | 3310.0 | 109000.0 | 5160.0 | <1.0            | 534.9            | 534.9  | 188745.0 | 10309.0  | 667.0  | <0.20 | 19.3 | 469.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 7.02    | 236.0   | 329800  | 10.2               | -3.2            |
| PGMW18-16 | PGS18886   | 15-09-2018    | 321 - 323                 | 578.0   | 3690.0 | 108000.0 | 5750.0 | <1.0            | 603.5            | 603.5  | 186809.0 | 10707.0  | 648.0  | <0.20 | 19.2 | 520.0 | 15.1 | <1                   | 1.21                | 7.11    | 238.0   | 334000  | 7.3                | -2.9            |
| PGMW18-16 | PGS18887   | 15-09-2018    | 306 - 308                 | 621.0   | 3470.0 | 109000.0 | 5320.0 | <1.0            | 1755.5           | 1755.5 | 185769.0 | 10499.0  | 686.0  | <0.20 | 18.5 | 490.0 | <10  | <1                   | 1.21                | 7.00    | 233.0   | 332200  | 5.1                | -2.6            |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO   | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          |                 |       | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |      |       |      |    |      | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |
|-----------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|-----------------|-------|--|------|-------|------|----|------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|           |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        |                 | ANIONES          |        |          |                 |       | B  | Ba   | Sr    | Li   | Fe | Mn   | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |
|           |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       | SO <sub>4</sub> |       |  |      |       |      |    |      |                      |                     |         |         |         |                    |
| PGMW18-17 | PGS18869   | 11-09-2018    | 294 - 296                 | 743.0   | 2540.0 | 117000.0 | 5010.0 | <1.0            | 365.7            | 365.7  | 188442.0 | 8265.0          | 579.0 | <0.20  | 17.2 | 451.0 | 12.5 | <1 | 1.21 | 6.36                 | 240.0               | 328800  | 10.7    | -0.1    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18872   | 12-09-2018    | 276 - 278                 | 580.0   | 3860.0 | 114000.0 | 5850.0 | <1.0            | 557.7            | 557.7  | 190443.0 | 10959.0         | 648.0 | <0.20  | 17.0 | 580.0 | <10  | <1 | 1.21 | 6.80                 | 239.0               | 336600  | 13.4    | -1.2    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18873   | 12-09-2018    | 258 - 260                 | 600.0   | 3570.0 | 111000.0 | 5540.0 | <1.0            | 500.6            | 500.6  | 190566.0 | 10527.0         | 618.0 | <0.20  | 16.6 | 543.0 | <10  | <1 | 1.21 | 6.86                 | 238.0               | 334800  | 13.4    | -2.6    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18874   | 12-09-2018    | 240 - 242                 | 632.0   | 3260.0 | 109000.0 | 5330.0 | <1.0            | 518.9            | 518.9  | 191641.0 | 9719.0          | 607.0 | <0.20  | 17.2 | 512.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.03                 | 238.0               | 184400  | 13.1    | -3.9    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18876   | 12-09-2018    | 222 - 224                 | 626.0   | 2780.0 | 109000.0 | 4630.0 | <1.0            | 548.6            | 548.6  | 181769.0 | 8616.0          | 575.0 | <0.20  | 17.7 | 421.0 | 10.1 | <1 | 1.21 | 6.63                 | 240.0               | 322000  | 12.6    | -1.7    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18877   | 13-09-2018    | 204 - 206                 | 653.0   | 2120.0 | 108000.0 | 4070.0 | <1.0            | 608.0            | 608.0  | 179691.0 | 7410.0          | 534.0 | <0.20  | 18.5 | 327.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.62                 | 240.0               | 316200  | 12.5    | -2.0    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18878   | 13-09-2018    | 186 - 188                 | 705.0   | 2330.0 | 108000.0 | 4020.0 | <1.0            | 786.3            | 786.3  | 180263.0 | 7897.0          | 525.0 | <0.20  | 18.2 | 355.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.64                 | 240.0               | 320800  | 11.6    | -2.1    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18879   | 13-09-2018    | 168 - 170                 | 689.0   | 2100.0 | 108000.0 | 3920.0 | <1.0            | 708.6            | 708.6  | 182931.0 | 7515.0          | 524.0 | <0.20  | 18.6 | 327.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.60                 | 239.0               | 314600  | 11.8    | -2.9    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18889   | 15-09-2018    | 150 - 152                 | 675.0   | 3030.0 | 110000.0 | 4680.0 | <1.0            | 3165.9           | 3165.9 | 188156.0 | 9705.0          | 610.0 | <0.20  | 16.7 | 456.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.04                 | 224.0               | 333600  | 10.0    | -3.3    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18890   | 16-09-2018    | 135 - 137                 | 514.0   | 4960.0 | 106000.0 | 6660.0 | <1.0            | 754.3            | 754.3  | 188227.0 | 12508.0         | 727.0 | <0.20  | 15.5 | 701.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.04                 | 234.0               | 339600  | 5.9     | -3.2    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18892   | 16-09-2018    | 108 - 110                 | 692.0   | 2750.0 | 111000.0 | 4220.0 | <1.0            | 514.3            | 514.3  | 190123.0 | 9402.0          | 586.0 | <0.20  | 16.9 | 412.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.04                 | 239.0               | 328200  | 6.4     | -3.2    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18894   | 16-09-2018    | 72 - 74                   | 687.0   | 2610.0 | 116000.0 | 3900.0 | <1.0            | 845.8            | 845.8  | 188834.0 | 9237.0          | 590.0 | <0.20  | 16.8 | 387.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.02                 | 239.0               | 336600  | 8.8     | -1.1    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18895   | 16-09-2018    | 60 - 62                   | 674.0   | 2730.0 | 110000.0 | 3970.0 | <1.0            | 491.5            | 491.5  | 191571.0 | 9511.0          | 596.0 | <0.20  | 16.7 | 401.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.05                 | 239.0               | 324900  | 9.3     | -4.1    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18905   | 24-09-2018    | 585 - 587                 | 666.0   | 3210.0 | 102000.0 | 5260.0 | <1.0            | 928.0            | 928.0  | 177704.0 | 8802.0          | 621.0 | <0.20  | 16.2 | 519.0 | 45.6 | <1 | 1.20 | 6.52                 | 237.0               | 311400  | 11.6    | -3.2    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18906   | 24-09-2018    | 570 - 571                 | 742.0   | 2370.0 | 96400.0  | 4420.0 | <1.0            | 1522.4           | 1522.4 | 163870.0 | 7073.0          | 549.0 | <0.20  | 13.9 | 435.0 | 19.7 | <1 | 1.19 | 6.51                 | 234.0               | 292600  | 14.1    | -2.6    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18910   | 26-09-2018    | 549 - 550                 | 724.0   | 2660.0 | 94200.0  | 4650.0 | <1.0            | 1700.7           | 1700.7 | 162492.0 | 7593.0          | 589.0 | <0.20  | 14.4 | 454.0 | 17.9 | <1 | 1.19 | 6.46                 | 232.0               | 291400  | 12.8    | -3.0    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18911   | 26-09-2018    | 531 - 532                 | 720.0   | 2640.0 | 95400.0  | 4670.0 | <1.0            | 1526.9           | 1526.9 | 165171.0 | 7627.0          | 571.0 | <0.20  | 14.2 | 462.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.28                 | 233.0               | 287200  | 14.9    | -3.2    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18914   | 27-09-2018    | 513 - 514                 | 768.0   | 2280.0 | 99700.0  | 4490.0 | <1.0            | 1120.1           | 1120.1 | 169079.0 | 6886.0          | 574.0 | <0.20  | 15.3 | 431.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.44                 | 237.0               | 291200  | 13.4    | -2.4    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18915   | 27-09-2018    | 489 - 490                 | 768.0   | 2280.0 | 99700.0  | 4490.0 | <1.0            | 1371.5           | 1371.5 | 169079.0 | 6886.0          | 574.0 | <0.20  | 15.3 | 431.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.60                 | 237.0               | 302400  | 12.5    | -2.5    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18917   | 27-09-2018    | 470 - 471                 | 766.0   | 2520.0 | 103000.0 | 4800.0 | <1.0            | 948.6            | 948.6  | 179662.0 | 7449.0          | 595.0 | <0.20  | 16.2 | 463.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.62                 | 237.0               | 315400  | 12.7    | -3.7    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18918   | 28-09-2018    | 453 - 454                 | 758.0   | 2320.0 | 103000.0 | 4560.0 | <1.0            | 1051.5           | 1051.5 | 179507.0 | 7783.0          | 572.0 | <0.20  | 15.7 | 435.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.64                 | 237.0               | 310400  | 14.8    | -4.0    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18919   | 28-09-2018    | 435 - 436                 | 745.0   | 2300.0 | 103000.0 | 4550.0 | <1.0            | 971.5            | 971.5  | 178465.0 | 7262.0          | 573.0 | <0.20  | 15.8 | 430.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.53                 | 238.0               | 202200  | 12.6    | -3.6    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18922   | 28-09-2018    | 416 - 417                 | 744.0   | 2260.0 | 103000.0 | 4480.0 | <1.0            | 1074.3           | 1074.3 | 174732.0 | 6957.0          | 565.0 | <0.20  | 15.5 | 424.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.56                 | 236.0               | 301200  | 16.4    | -2.6    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18925   | 28-09-2018    | 399 - 400                 | 751.0   | 2210.0 | 103000.0 | 4460.0 | <1.0            | 1074.3           | 1074.3 | 180965.0 | 7239.0          | 559.0 | <0.20  | 15.7 | 416.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.62                 | 236.0               | 308200  | 18.4    | -4.4    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18926   | 28-09-2018    | 381 - 382                 | 755.0   | 2280.0 | 103000.0 | 4540.0 | <1.0            | 1051.5           | 1051.5 | 174866.0 | 6925.0          | 575.0 | <0.20  | 16.0 | 423.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.58                 | 237.0               | 301600  | 17.3    | -2.6    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18927   | 28-09-2018    | 363 - 364                 | 749.0   | 2220.0 | 99500.0  | 4510.0 | <1.0            | 1051.5           | 1051.5 | 179343.0 | 7467.0          | 567.0 | <0.20  | 16.0 | 414.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.39                 | 237.0               | 303800  | 14.0    | -5.5    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18928   | 29-09-2018    | 345 - 346                 | 747.0   | 2300.0 | 102000.0 | 4520.0 | <1.0            | 937.2            | 937.2  | 177996.0 | 7166.0          | 579.0 | <0.20  | 17.0 | 407.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.38                 | 238.0               | 305400  | 13.6    | -3.9    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18929   | 29-09-2018    | 327 - 328                 | 759.0   | 2300.0 | 108000.0 | 4640.0 | <1.0            | 982.9            | 982.9  | 179120.0 | 6983.0          | 590.0 | <0.20  | 16.8 | 422.0 | <10  | <1 | 1.19 | 6.26                 | 238.0               | 300600  | 13.2    | -1.5    |                    |
| PGMW18-17 | PGS18930   | 29-09-2018    | 309 - 310                 | 730.0   | 2250.0 | 108000.0 | 4580.0 | <1.0            | 891.5            | 891.5  | 176179.0 | 6757.0          | 568.0 | <0.20  | 16.3 | 419.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.47                 | 239.0               | 309200  | 18.8    | -0.7    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18938   | 05-10-2018    | 277 - 278                 | 1010.0  | 1710.0 | 117000.0 | 2590.0 | <1.0            | 779.7            | 779.7  | 186451.0 | 6080.0          | 516.0 | <0.20  | 23.1 | 274.0 | 12.0 | <1 | 1.21 | 6.54                 | 242.0               | 319400  | 15.3    | -0.3    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18939   | 06-10-2018    | 258 - 259                 | 940.0   | 1990.0 | 117000.0 | 3180.0 | <1.0            | 917.2            | 917.2  | 187323.0 | 6689.0          | 536.0 | <0.20  | 20.9 | 324.0 | 17.0 | <1 | 1.21 | 6.62                 | 241.0               | 291000  | 9.3     | -0.3    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18940   | 06-10-2018    | 240 - 241                 | 714.0   | 3190.0 | 113000.0 | 4950.0 | <1.0            | 676.5            | 676.5  | 191778.0 | 9451.0          | 601.0 | <0.20  | 19.4 | 485.0 | 24.9 | <1 | 1.21 | 6.94                 | 242.0               | 311000  | 8.6     | -2.3    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18941   | 06-10-2018    | 222 - 223                 | 699.0   | 3220.0 | 123000.0 | 5070.0 | <1.0            | 722.3            | 722.3  | 188338.0 | 9442.0          | 616.0 | <0.20  | 18.9 | 490.0 | 15.8 | <1 | 1.21 | 6.79                 | 239.0               | 329000  | 15.0    | 2.5     |                    |
| PGMW18-18 | PGS18942   | 06-10-2018    | 204 - 205                 | 793.0   | 2790.0 | 113000.0 | 4440.0 | <1.0            | 871.4            | 871.4  | 190420.0 | 8573.0          | 583.0 | <0.20  | 19.4 | 440.0 | 18.5 | <1 | 1.21 | 6.75                 | 239.0               | 329400  | 15.5    | -2.3    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18943   | 06-10-2018    | 177 - 178                 | 825.0   | 2320.0 | 106000.0 | 4120.0 | <1.0            | 1135.1           | 1135.1 | 185471.0 | 7559.0          | 557.0 | <0.20  | 16.7 | 395.0 | 16.8 | <1 | 1.20 | 6.54                 | 241.0               | 323000  | 10.0    | -4.2    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18944   | 07-10-2018    | 171 - 172                 | 819.0   | 2130.0 | 113000.0 | 3850.0 | <1.0            | 1249.8           | 1249.8 | 183343.0 | 7112.0          | 546.0 | <0.20  | 16.1 | 375.0 | 11.1 | <1 | 1.20 | 6.50                 | 241.0               | 319000  | 10.3    | -0.8    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18945   | 07-10-2018    | 147 - 148                 | 829.0   | 2000.0 | 106000.0 | 3640.0 | <1.0            | 1249.8           | 1249.8 | 187176.0 | 6943.0          | 533.0 | <0.20  | 15.5 | 358.0 | <10  | <1 | 1.20 | 6.48                 | 239.0               | 321800  | 12.0    | -5.0    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18947   | 17-10-2018    | 594 - 595                 | 698.0   | 3290.0 | 109000.0 | 5080.0 | <1.0            | 710.9            | 710.9  | 191068.0 | 9727.0          | 594.0 | <0.20  | 20.1 | 501.0 | 32.2 | <1 | 1.21 | 6.77                 | 236.0               | 338400  | 11.4    | -3.8    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18948   | 19-10-2018    | 561 - 563                 | 745.0   | 3100.0 | 110000.0 | 4820.0 | <1.0            | 814.1            | 814.1  | 192048.0 | 9406.0          | 579.0 | <0.20  | 20.3 | 480.0 | <10  | <1 | 1.21 | 7.01                 | 237.0               | 336200  | 13.1    | -3.7    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18949   | 19-10-2018    | 536 - 538                 | 823.0   | 2790.0 | 112000.0 | 4430.0 | <1.0            | 928.7            | 928.7  | 191505.0 | 8636.0          | 563.0 | <0.20  | 21.0 | 450.0 | 13.8 | <1 | 1.21 | 6.80                 | 237.0               | 336600  | 15.3    | -3.0    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18951   | 19-10-2018    | 519 - 521                 | 937.0   | 2230.0 | 111000.0 | 3520.0 | <1.0            | 1020.4           | 1020.4 | 188805.0 | 7588.0          | 517.0 | <0.20  | 22.2 | 368.0 | 10.3 | <1 | 1.21 | 6.78                 | 238.0               | 330500  | 11.7    | -3.1    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18952   | 20-10-2018    | 501 - 503                 | 972.0   | 2060.0 | 113000.0 | 3290.0 | <1.0            | 1054.8           | 1054.8 | 188542.0 | 10395.0         | 512.0 | <0.20  | 22.7 | 345.0 | 13.7 | <1 | 1.21 | 6.82                 | 238.0               | 330000  | 12.4    | -2.9    |                    |
| PGMW18-18 | PGS18954   | 21-10-2018    | 483 - 485                 | 1020.0  | 1810.0 | 112000.0 | 2890.0 | <1.0            | 1077.8           | 1077.8 | 189321.0 | 6517.0          | 497.0 | <0.20  | 23.2 | 305.0 | 13.0 | <1 | 1.21 | 6.73                 | 236.0               | 324200  | 11.9    | -3.1    |                    |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |        |          |        |                 |                  |        |          |                 |       | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |       |       |      |    |        | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |
|------------|------------|---------------|---------------------------|---|--------|----------|--------|-----------------|------------------|--------|----------|-----------------|-------|--|-------|-------|------|----|--------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|            |            |               |                           | CATIONES  |        |          |        |                 | ANIONES          |        |          |                 |       | B  | Ba    | Sr    | Li   | Fe | Mn     | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |
|            |            |               |                           | Ca  | Mg     | Na       | K      | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl       | SO <sub>4</sub> |       |  |       |       |      |    |        |                      |                     |         |         |         |                    |
| PGMW18-19  | PGS18955   | 28-10-2018    | 585 - 587                 | 701   | 3240   | 112000   | 5890   | <1.0            | 504.5            | 504.5  | 181684   | 7342            | 775   | <0.20  | 20.2  | 616   | 59.2 | <1 | 1.208  | 6.57                 | 252                 | 333400  | 10.4    | 0.5     |                    |
| PGMW18-19  | PGS18956   | 29-10-2018    | 576 - 578                 | 736   | 2980   | 112000   | 5770   | <1.0            | 504.5            | 504.5  | 190992   | 6597            | 804   | <0.20  | 20.2  | 635   | 25.9 | <1 | 1.208  | 6.52                 | 246                 | 325800  | 13.1    | -1.9    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18957   | 30-10-2018    | 564 - 566                 | 741   | 3340   | 110000   | 5870   | <1.0            | 573.3            | 573.3  | 191480   | 8270            | 735   | <0.20  | 19.8  | 596   | 15   | <1 | 1.21   | 6.53                 | 246                 | 330800  | 12.9    | -2.9    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18958   | 30-10-2018    | 546 - 548                 | 690   | 3480   | 114000   | 5820   | <1.0            | 584.7            | 584.7  | 189660   | 9318            | 685   | <0.20  | 19.5  | 562   | 19.9 | <1 | 1.209  | 6.63                 | 237                 | 328400  | 11.2    | -0.9    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18960   | 30-10-2018    | 528 - 530                 | 904   | 2880   | 114000   | 5720   | <1.0            | 550.3            | 550.3  | 190621   | 6953            | 791   | <0.20  | 20.8  | 611   | 13.9 | <1 | 1.208  | 6.38                 | 239                 | 274200  | 16.4    | -1.1    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18961   | 30-10-2018    | 510 - 512                 | 771   | 2990   | 109000   | 5480   | <1.0            | 521.7            | 521.7  | 181657   | 7639            | 709   | <0.20  | 19.3  | 557   | <10  | <1 | 1.199  | 6.48                 | 235                 | 268600  | 14.7    | -1.0    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18963   | 31-10-2018    | 492 - 494                 | 615   | 3580   | 110000   | 5690   | <1.0            | 561.8            | 561.8  | 182045   | 9552            | 642   | <0.20  | 18.7  | 530   | <10  | <1 | 1.204  | 6.99                 | 236                 | 266600  | 11.1    | -0.6    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18964   | 31-10-2018    | 480 - 482                 | 796   | 3170   | 114000   | 5650   | <1.0            | 550.3            | 550.3  | 188425   | 8540            | 743   | <0.20  | 19.6  | 566   | <10  | <1 | 1.206  | 6.64                 | 235.5               | 270100  | 10.2    | -0.7    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18965   | 31-10-2018    | 453 - 455                 | 636   | 3700   | 114000   | 5880   | <1.0            | 567.5            | 567.5  | 188493   | 10219           | 669   | <0.20  | 19.5  | 547   | <10  | <1 | 1.21   | 7.03                 | 240                 | 334800  | 13.9    | -0.7    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18966   | 31-10-2018    | 441 - 443                 | 663   | 3650   | 114000   | 5880   | <1.0            | 561.8            | 561.8  | 187313   | 9877            | 687   | <0.20  | 19.7  | 553   | <10  | <1 | 1.21   | 6.94                 | 241                 | 335000  | 16.3    | -0.3    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18967   | 31-10-2018    | 429 - 431                 | 881   | 3020   | 115000   | 5760   | <1.0            | 556.1            | 556.1  | 191444   | 7906            | 828   | <0.20  | 20.6  | 588   | <10  | <1 | 1.21   | 6.54                 | 241                 | 333400  | 14.2    | -1.0    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18968   | 01-11-2018    | 414 - 416                 | 633   | 3790   | 115000   | 6010   | <1.0            | 573.3            | 573.3  | 191353   | 10562           | 673   | <0.20  | 19.7  | 556   | <10  | <1 | 1.211  | 7.03                 | 239                 | 332600  | 10.4    | -1.0    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18969   | 01-11-2018    | 402 - 404                 | 637   | 3720   | 115000   | 5910   | <1.0            | 619.1            | 619.1  | 190303   | 10344           | 679   | <0.20  | 19.3  | 551   | <10  | <1 | 1.211  | 6.99                 | 238                 | 334000  | 14.1    | -0.7    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18970   | 02-11-2018    | 384 - 386                 | 619   | 3760   | 117000   | 5960   | <1.0            | 584.7            | 584.7  | 191631   | 10575           | 661   | <0.20  | 19.6  | 549   | <10  | <1 | 1.211  | 7.05                 | 238                 | 335000  | 4.2     | -0.3    |                    |
| PGMW18-19  | PGS18972   | 02-11-2018    | 366 - 368                 | 525   | 3470   | 116000   | 4700   | <1.0            | 2505.2           | 2505.2 | 186932   | 12431           | 2460  | <0.20  | 11.4  | 468   | 17.1 | <1 | 1.216  | 6.11                 | 230                 | 322100  | 15.6    | -0.7    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18973   | 06-12-2018    | 305 - 307                 | 1020.0  | 2220.0 | 108000.0 | 3350.0 | 940.2           | <1.0             | 1261.2 | 187301.0 | 8348.0          | 826.0 | <0.20  | 41.1  | 310.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.46                 | 246.0               | 326200  | 14.3    | -4.3    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18974   | 06-12-2018    | 279 - 281                 | 1120.0  | 904.0  | 113000.0 | 1620.0 | 458.6           | 28.7             | 487.3  | 189476.0 | 5409.0          | 590.0 | <0.20  | 26.0  | 135.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.23                 | 252.0               | 325600  | 15.1    | -3.3    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18975   | 07-12-2018    | 228 - 230                 | 1140.0  | 835.0  | 113000.0 | 1530.0 | 275.2           | <1.0             | 481.6  | 188985.0 | 5221.0          | 581.0 | <0.20  | 25.6  | 126.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.22                 | 255.0               | 322800  | 13.0    | -3.3    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18976   | 07-12-2018    | 192 - 194                 | 1130.0  | 800.0  | 115000.0 | 1480.0 | 344.0           | 120.4            | 464.4  | 188704.0 | 5150.0          | 572.0 | <0.20  | 25.2  | 121.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.21                 | 258.0               | 325000  | 12.5    | -2.3    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18977   | 07-12-2018    | 174 - 176                 | 1130.0  | 777.0  | 112000.0 | 1420.0 | 378.4           | 86.0             | 464.4  | 188816.0 | 5113.0          | 567.0 | <0.20  | 25.2  | 118.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.22                 | 255.0               | 323800  | 12.6    | -3.7    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18978   | 07-12-2018    | 156 - 158                 | 1160.0  | 768.0  | 112000.0 | 1360.0 | 344.0           | 229.3            | 573.3  | 189165.0 | 5114.0          | 557.0 | <0.20  | 26.5  | 114.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.24                 | 253.0               | 312400  | 16.3    | -3.8    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18980   | 07-12-2018    | 135 - 137                 | 1140.0  | 770.0  | 111000.0 | 1430.0 | 378.4           | 34.4             | 412.8  | 190194.0 | 5102.0          | 567.0 | <0.20  | 25.0  | 116.0 | 13.6 | <1 | 1.21   | 7.19                 | 252.0               | 318800  | 16.3    | -4.5    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18981   | 07-12-2018    | 120 - 122                 | 1150.0  | 764.0  | 114000.0 | 1420.0 | 378.4           | 40.1             | 418.5  | 189580.0 | 5068.0          | 566.0 | <0.20  | 24.9  | 114.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.20                 | 257.0               | 316400  | 15.2    | -3.0    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18982   | 07-12-2018    | 99 - 101                  | 1140.0  | 760.0  | 114000.0 | 1400.0 | 378.4           | 17.2             | 395.6  | 189797.0 | 5119.0          | 563.0 | <0.20  | 24.8  | 115.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.19                 | 254.0               | 324200  | 15.5    | -3.1    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18984   | 07-12-2018    | 81 - 83                   | 1140.0  | 753.0  | 113000.0 | 1380.0 | 344.0           | 57.3             | 401.3  | 185295.0 | 4946.0          | 554.0 | <0.20  | 24.6  | 113.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.18                 | 249.0               | 324800  | 15.0    | -2.3    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18985   | 14-12-2018    | 564 - 566                 | 1090.0  | 1320.0 | 117000.0 | 2440.0 | <1.0            | 710.9            | 710.9  | 189124.0 | 7542.0          | 690.0 | <0.20  | 28.70 | 185.0 | <10  | <1 | 1.21   | 7.01                 | 234.0               | 333000  | 16.8    | -1.5    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18986   | 18-12-2018    | 417 - 419                 | 1040.0  | 1760.0 | 109000.0 | 4130.0 | <1.0            | 378.4            | 378.4  | 182530.0 | 7172.0          | 696.0 | <0.20  | 23.10 | 299.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.84                 | 238.0               | 320600  | 14.5    | -2.3    |                    |
| PGMW18-20B | PGS18987   | 18-12-2018    | 396 - 398                 | 1290.0  | 751.0  | 114000.0 | 2820.0 | <1.0            | 401.3            | 401.3  | 168989.0 | 5141.0          | 431.0 | <0.20  | 29.40 | 123.0 | <10  | <1 | 1.20   | 7.12                 | 237.0               | 312700  | 15.1    | 3.0     |                    |
| PGMW19-21  | PGS191240  | 16-03-2019    | 295 - 296                 | 770.0   | 2920.0 | 107000.0 | 4850.0 | 659.0           | 250.0            | 908.2  | 188593.0 | 9127.0          | 590.0 | <0.20  | 19.0  | 495.0 | 10.9 | <1 | 1.20   | 6.80                 | 242.0               | 330850  | 16.8    | -4.1    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191241  | 16-03-2019    | 286 - 287                 | 824.0   | 2570.0 | 101000.0 | 4570.0 | 679.0           | 200.0            | 878.2  | 188016.0 | 8685.0          | 565.0 | <0.20  | 18.8  | 472.0 | 20.0 | <1 | 1.20   | 6.80                 | 243.0               | 329400  | 18      | -6.9    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191243  | 16-03-2019    | 268 - 269                 | 883.0   | 2130.0 | 107000.0 | 4160.0 | 758.0           | 160.0            | 918.2  | 184550.0 | 7709.0          | 526.0 | <0.20  | 18.0  | 423.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.90                 | 240.0               | 326300  | 18.8    | -3.6    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191245  | 16-03-2019    | 249 - 250                 | 871.0   | 2150.0 | 111000.0 | 3960.0 | 439.0           | 339.0            | 778.4  | 190121.0 | 7660.0          | 523.0 | <0.20  | 18.5  | 386.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.90                 | 241.0               | 317400  | 17.7    | -3.3    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191246  | 16-03-2019    | 234 - 235                 | 917.0   | 1730.0 | 111000.0 | 3670.0 | 639.0           | 180.0            | 818.4  | 185903.0 | 6462.0          | 493.0 | <0.20  | 17.9  | 341.0 | <10  | <1 | 1.20   | 7.00                 | 242.0               | 307400  | 19.6    | -2.4    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191247  | 16-03-2019    | 219 - 220                 | 841.0   | 2630.0 | 105000.0 | 4190.0 | 679.0           | 180.0            | 858.3  | 191602.0 | 8248.0          | 566.0 | <0.20  | 20.3  | 413.0 | <10  | <1 | 1.21   | 6.80                 | 242.0               | 330600  | 18.1    | -6.0    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191248  | 16-03-2019    | 204 - 205                 | 800.0   | 2260.0 | 113000.0 | 3700.0 | 599.0           | 160.0            | 758.5  | 190180.0 | 7952.0          | 510.0 | <0.20  | 18.8  | 361.0 | <10  | <1 | 1.21   | 6.80                 | 242.0               | 307000  | 16.9    | -2.6    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191249  | 17-03-2019    | 189 - 190                 | 850.0   | 2250.0 | 116000.0 | 3680.0 | 619.0           | 180.0            | 798.4  | 191437.0 | 7784.0          | 515.0 | <0.20  | 19.5  | 353.0 | <10  | <1 | 1.21   | 6.70                 | 240.5               | 348400  | 16.8    | -1.6    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191251  | 17-03-2019    | 173 - 174                 | 885.0   | 2140.0 | 112000.0 | 3560.0 | <1              | 778.0            | 778.4  | 189961.0 | 7676.0          | 502.0 | <0.20  | 19.6  | 338.0 | <10  | <1 | 1.21   | 6.70                 | 244.0               | 311000  | 16.5    | -3.1    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191252  | 17-03-2019    | 161 - 162                 | 885.0   | 2070.0 | 113000.0 | 3490.0 | <1              | 838.0            | 838.3  | 190547.0 | 7401.0          | 496.0 | <0.20  | 19.7  | 331.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.80                 | 240.0               | 312300  | 17      | -2.8    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191253  | 17-03-2019    | 146 - 147                 | 900.0   | 1990.0 | 112000.0 | 3380.0 | 240.0           | 619.0            | 858.3  | 177654.0 | 7158.0          | 488.0 | <0.20  | 19.6  | 316.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.90                 | 242.0               | 313500  | 16.7    | 0.2     |                    |
| PGMW19-21  | PGS191254  | 17-03-2019    | 131 - 132                 | 924.0   | 2040.0 | 114000.0 | 3440.0 | 279.0           | 539.0            | 818.4  | 171426.0 | 7442.0          | 498.0 | <0.20  | 20.2  | 324.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.90                 | 241.0               | 344000  | 17.3    | 2.7     |                    |
| PGMW19-21  | PGS191256  | 17-03-2019    | 89 - 90                   | 898.0   | 2300.0 | 108000.0 | 3680.0 | 599.0           | 639.0            | 1237.5 | 174577.0 | 7680.0          | 524.0 | <0.20  | 18.7  | 372.0 | 14.1 | <1 | 1.20   | 7.00                 | 241.0               | 332300  | 17.2    | -0.5    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191348  | 05-04-2019    | 455 - 456                 | 865.0   | 2360.0 | 117000.0 | 3750.0 | <1              | 850.0            | 850.4  | 182507.0 | 7444.0          | 464.0 | <0.20  | <10   | 425.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.60                 | 246.0               | 321400  | 20.8    | 1.2     |                    |
| PGMW19-21  | PGS191350  | 05-04-2019    | 419 - 420                 | 837.0   | 2160.0 | 114000.0 | 3570.0 | <1              | 820.0            | 820.4  | 181472.0 | 7425.0          | 446.0 | <0.20  | <10   | 366.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.60                 | 252.0               | 327300  | 19.1    | 0.0     |                    |
| PGMW19-21  | PGS191351  | 05-04-2019    | 383 - 384                 | 793.0   | 2310.0 | 112000.0 | 3620.0 | <1              | 820.0            | 820.4  | 180401.0 | 7602.0          | 490.0 | <0.20  | <10   | 376.0 | <10  | <1 | 1.20   | 6.60                 | 248.0               | 330100  | 16.4    | -0.4    |                    |
| PGMW19-21  | PGS191352  | 06-04-2019    | 347 - 348                 | 772.0   | 2070.0 | 111000.0 | 3610.0 | <1              | 800.0            | 800.4  | 190552.0 | 7680.0          | 459.0 | <0.20  | <10   | 357.0 | <10  | <1 | 1.20</ |                      |                     |         |         |         |                    |

ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL, PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA

1377800

| ID POZO     | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | CONSTITUYENTES COMUNES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |       |         |       |                 |                  |        |         |                 | ELEMENTOS MENORES <sup>a</sup><br>(miligramos por litro) |       |     |      |      |      | PARÁMETROS DE RUTINA |                     |         |         |         | BALANCE IÓNICO (%) |
|-------------|------------|---------------|---------------------------|---|-------|---------|-------|-----------------|------------------|--------|---------|-----------------|--|-------|-----|------|------|------|----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|             |            |               |                           | CATIONES  |       |         |       | ANIONES         |                  |        |         |                 | B  | Ba    | Sr  | Li   | Fe   | Mn   | Densidad             | pH LAB <sup>d</sup> | °CE LAB | TDS LAB | T° (°C) |                    |
|             |            |               |                           | Ca  | Mg    | Na      | K     | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Alc.   | Cl      | SO <sub>4</sub> |  |       |     |      |      |      |                      |                     |         |         |         |                    |
| PGMW19-22   | PGS19257   | 18-03-2019    | 143 - 144                 | 11.0  | <10   | 196.0   | <15   | <1              | 240.0            | 239.5  | 116.0   | 58.0            | <14  | <0,20 | <10 | <10  | 14.8 | <1   | 1.00                 | 7.90                | 0.8     | 2200    | 15.6    | 4.0                |
| PGMW19-22   | PGS19258   | 18-03-2019    | 133 - 134                 | <10   | <10   | 235.0   | <15   | <1              | 220.0            | 219.6  | 139.0   | 126.0           | <14  | <0,20 | <10 | <10  | 22.2 | <1   | 1.00                 | 7.90                | 1.2     | 1400    | 16.8    | 0.6                |
| PGMW19-22   | PGS19335   | 18-03-2019    | 108 - 109                 | <10   | <10   | 279.0   | 18.0  | <1              | 319.0            | 319.4  | 222.0   | 80.0            | <14  | <0,20 | <10 | <10  | <10  | <1   | 1.00                 | 7.90                | 1.2     | 200     | 15.1    | -2.0               |
| PGMW19-22   | PGS19336   | 26-03-2019    | 304.5 - 305.5             | 296.0   | 145.0 | 7360.0  | 280.0 | <1              | 1521.0           | 1520.8 | 12271.0 | 99.0            | 167.0  | <0,20 | <10 | 26.6 | <10  | <1   | 1.02                 | 7.30                | 35.4    | 22550   | 16.1    | -2.4               |
| PGMW19-22   | PGS19337   | 26-03-2019    | 281.5 - 282.5             | 421.0   | 210.0 | 10300.0 | 410.0 | <1              | 2041.0           | 2041.0 | 17591.0 | 12.0            | 259.0  | <0,20 | <10 | 40.3 | <10  | <1   | 1.03                 | 7.10                | 48.5    | 31700   | 15.8    | -3.0               |
| PGMW19-22   | PGS19339   | 27-03-2019    | 269.5 - 270.5             | 339.0   | 232.0 | 11500.0 | 454.0 | <1              | 2041.0           | 2041.0 | 20326.0 | 58.0            | 292.0  | <0,20 | <10 | 44.8 | <10  | <1   | 1.02                 | 7.10                | 54.5    | 37500   | 15.7    | -5.0               |
| PGMW19-22   | PGS19340   | 27-03-2019    | 233.5 - 234.5             | 329.0   | 302.0 | 14700.0 | 581.0 | <1              | 2291.0           | 2291.1 | 26028.0 | 102.0           | 378.0  | <0,20 | <10 | 57.3 | <10  | <1   | 1.03                 | 7.10                | 67.8    | 47700   | 16.5    | -5.1               |
| PGMW19-22   | PGS19341   | 29-03-2019    | 221.5 - 222.5             | 431.0   | 242.0 | 12200.0 | 472.0 | 480.0           | 1041.0           | 1520.8 | 20716.0 | 138.0           | 314.0  | <0,20 | <10 | 47.8 | <10  | <1   | 1.03                 | 7.10                | 59.9    | 39100   | 9.6     | -1.5               |
| PGMW19-22   | PGS19355   | 12-04-2019    | 360 - 361                 | 706.0   | 361.0 | 24400.0 | 648.0 | 400.0           | 1591.0           | 1991.0 | 33876.0 | 461.0           | 252.0  | <0,20 | <10 | 55.7 | <10  | <1   | 1.04                 | 7.20                | 87.9    | 61200   | 15      | 7.3                |
| PGMW19-22   | PGS19356   | 14-04-2019    | 339 - 340                 | 939.0   | 675.0 | 34800.0 | 905.0 | 280.0           | 2221.0           | 2501.3 | 52495.0 | 1185.0          | 260.0  | <0,20 | <10 | 99.4 | 93.1 | <1   | 1.07                 | 7.10                | 123.9   | 97900   | 8.7     | 3.3                |
| PGMW19-22   | PGS19357   | 14-04-2019    | 315 - 316                 | 55.1  | 23.2  | 1570.0  | 84.0  | <1              | 840.0            | 840.4  | 2102.0  | 70.0            | 20.2   | <0,20 | <10 | <10  | <10  | 22.2 | 1.01                 | 7.60                | 7.8     | 6000    | 14.1    | 0.6                |
| PGWW18-01   | PGS180903  | 18-09-2018    | Bombeo                    | 17.2  | 7.8   | 112.9   | 10.7  | 15.6            | 35.4             | 70.0   | 109.5   | 120.0           | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | ---  | ---                  | 6.00                | 0.7     | 494     | ---     | -0.2               |
| PGWW19-02   | PGS190228  | 28-02-2019    | Bombeo                    | 18.5  | 10.4  | 28.2    | 3.8   | 12.0            | 24.4             | 55.0   | 38.8    | 41.0            | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | ---  | ---                  | 7.28                | 0.3     | 188     | ---     | 5.9                |
| PGWW19-03   | PGS196248  | 04-12-2019    | Bombeo                    | 22.9  | 8.8   | 45.0    | 4.8   | 12.0            | 48.8             | 75.0   | 48.7    | 54.0            | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | ---  | ---                  | 8.63                | 0.3     | 142     | ---     | 3.4                |
| PGWW19-07   | PGS196033  | 25-06-2019    | Bombeo                    | 19.4  | 4.8   | 11.1    | 2.2   | 0.0             | 61.0             | 65.0   | 19.1    | 25.0            | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | ---  | ---                  | 7.21                | 0.2     | 164     | ---     | -4.4               |
| Superficial | PGSW21-01  | 15-06-2021    | Superficial               | 36  | 5     | 106     | <1    | <1              | 152              | 125    | 121     | 38              | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | <1   | ---                  | 8.04                | 0.6     | 453     | 8.7     | 1.0                |
| Superficial | PGSW21-02  | 15-06-2021    | Superficial               | 49  | 26    | 1463    | 117.0 | <1              | 451              | 370    | 1633    | 913             | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | <1   | ---                  | 8.30                | 7.0     | 232     | 6.4     | -0.7               |
| Superficial | PGSW21-03  | 15-06-2021    | Superficial               | 310   | 670   | 28310   | <1    | <1              | 1705             | 1369   | 34920   | 1855            | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | <1   | ---                  | 8.09                | 127.5   | 83100   | 9.3     | 10.8               |
| Superficial | PGSW21-04  | 15-06-2021    | Superficial               | 279   | 17    | 4292    | <1    | <1              | 457              | 375    | 6479    | 302             | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | <1   | ---                  | 7.80                | 20.2    | 12600   | 8.8     | 1.6                |
| Superficial | PGSW21-05  | 15-06-2021    | Superficial               | 52  | 15    | 798     | <1    | <1              | 335              | 275    | 827     | 528             | ---  | ---   | --- | ---  | ---  | <1   | ---                  | 8.01                | 3.9     | 2700    | 11.4    | -1.4               |

<sup>a</sup>CO<sub>3</sub> = Carbonato  
HCO<sub>3</sub> = Bicarbonato  
Cl = Cloruro  
SO<sub>4</sub> = Sulfato  
Alc = Alcalinidad  
Ca = Calcio  
Mg = Magnesio  
Na = Sodio  
K = Potasio  
--- = Análisis no efectuado  
< = Valor por debajo del límite de detección  
B = Boro  
Ba = Bario  
Sr = Estroncio  
Li = Litio  
Fe = Hierro  
Mn = Manganeseo

<sup>d</sup>pH LAB = pH medido en laboratorio

<sup>e</sup>CE LAB = Conductividad eléctrica medida en laboratorio

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |        |        |           |         |
|------------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|--------|--------|-----------|---------|
|            |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso   | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW16-01b | PGS1602    | 16-11-2016    | 107,5 - 108,5             | -0.2                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.11   | 0.01   | 1.43      | -1.02   |
| PGMW16-01b | PGS1611    | 03-12-2016    | 275 - 300                 | -0.3                  | 0.3       | 0.5     | 2.1      | -0.02  | -0.1   | 0.9       | -1.3    |
| PGMW16-01b | PGS1612    | 04-12-2016    | 224 - 225                 | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 2.9      | 0.03   | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW16-01b | PGS1613    | 04-12-2016    | 197 - 198                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 2.9      | 0.01   | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW16-01b | PGS1614    | 04-12-2016    | 167 - 168                 | -0.7                  | 0.4       | 0.6     | 2.3      | -0.31  | -0.5   | 1.0       | -1.4    |
| PGMW16-01b | PGS1615    | 04-12-2016    | 146 - 147                 | -1.1                  | 0.1       | 0.3     | 1.6      | -0.619 | -0.9   | 0.6       | -1.8    |
| PGMW16-01b | PGS1616    | 04-12-2016    | 116 - 117                 | -0.4                  | 0.9       | 1.1     | 3.2      | -0.082 | -0.4   | 1.5       | -1.4    |
| PGMW16-01b | PGS1617    | 04-12-2016    | 94 - 95                   | -0.3                  | 0.8       | 0.9     | 3.1      | 0.0571 | -0.2   | 1.5       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1620    | 18-12-2016    | 375 - 400                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.5      | 0.0    | 0.0    | 1.2       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1621    | 21-12-2016    | 343 - 344                 | -0.3                  | 0.5       | 0.6     | 2.4      | 0.0    | 0.0    | 1.1       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1623    | 22-12-2016    | 322 - 323                 | -0.3                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | 0.0    | 0.0    | 1.1       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1624    | 22-12-2016    | 301 - 302                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.6      | 0.0    | 0.0    | 1.2       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1626    | 22-12-2016    | 274 - 275                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.6      | 0.0    | 0.0    | 1.2       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1627    | 04-01-2017    | 253 - 254                 | -0.3                  | 0.3       | 0.5     | 2.1      | 0.0    | -0.1   | 1.0       | -1.3    |
| PGMW16-02  | PGS1628    | 04-01-2017    | 225 - 226                 | -0.4                  | 0.3       | 0.5     | 2.1      | -0.1   | -0.1   | 1.0       | -1.3    |
| PGMW16-02  | PGS1629    | 04-01-2017    | 200 - 201                 | -0.4                  | 0.3       | 0.5     | 2.1      | -0.1   | -0.1   | 1.0       | -1.3    |
| PGMW16-02  | PGS1630    | 04-01-2017    | 157 - 158                 | -0.4                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | -0.1   | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW16-02  | PGS1731    | 05-01-2017    | 113 - 114                 | -0.4                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | -0.1   | -0.1   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW16-02  | PGS1733    | 05-01-2017    | 71 - 72                   | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0    | 0.0    | 1.3       | -1.2    |
| PGMW16-03  | PGS1735    | 13-01-2017    | 127 - 128                 | -0.5                  | 1.0       | 1.2     | 3.4      | -0.2   | 0.0    | 1.6       | -1.3    |
| PGMW16-03  | PGS1736    | 14-01-2017    | 148 - 149                 | -0.9                  | -0.4      | -0.3    | 0.5      | -0.5   | -0.8   | 0.0       | -1.8    |
| PGMW17-04  | PGS1750    | 30-03-2017    | 127 - 128                 | -0.4                  | 0.7       | 0.9     | 3.1      | -0.1   | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1754    | 30-03-2017    | 93,5 - 96,5               | -0.5                  | 0.5       | 0.6     | 2.9      | -0.1   | -0.1   | 1.7       | -1.0    |
| PGMW17-04  | PGS1756    | 31-03-2017    | 148 - 149                 | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 3.4      | -0.1   | -0.1   | 1.8       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1759    | 02-04-2017    | 183,5 - 186,5             | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | -0.1   | -0.1   | 1.6       | -1.0    |
| PGMW17-04b | PGS1760    | 03-04-2017    | 168,5 - 171,5             | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | 0.0    | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1761    | 03-04-2017    | 139 - 142                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.3      | 0.0    | -0.1   | 1.6       | -1.0    |
| PGMW17-04b | PGS1762    | 04-04-2017    | 123,5 - 126,5             | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | 0.0    | -0.1   | 1.6       | -1.0    |
| PGMW17-04b | PGS1769    | 14-04-2017    | 396,5 - 399,5             | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.6      | 0.0    | -0.1   | 1.8       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1770    | 14-04-2017    | 390,5 - 393,5             | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | -0.1   | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-04b | PGS1771    | 14-04-2017    | 378,5 - 381,5             | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | 0.0    | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1772    | 14-04-2017    | 372,5 - 375,5             | -0.3                  | 0.5       | 0.6     | 2.4      | 0.0    | -0.1   | 1.1       | -1.2    |
| PGMW17-04b | PGS1774    | 14-04-2017    | 327,5 - 330,5             | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.7      | 0.0    | -0.1   | 1.3       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1775    | 15-04-2017    | 300,5 - 303,5             | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | 0.0    | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-04b | PGS1776    | 16-04-2017    | 273,5 - 276,5             | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | 0.0    | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS1777    | 17-04-2017    | 264,5 - 267,5             | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | 0.0    | -0.1   | 1.6       | -1.0    |
| PGMW17-04b | PGS1779    | 21-04-2017    | 252,5 - 255,5             | -0.4                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0    | 0.0    | 1.4       | -1.0    |
| PGMW17-04b | PGS1780    | 21-04-2017    | 243,5 - 246,5             | -0.4                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | 0.0    | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17170   | 14-04-2017    | 472 - 475                 | -0.2                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0    | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17171   | 14-04-2017    | 466 - 469                 | -0.2                  | 0.4       | 0.6     | 2.5      | 0.0    | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17172   | 14-04-2017    | 460 - 463                 | -0.5                  | 0.5       | 0.7     | 2.5      | -0.3   | 0.0    | 1.2       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17173   | 14-04-2017    | 454 - 457                 | -0.3                  | 0.4       | 0.5     | 2.3      | 0.0    | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17174   | 14-04-2017    | 448 - 451                 | -0.2                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | 0.0    | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17175   | 14-04-2017    | 442 - 445                 | -0.3                  | 0.3       | 0.5     | 2.2      | 0.0    | -0.1   | 1.0       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17177   | 15-04-2017    | 436 - 439                 | -0.2                  | 0.3       | 0.5     | 2.1      | 0.0    | 0.0    | 1.0       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17178   | 15-04-2017    | 430 - 433                 | -0.3                  | 0.3       | 0.4     | 2.1      | 0.0    | 0.0    | 1.0       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17179   | 15-04-2017    | 424 - 427                 | -0.3                  | 0.2       | 0.4     | 2.0      | 0.0    | 0.0    | 0.9       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17180   | 15-04-2017    | 418 - 421                 | -0.2                  | 0.8       | 0.9     | 3.1      | 0.0    | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17182   | 15-04-2017    | 412 - 415                 | -0.2                  | 0.2       | 0.4     | 2.0      | 0.0    | 0.0    | 0.9       | -1.1    |
| PGMW17-04b | PGS17183   | 15-04-2017    | 406 - 409                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 2.8      | 0.0    | 0.0    | 1.3       | -1.1    |

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|------------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|            |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW17-05  | PGS1798    | 04-05-2017    | 57,5 - 60,5               | -0.4                  | -0.8      | -0.6    | 0.1      | 0.0  | -0.1   | 0.2       | -1.0    |
| PGMW17-05  | PGS1799    | 04-05-2017    | 50 - 53                   | -0.4                  | -1.0      | -0.9    | -0.3     | 0.0  | -0.1   | 0.0       | -1.0    |
| PGMW17-05  | PGS17151   | 04-05-2017    | 25,7 - 30,5               | -0.4                  | -0.3      | -0.2    | 1.0      | -0.1 | -0.1   | 0.5       | -1.1    |
| PGMW17-05c | PGS17220   | 22-06-2017    | 417,7 - 419,7             | -0.4                  | 0.0       | 0.2     | 1.5      | 0.0  | -0.1   | 0.8       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17223   | 22-06-2017    | 411,7 - 413,7             | -0.3                  | 0.1       | 0.2     | 1.7      | 0.0  | -0.1   | 0.8       | -1.1    |
| PGMW17-05c | PGS17224   | 23-06-2017    | 387,7 - 389,0             | -0.4                  | -0.1      | 0.1     | 1.4      | 0.0  | -0.1   | 0.7       | -1.1    |
| PGMW17-05c | PGS17225   | 23-06-2017    | 381,7 - 383,7             | -0.4                  | -0.2      | 0.0     | 1.2      | -0.1 | -0.1   | 0.6       | -1.1    |
| PGMW17-05c | PGS17226   | 12-07-2017    | 592 - 593                 | -0.5                  | 0.5       | 0.6     | 2.4      | -0.1 | -0.1   | 1.2       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17227   | 12-07-2017    | 574 - 575                 | -0.3                  | 0.4       | 0.5     | 2.4      | 0.0  | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-05c | PGS17228   | 13-07-2017    | 562 - 563                 | -0.4                  | 0.1       | 0.2     | 1.8      | 0.0  | -0.1   | 0.9       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17230   | 17-07-2017    | 538 - 539                 | -0.4                  | 0.2       | 0.3     | 1.9      | 0.0  | -0.1   | 0.9       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17232   | 20-07-2017    | 526 - 527                 | -0.3                  | 0.3       | 0.4     | 2.2      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17235   | 21-07-2017    | 514 - 515                 | -0.3                  | 0.3       | 0.4     | 2.2      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-05c | PGS17236   | 21-07-2017    | 496 - 497                 | -0.3                  | 0.3       | 0.4     | 2.1      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17237   | 22-07-2017    | 478 - 479                 | -0.4                  | 0.3       | 0.4     | 2.3      | -0.1 | -0.1   | 1.2       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17238   | 22-07-2017    | 442 - 443                 | -0.4                  | 0.3       | 0.5     | 2.4      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.0    |
| PGMW17-05c | PGS17239   | 22-07-2017    | 430 - 431                 | -0.4                  | 0.3       | 0.5     | 2.3      | -0.1 | -0.1   | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-06c | PGS17615   | 26-08-2017    | 319 - 320                 | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.3      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.3    |
| PGMW17-06c | PGS17617   | 26-08-2017    | 305 - 307                 | -0.4                  | 0.9       | 1.1     | 3.2      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.4    |
| PGMW17-06c | PGS17618   | 27-08-2017    | 105 - 107                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.3    |
| PGMW17-06c | PGS17635   | 22-09-2017    | 507 - 508,7               | -0.3                  | 1.1       | 1.3     | 4.0      | 0.0  | -0.1   | 2.0       | -1.1    |
| PGMW17-06c | PGS17636   | 23-09-2017    | 489 - 490,7               | -0.4                  | 1.0       | 1.2     | 3.8      | 0.0  | -0.1   | 2.0       | -1.0    |
| PGMW17-06c | PGS17637   | 23-09-2017    | 471 - 472,7               | -0.3                  | 1.0       | 1.1     | 3.7      | -0.1 | -0.1   | 1.8       | -1.1    |
| PGMW17-06c | PGS17640   | 23-09-2017    | 456 - 457,7               | -0.3                  | 1.0       | 1.2     | 3.8      | 0.0  | 0.0    | 2.0       | -1.0    |
| PGMW17-06c | PGS17644   | 24-09-2017    | 438 - 439,7               | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | 0.1  | 0.0    | 1.8       | -1.0    |
| PGMW17-06c | PGS17648   | 24-09-2017    | 420 - 421,7               | -0.2                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | 0.0  | -0.1   | 1.7       | -1.2    |
| PGMW17-06c | PGS17653   | 24-09-2017    | 402 - 403,7               | -0.2                  | 1.1       | 1.3     | 3.9      | 0.1  | -0.1   | 2.0       | -1.0    |
| PGMW17-06c | PGS17655   | 25-09-2017    | 384 - 385,7               | -0.3                  | 1.0       | 1.1     | 3.4      | 0.0  | 0.0    | 1.7       | -1.1    |
| PGMW17-06c | PGS17657   | 25-09-2017    | 366 - 367,7               | -0.3                  | 1.1       | 1.2     | 3.8      | 0.0  | -0.1   | 1.9       | -1.1    |
| PGMW17-06c | PGS17658   | 25-09-2017    | 348 - 349,7               | -0.3                  | 1.1       | 1.2     | 3.8      | 0.0  | 0.0    | 1.9       | -1.1    |
| PGMW17-07  | PGS17241   | 24-07-2017    | 44,3 - 44,7               | -0.4                  | 1.3       | 1.5     | 4.0      | 0.0  | -0.1   | 1.9       | -1.2    |
| PGMW17-07  | PGS17242   | 26-07-2017    | 137,3 - 138,3             | -0.4                  | 1.3       | 1.4     | 3.8      | 0.0  | -0.1   | 1.8       | -1.2    |
| PGMW17-07  | PGS17243   | 26-07-2017    | 125,3 - 126,3             | -0.4                  | 1.2       | 1.4     | 3.8      | 0.0  | -0.1   | 1.8       | -1.2    |
| PGMW17-07  | PGS17245   | 26-07-2017    | 106,3 - 107,3             | -0.4                  | 0.9       | 1.1     | 3.4      | -0.1 | -0.1   | 1.7       | -1.3    |
| PGMW17-07  | PGC17246   | 26-07-2017    | 77,3 - 78,3               | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | -0.1 | -0.1   | 1.6       | -1.2    |
| PGMW17-07  | PGS17247   | 26-07-2017    | 49,3 - 50,3               | -0.4                  | 0.8       | 0.9     | 3.2      | 0.0  | 0.0    | 1.6       | -1.1    |
| PGMW17-07b | PGS17249   | 18-08-2017    | 186,5 - 187,5             | -0.4                  | 0.9       | 1.0     | 3.2      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.2    |
| PGMW17-07b | PGS17613   | 18-08-2017    | 165,5 - 166,5             | -0.4                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | -0.1 | -0.1   | 1.1       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17678   | 09-10-2017    | 474 - 476                 | -0.3                  | 0.8       | 0.9     | 3.1      | 0.0  | -0.2   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW17-07d | PGS17680   | 10-10-2017    | 456 - 458                 | -0.3                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | 0.0  | 0.0    | 1.2       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17683   | 10-10-2017    | 444 - 446                 | -0.2                  | 0.3       | 0.5     | 2.3      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17684   | 10-10-2017    | 420 - 422                 | -0.3                  | 0.2       | 0.3     | 1.9      | -0.1 | -0.1   | 0.9       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17687   | 10-10-2017    | 402 - 404                 | -0.3                  | 0.3       | 0.4     | 2.1      | 0.0  | 0.0    | 1.0       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17688   | 10-10-2017    | 384 - 386                 | -0.2                  | 0.2       | 0.4     | 2.1      | 0.0  | 0.0    | 1.0       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17689   | 11-10-2017    | 366 - 368                 | -0.4                  | 0.1       | 0.3     | 1.9      | 0.0  | -0.2   | 0.9       | -1.3    |
| PGMW17-07d | PGS17690   | 11-10-2017    | 330 - 332                 | -0.2                  | 0.1       | 0.3     | 1.9      | 0.0  | 0.0    | 0.9       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17691   | 11-10-2017    | 312 - 314                 | -0.2                  | 0.1       | 0.3     | 2.0      | 0.0  | 0.0    | 0.9       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17692   | 11-10-2017    | 294 - 296                 | -0.2                  | 0.1       | 0.2     | 1.8      | 0.0  | -0.1   | 0.8       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17693   | 11-10-2017    | 276 - 278                 | -0.2                  | 0.0       | 0.2     | 1.7      | 0.0  | 0.0    | 0.8       | -1.1    |
| PGMW17-07d | PGS17701   | 11-10-2017    | 258 - 260                 | -0.3                  | 0.0       | 0.2     | 1.7      | 0.0  | 0.0    | 0.8       | -1.2    |
| PGMW17-07d | PGS17702   | 12-10-2017    | 240 - 242                 | -0.2                  | 0.1       | 0.3     | 2.0      | 0.0  | 0.0    | 1.0       | -1.1    |
| PGMW17-07d | PGS17703   | 12-10-2017    | 216 - 218                 | -0.3                  | 0.2       | 0.4     | 2.1      | 0.0  | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-07d | PGS17704   | 12-10-2017    | 204 - 205,7               | -0.2                  | 0.3       | 0.4     | 2.3      | 0.0  | 0.0    | 1.2       | -1.1    |

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|------------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|            |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW17-08b | PGS17749   | 06-11-2017    | 356 - 358                 | -0.2                  | 0.8       | 1.0     | 3.2      | 0.1  | 0.0    | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-08b | PGS17751   | 07-11-2017    | 344 - 346                 | -0.2                  | 0.8       | 0.9     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17614   | 21-08-2017    | 173.5 - 174.5             | -0.5                  | 0.6       | 0.7     | 2.6      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17620   | 11-09-2017    | 382 - 383                 | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.3      | 0.0  | -0.2   | 1.5       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17621   | 11-09-2017    | 370 - 371                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17622   | 11-09-2017    | 358 - 359                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17624   | 11-09-2017    | 346 - 347                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17625   | 11-09-2017    | 334 - 335                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17626   | 11-09-2017    | 322 - 323                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17628   | 11-09-2017    | 310 - 311                 | -0.3                  | 0.3       | 0.5     | 2.2      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17629   | 11-09-2017    | 286 - 287                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 2.9      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17630   | 11-09-2017    | 250 - 251                 | -0.4                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | -0.1 | -0.2   | 1.7       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17631   | 11-09-2017    | 238 - 239                 | -0.4                  | 0.8       | 0.9     | 3.2      | 0.0  | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17632   | 08-09-2017    | 226 - 227                 | -0.5                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | -0.1 | -0.2   | 1.7       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17633   | 08-09-2017    | 214 - 215                 | -0.4                  | 0.6       | 0.7     | 2.7      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17638   | 23-09-2017    | 583 - 585                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17639   | 23-09-2017    | 565 - 567                 | -0.2                  | 0.5       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17642   | 23-09-2017    | 547 - 549                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17643   | 24-09-2017    | 529 - 531                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | -0.2   | 1.5       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17646   | 24-09-2017    | 511 - 513                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17647   | 24-09-2017    | 493 - 495                 | -0.2                  | 0.6       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17649   | 24-09-2017    | 475 - 477                 | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 3.1      | 0.0  | -0.2   | 1.5       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17650   | 24-09-2017    | 457 - 459                 | -0.2                  | 0.6       | 0.8     | 2.9      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17652   | 24-09-2017    | 439 - 441                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW17-09  | PGS17654   | 25-09-2017    | 421 - 423                 | -0.2                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW17-09  | PGS17656   | 25-09-2017    | 403 - 405                 | -0.3                  | 0.4       | 0.6     | 2.5      | 0.1  | -0.2   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW17-10  | PGS17661   | 08-10-2017    | 274 - 275,7               | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.6      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW17-10  | PGS17670   | 09-10-2017    | 256 - 257                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 2.8      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW17-10  | PGS17672   | 09-10-2017    | 238 - 239,7               | -0.3                  | 1.0       | 1.1     | 3.4      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17674   | 09-10-2017    | 220 - 221,7               | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.2    |
| PGMW17-10  | PGS17675   | 09-10-2017    | 202 - 203,7               | -0.3                  | 0.5       | 0.6     | 2.4      | 0.0  | -0.2   | 1.0       | -1.3    |
| PGMW17-10  | PGS17676   | 09-10-2017    | 184 - 185,7               | -0.3                  | 1.1       | 1.3     | 3.9      | 0.0  | 0.0    | 1.9       | -1.2    |
| PGMW17-10  | PGS17677   | 09-10-2017    | 166 - 167,7               | -0.5                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | -0.2 | -0.3   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW17-10  | PGS17679   | 09-10-2017    | 148 - 149,7               | -0.7                  | 0.8       | 0.9     | 3.0      | -0.3 | -0.5   | 1.4       | -1.5    |
| PGMW17-10  | PGS17682   | 10-10-2017    | 103 - 131,7               | -0.8                  | 0.6       | 0.8     | 2.7      | -0.4 | -0.6   | 1.2       | -1.5    |
| PGMW17-10  | PGS17718   | 18-10-2017    | 591 - 592,7               | -0.2                  | 1.3       | 1.5     | 4.1      | 0.1  | 0.0    | 2.0       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17719   | 18-10-2017    | 573 - 574,7               | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 2.9      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17721   | 18-10-2017    | 555 - 556,7               | -0.2                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17727   | 19-10-2017    | 507 - 508,7               | -0.3                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | 0.0  | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17728   | 19-10-2017    | 483 - 484,7               | -0.2                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17729   | 20-10-2017    | 453 - 454,7               | -0.2                  | 0.5       | 0.6     | 2.5      | 0.0  | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW17-10  | PGS17730   | 20-10-2017    | 423 - 424,7               | -0.2                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW17-11  | PGS17706   | 13-10-2017    | 288 - 289,7               | -0.9                  | -0.1      | 0.0     | 0.9      | -0.5 | -0.9   | 0.2       | -1.8    |
| PGMW17-11  | PGS17707   | 13-10-2017    | 270 - 271,7               | -0.8                  | 0.5       | 0.7     | 2.3      | -0.4 | -0.6   | 0.9       | -1.6    |
| PGMW17-11  | PGS17708   | 13-10-2017    | 252 - 253,7               | -0.6                  | 0.9       | 1.1     | 3.3      | -0.3 | -0.4   | 1.5       | -1.4    |
| PGMW17-11  | PGS17709   | 13-10-2017    | 234 - 235,7               | -0.7                  | 0.7       | 0.9     | 2.8      | -0.4 | -0.5   | 1.2       | -1.5    |
| PGMW17-11  | PGS17711   | 13-10-2017    | 216 - 217,7               | -0.7                  | 0.6       | 0.8     | 2.6      | -0.4 | -0.5   | 1.1       | -1.5    |
| PGMW17-11  | PGS17712   | 14-10-2017    | 198 - 199,7               | -0.8                  | 0.5       | 0.6     | 2.3      | -0.5 | -0.6   | 1.0       | -1.6    |
| PGMW17-11  | PGS17713   | 14-10-2017    | 180 - 181,7               | -1.6                  | -0.1      | 0.0     | 0.9      | -1.1 | -2.0   | 0.1       | -2.8    |
| PGMW17-11  | PGS17715   | 14-10-2017    | 144 - 145,7               | -1.3                  | 0.3       | 0.4     | 1.6      | -0.9 | -1.5   | 0.4       | -2.5    |

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO   | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|-----------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|           |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW17-11 | PGS17716   | 15-10-2017    | 126 - 127,7               | -1.9                  | 0.0       | 0.1     | 0.9      | -1.4 | -2.4   | 0.1       | -3.3    |
| PGMW17-11 | PGS17717   | 15-10-2017    | 108 - 109,7               | -2.6                  | -0.5      | -0.4    | 0.0      | -2.1 | -3.6   | -0.4      | -4.4    |
| PGMW17-11 | PGS17731   | 29-10-2017    | 388 - 390                 | -0.4                  | 1.0       | 1.1     | 3.7      | -0.1 | -0.3   | 1.8       | -1.3    |
| PGMW17-11 | PGS17732   | 30-10-2017    | 334 - 336                 | -0.5                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | -0.1 | -0.2   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW17-11 | PGS17734   | 30-10-2017    | 316 - 318                 | -0.4                  | 0.5       | 0.7     | 2.7      | -0.1 | -0.2   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW17-11 | PGS17735   | 30-10-2017    | 298 - 300                 | -0.4                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | -0.1 | -0.2   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW17-11 | PGS17736   | 31-10-2017    | 562 - 564                 | -0.5                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | -0.2 | -0.3   | 1.7       | -1.2    |
| PGMW17-11 | PGS17737   | 31-10-2017    | 511 - 513                 | -0.4                  | 0.3       | 0.5     | 2.3      | -0.1 | -0.2   | 1.1       | -1.2    |
| PGMW17-11 | PGS17738   | 31-10-2017    | 460 - 462                 | -0.3                  | 0.8       | 0.9     | 3.2      | -0.1 | -0.2   | 1.5       | -1.3    |
| PGMW17-11 | PGS17746   | 31-10-2017    | 409 - 411                 | -0.4                  | 0.4       | 0.6     | 2.5      | -0.2 | -0.2   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW17-11 | PGS17747   | 31-10-2017    | 359 - 361                 | -0.4                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | -0.2 | -0.2   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW17-11 | PGS17748   | 01-11-2017    | 307 - 309                 | -0.5                  | 0.5       | 0.6     | 2.5      | -0.2 | -0.2   | 1.2       | -1.3    |
| PGMW18-12 | PGS18774   | 19-06-2018    | 503 - 504                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.7      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-12 | PGS18786   | 19-06-2018    | 479 - 480                 | -0.3                  | 0.4       | 0.5     | 2.2      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.1    |
| PGMW18-12 | PGS18787   | 20-06-2018    | 461 - 462                 | -0.2                  | 0.6       | 0.8     | 2.9      | 0.1  | -0.1   | 1.4       | -1.1    |
| PGMW18-12 | PGS18788   | 21-06-2018    | 443 - 444                 | -0.3                  | 1.0       | 1.2     | 3.5      | 0.0  | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW18-12 | PGS18790   | 22-06-2018    | 401 - 402                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.2      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW18-12 | PGS18791   | 23-06-2018    | 383 - 384                 | -0.3                  | 1.2       | 1.4     | 4.0      | 0.0  | -0.1   | 2.0       | -1.1    |
| PGMW18-13 | PGS18772   | 15-06-2018    | 234 - 236                 | -0.3                  | 1.4       | 1.5     | 4.0      | 0.0  | -0.1   | 1.8       | -1.3    |
| PGMW18-13 | PGS18773   | 16-06-2018    | 120 - 122                 | -0.4                  | 1.3       | 1.4     | 2.9      | 0.0  | -0.1   | 0.8       | -2.2    |
| PGMW18-13 | PGS18792   | 06-07-2018    | 553 - 554                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW18-13 | PGS18793   | 06-07-2018    | 541 - 542                 | -0.3                  | 0.5       | 0.6     | 2.5      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-13 | PGS18794   | 06-07-2018    | 529 - 530                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.6      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-13 | PGS18795   | 07-07-2018    | 499 - 501                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.4    |
| PGMW18-13 | PGS18797   | 08-07-2018    | 481 - 483                 | -0.4                  | 1.0       | 1.2     | 3.1      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.5    |
| PGMW18-13 | PGS18798   | 08-07-2018    | 463 - 465                 | -0.3                  | 1.2       | 1.3     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.8    |
| PGMW18-13 | PGS18799   | 08-07-2018    | 445 - 447                 | -0.3                  | 1.2       | 1.3     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.9    |
| PGMW18-13 | PGS18800   | 08-07-2018    | 427 - 429                 | -0.3                  | 1.1       | 1.3     | 2.9      | 0.0  | -0.1   | 1.0       | -1.9    |
| PGMW18-13 | PGS18801   | 08-07-2018    | 409 - 411                 | -0.4                  | 1.2       | 1.3     | 2.9      | 0.0  | -0.1   | 0.9       | -2.0    |
| PGMW18-13 | PGS18803   | 09-07-2018    | 391 - 393                 | -0.4                  | 1.2       | 1.3     | 2.9      | -0.1 | -0.1   | 0.9       | -2.1    |
| PGMW18-13 | PGS18804   | 09-07-2018    | 361 - 363                 | -0.4                  | 1.1       | 1.3     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 0.9       | -2.1    |
| PGMW18-13 | PGS18806   | 09-07-2018    | 325 - 327                 | -0.3                  | 1.2       | 1.3     | 2.9      | 0.0  | -0.1   | 0.9       | -2.1    |
| PGMW18-13 | PGS18807   | 09-07-2018    | 301 - 303                 | -0.4                  | 1.2       | 1.3     | 2.9      | -0.1 | -0.1   | 0.9       | -2.1    |
| PGMW18-14 | PGS18819   | 30-07-2018    | 624 - 625                 | -0.3                  | 1.0       | 1.1     | 3.2      | 0.0  | -0.2   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW18-14 | PGS18821   | 31-07-2018    | 606 - 608                 | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.3      | 0.0  | -0.2   | 1.6       | -1.2    |
| PGMW18-14 | PGS18822   | 01-08-2018    | 588 - 590                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-14 | PGS18823   | 01-08-2018    | 570 - 572                 | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.2      | 0.0  | -0.2   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW18-14 | PGS18824   | 03-08-2018    | 540 - 542                 | -0.4                  | 0.9       | 1.0     | 3.1      | 0.0  | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-14 | PGS18825   | 05-08-2018    | 522 - 524                 | -0.4                  | 0.7       | 0.8     | 2.9      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW18-14 | PGS18827   | 06-08-2018    | 504 - 506                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.7      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.1    |
| PGMW18-14 | PGS18828   | 06-08-2018    | 480 - 482                 | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 3.2      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.1    |
| PGMW18-14 | PGS18829   | 07-08-2018    | 468 - 470                 | -0.4                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | -0.1 | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-14 | PGS18830   | 08-08-2018    | 411 - 413                 | -0.4                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | -0.1 | -0.1   | 1.5       | -1.1    |
| PGMW18-14 | PGS18831   | 09-08-2018    | 321 - 323                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.5       | -1.1    |
| PGMW18-14 | PGS18832   | 09-08-2018    | 306 - 308                 | -0.3                  | 0.8       | 0.9     | 3.1      | 0.0  | 0.0    | 1.5       | -1.1    |
| PGMW18-15 | PGS18808   | 27-07-2018    | 294 - 296                 | -0.4                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | -0.1 | -0.1   | 1.1       | -1.1    |
| PGMW18-15 | PGS18809   | 28-07-2018    | 273 - 275                 | -0.4                  | 0.4       | 0.5     | 2.4      | 0.0  | -0.2   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18811   | 28-07-2018    | 257 - 259                 | -0.3                  | 0.3       | 0.5     | 2.1      | -0.1 | -0.1   | 1.0       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18812   | 28-07-2018    | 240 - 242                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.4      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-15 | PGS18813   | 29-07-2018    | 189 - 191                 | -0.4                  | 0.0       | 0.2     | 1.5      | -0.1 | -0.1   | 0.7       | -1.2    |

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO   | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|-----------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|           |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW18-15 | PGS18815   | 29-07-2018    | 173 - 175                 | -0.4                  | 0.4       | 0.5     | 2.2      | 0.0  | -0.2   | 1.0       | -1.3    |
| PGMW18-15 | PGS18816   | 29-07-2018    | 128 - 130                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.6      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.3    |
| PGMW18-15 | PGS18817   | 29-07-2018    | 107 - 109                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.6      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.3    |
| PGMW18-15 | PGS18818   | 29-07-2018    | 83 - 85                   | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.5      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-15 | PGS18834   | 25-08-2018    | 583 - 584                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | -0.1 | -0.2   | 1.5       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18835   | 26-08-2018    | 565 - 567                 | -0.3                  | 1.3       | 1.5     | 4.3      | 0.0  | -0.1   | 2.1       | -1.1    |
| PGMW18-15 | PGS18837   | 26-08-2018    | 547 - 549                 | -0.4                  | 0.8       | 0.9     | 3.1      | -0.1 | -0.2   | 1.5       | -1.3    |
| PGMW18-15 | PGS18838   | 26-08-2018    | 526 - 528                 | -0.4                  | 0.7       | 0.8     | 2.9      | -0.1 | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18840   | 27-08-2018    | 508 - 510                 | -0.4                  | 0.6       | 0.7     | 2.7      | -0.1 | -0.2   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18841   | 27-08-2018    | 487 - 489                 | -0.6                  | 1.1       | 1.3     | 3.6      | -0.3 | -0.5   | 1.6       | -1.5    |
| PGMW18-15 | PGS18842   | 27-08-2018    | 469 - 471                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18843   | 28-08-2018    | 445 - 447                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18845   | 28-08-2018    | 421 - 423                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.6      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18847   | 28-08-2018    | 403 - 405                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18849   | 28-08-2018    | 382 - 384                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.6      | 0.0  | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18850   | 29-08-2018    | 358 - 360                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.7      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18852   | 29-08-2018    | 334 - 336                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.7      | -0.1 | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18853   | 29-08-2018    | 313 - 315                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.7      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-15 | PGS18854   | 29-08-2018    | 301 - 303                 | -0.3                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | -0.1 | -0.1   | 1.1       | -1.2    |
| PGMW18-16 | PGS18846   | 28-08-2018    | 300 - 302                 | -0.3                  | 1.2       | 1.3     | 3.3      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.6    |
| PGMW18-16 | PGS18851   | 29-08-2018    | 282 - 284                 | -0.4                  | 1.2       | 1.3     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.7    |
| PGMW18-16 | PGS18856   | 29-08-2018    | 270 - 272                 | -0.3                  | 1.2       | 1.4     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.2       | -1.7    |
| PGMW18-16 | PGS18857   | 30-08-2018    | 243 - 245                 | -0.3                  | 1.3       | 1.5     | 3.3      | 0.1  | 0.0    | 1.2       | -1.7    |
| PGMW18-16 | PGS18858   | 30-08-2018    | 219 - 221                 | -0.3                  | 1.3       | 1.4     | 3.2      | 0.0  | 0.0    | 1.1       | -1.8    |
| PGMW18-16 | PGS18859   | 31-08-2018    | 198 - 200                 | -0.4                  | 1.2       | 1.3     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.0       | -1.7    |
| PGMW18-16 | PGS18860   | 31-08-2018    | 174 - 176                 | -0.3                  | 1.2       | 1.4     | 3.1      | 0.0  | 0.0    | 1.0       | -1.8    |
| PGMW18-16 | PGS18861   | 01-09-2018    | 75 - 77                   | -0.3                  | 1.3       | 1.4     | 3.3      | 0.1  | 0.0    | 1.2       | -1.6    |
| PGMW18-16 | PGS18866   | 10-09-2018    | 624 - 641                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.1    |
| PGMW18-16 | PGS18882   | 14-09-2018    | 372 - 374                 | -0.4                  | 0.9       | 1.0     | 3.5      | 0.0  | -0.1   | 1.8       | -1.0    |
| PGMW18-16 | PGS18885   | 14-09-2018    | 342 - 344                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | 0.0  | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW18-16 | PGS18886   | 15-09-2018    | 321 - 323                 | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.5      | 0.0  | -0.1   | 1.8       | -1.0    |
| PGMW18-16 | PGS18887   | 15-09-2018    | 306 - 308                 | -0.4                  | 1.2       | 1.4     | 4.1      | 0.0  | -0.1   | 2.1       | -1.0    |
| PGMW18-17 | PGS18869   | 11-09-2018    | 294 - 296                 | -0.3                  | 0.1       | 0.3     | 1.8      | 0.0  | 0.0    | 0.8       | -1.1    |
| PGMW18-17 | PGS18872   | 12-09-2018    | 276 - 278                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 3.1      | 0.0  | 0.0    | 1.6       | -1.0    |
| PGMW18-17 | PGS18873   | 12-09-2018    | 258 - 260                 | -0.3                  | 0.7       | 0.8     | 3.1      | 0.0  | 0.0    | 1.6       | -1.1    |
| PGMW18-17 | PGS18874   | 12-09-2018    | 240 - 242                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.4      | 0.0  | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW18-17 | PGS18876   | 12-09-2018    | 222 - 224                 | -0.4                  | 0.4       | 0.6     | 2.5      | -0.1 | -0.1   | 1.2       | -1.2    |
| PGMW18-17 | PGS18877   | 13-09-2018    | 204 - 206                 | -0.5                  | 0.5       | 0.6     | 2.5      | -0.2 | -0.1   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18878   | 13-09-2018    | 186 - 188                 | -0.4                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18879   | 13-09-2018    | 168 - 170                 | -0.4                  | 0.6       | 0.7     | 2.6      | -0.1 | -0.1   | 1.2       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18889   | 15-09-2018    | 150 - 152                 | -0.3                  | 1.7       | 1.8     | 4.9      | 0.0  | -0.1   | 2.4       | -1.1    |
| PGMW18-17 | PGS18890   | 16-09-2018    | 135 - 137                 | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.6      | 0.0  | -0.1   | 2.0       | -0.9    |
| PGMW18-17 | PGS18892   | 16-09-2018    | 108 - 110                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.2      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.1    |
| PGMW18-17 | PGS18894   | 16-09-2018    | 72 - 74                   | -0.3                  | 1.1       | 1.2     | 3.7      | 0.0  | 0.0    | 1.8       | -1.2    |
| PGMW18-17 | PGS18895   | 16-09-2018    | 60 - 62                   | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.3      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.2    |
| PGMW18-17 | PGS18905   | 24-09-2018    | 585 - 587                 | -0.4                  | 0.5       | 0.7     | 2.7      | -0.1 | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-17 | PGS18906   | 24-09-2018    | 570 - 571                 | -0.5                  | 0.7       | 0.9     | 2.9      | -0.2 | -0.3   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18910   | 26-09-2018    | 549 - 550                 | -0.5                  | 0.7       | 0.8     | 2.9      | -0.2 | -0.3   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18911   | 26-09-2018    | 531 - 532                 | -0.5                  | 0.5       | 0.7     | 2.5      | -0.2 | -0.3   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18914   | 27-09-2018    | 513 - 514                 | -0.5                  | 0.6       | 0.7     | 2.6      | -0.2 | -0.3   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-17 | PGS18915   | 27-09-2018    | 489 - 490                 | -0.5                  | 0.8       | 1.0     | 3.0      | -0.2 | -0.3   | 1.4       | -1.3    |

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO    | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|------------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|            |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW18-17  | PGS18917   | 27-09-2018    | 470 - 471                 | -0.4                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | -0.1 | -0.2   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-17  | PGS18918   | 28-09-2018    | 453 - 454                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.2      | -0.1 | -0.2   | 1.5       | -1.3    |
| PGMW18-17  | PGS18919   | 28-09-2018    | 435 - 436                 | -0.4                  | 0.7       | 0.8     | 2.8      | -0.1 | -0.2   | 1.3       | -1.2    |
| PGMW18-17  | PGS18922   | 28-09-2018    | 416 - 417                 | -0.4                  | 0.7       | 0.9     | 3.0      | -0.2 | -0.2   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW18-17  | PGS18925   | 28-09-2018    | 399 - 400                 | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.3      | -0.1 | -0.2   | 1.5       | -1.3    |
| PGMW18-17  | PGS18926   | 28-09-2018    | 381 - 382                 | -0.4                  | 0.8       | 0.9     | 3.0      | -0.1 | -0.2   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW18-17  | PGS18927   | 28-09-2018    | 363 - 364                 | -0.4                  | 0.6       | 0.8     | 2.6      | -0.1 | -0.2   | 1.2       | -1.3    |
| PGMW18-17  | PGS18928   | 29-09-2018    | 345 - 346                 | -0.4                  | 0.5       | 0.7     | 2.4      | -0.1 | -0.2   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-17  | PGS18929   | 29-09-2018    | 327 - 328                 | -0.4                  | 0.4       | 0.6     | 2.3      | -0.1 | -0.1   | 1.0       | -1.2    |
| PGMW18-17  | PGS18930   | 29-09-2018    | 309 - 310                 | -0.4                  | 0.6       | 0.8     | 2.7      | -0.2 | -0.2   | 1.2       | -1.3    |
| PGMW18-18  | PGS18938   | 05-10-2018    | 277 - 278                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 2.8      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.5    |
| PGMW18-18  | PGS18939   | 06-10-2018    | 258 - 259                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.3       | -1.3    |
| PGMW18-18  | PGS18940   | 06-10-2018    | 240 - 241                 | -0.3                  | 0.9       | 1.1     | 3.5      | 0.0  | 0.0    | 1.7       | -1.1    |
| PGMW18-18  | PGS18941   | 06-10-2018    | 222 - 223                 | -0.2                  | 0.8       | 1.0     | 3.4      | 0.0  | 0.0    | 1.6       | -1.1    |
| PGMW18-18  | PGS18942   | 06-10-2018    | 204 - 205                 | -0.2                  | 1.0       | 1.1     | 3.5      | 0.0  | 0.0    | 1.6       | -1.2    |
| PGMW18-18  | PGS18943   | 06-10-2018    | 177 - 178                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-18  | PGS18944   | 07-10-2018    | 171 - 172                 | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.0      | -0.1 | -0.1   | 1.4       | -1.2    |
| PGMW18-18  | PGS18945   | 07-10-2018    | 147 - 148                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW18-18  | PGS18947   | 17-10-2018    | 594 - 595                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.3      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.1    |
| PGMW18-18  | PGS18948   | 19-10-2018    | 561 - 563                 | -0.2                  | 1.1       | 1.3     | 3.9      | 0.0  | -0.1   | 1.9       | -1.1    |
| PGMW18-18  | PGS18949   | 19-10-2018    | 536 - 538                 | -0.2                  | 1.1       | 1.2     | 3.7      | 0.0  | 0.0    | 1.7       | -1.2    |
| PGMW18-18  | PGS18951   | 19-10-2018    | 519 - 521                 | -0.2                  | 1.1       | 1.3     | 3.5      | 0.0  | -0.1   | 1.6       | -1.3    |
| PGMW18-18  | PGS18952   | 20-10-2018    | 501 - 503                 | -0.1                  | 1.2       | 1.3     | 3.6      | 0.2  | -0.1   | 1.6       | -1.3    |
| PGMW18-18  | PGS18954   | 21-10-2018    | 483 - 485                 | -0.3                  | 1.1       | 1.3     | 3.5      | 0.0  | -0.1   | 1.5       | -1.4    |
| PGMW18-19  | PGS18955   | 28-10-2018    | 585 - 587                 | -0.5                  | 0.4       | 0.5     | 2.4      | -0.2 | -0.1   | 1.2       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18956   | 29-10-2018    | 576 - 578                 | -0.4                  | 0.5       | 0.6     | 2.5      | -0.1 | 0.0    | 1.2       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18957   | 30-10-2018    | 564 - 566                 | -0.3                  | 0.5       | 0.7     | 2.7      | 0.0  | 0.0    | 1.3       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18958   | 30-10-2018    | 546 - 548                 | -0.3                  | 0.6       | 0.7     | 2.8      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.0    |
| PGMW18-19  | PGS18960   | 30-10-2018    | 528 - 530                 | -0.2                  | 0.5       | 0.6     | 2.5      | 0.0  | 0.0    | 1.1       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18961   | 30-10-2018    | 510 - 512                 | -0.3                  | 0.4       | 0.6     | 2.4      | -0.1 | -0.1   | 1.1       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18963   | 31-10-2018    | 492 - 494                 | -0.4                  | 0.8       | 0.9     | 3.2      | -0.1 | -0.1   | 1.7       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18964   | 31-10-2018    | 480 - 482                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | 0.0    | 1.4       | -1.0    |
| PGMW18-19  | PGS18965   | 31-10-2018    | 453 - 455                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.5      | 0.0  | 0.0    | 1.8       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18966   | 31-10-2018    | 441 - 443                 | -0.2                  | 0.8       | 1.0     | 3.4      | 0.0  | 0.0    | 1.7       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18967   | 31-10-2018    | 429 - 431                 | -0.2                  | 0.6       | 0.8     | 2.8      | 0.0  | 0.0    | 1.3       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18968   | 01-11-2018    | 414 - 416                 | -0.3                  | 0.9       | 1.0     | 3.5      | 0.0  | 0.0    | 1.8       | -1.0    |
| PGMW18-19  | PGS18969   | 01-11-2018    | 402 - 404                 | -0.2                  | 0.9       | 1.1     | 3.6      | 0.0  | 0.0    | 1.8       | -1.1    |
| PGMW18-19  | PGS18970   | 02-11-2018    | 384 - 386                 | -0.4                  | 0.8       | 1.0     | 3.4      | 0.0  | 0.0    | 1.8       | -0.9    |
| PGMW18-19  | PGS18972   | 02-11-2018    | 366 - 368                 | -0.3                  | 0.6       | 0.8     | 3.0      | 0.0  | 0.0    | 1.5       | -1.2    |
| PGMW18-20B | PGS18973   | 06-12-2018    | 305 - 307                 | -0.1                  | 1.7       | 1.9     | 4.8      | 0.1  | -0.1   | 2.2       | -1.4    |
| PGMW18-20B | PGS18974   | 06-12-2018    | 279 - 281                 | -0.3                  | -2.7      | -2.5    | -4.4     | 0.0  | -0.1   | -2.6      | -1.7    |
| PGMW18-20B | PGS18975   | 07-12-2018    | 228 - 230                 | -0.3                  | 1.1       | 1.2     | 3.0      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.7    |
| PGMW18-20B | PGS18976   | 07-12-2018    | 192 - 194                 | -0.3                  | -1.2      | -1.0    | -1.5     | 0.0  | -0.1   | -1.2      | -1.7    |
| PGMW18-20B | PGS18977   | 07-12-2018    | 174 - 176                 | -0.3                  | -1.5      | -1.4    | -2.3     | 0.0  | -0.1   | -1.6      | -1.7    |
| PGMW18-20B | PGS18978   | 07-12-2018    | 156 - 158                 | -0.3                  | -0.3      | -0.1    | 0.3      | 0.0  | -0.1   | -0.3      | -1.8    |
| PGMW18-20B | PGS18980   | 07-12-2018    | 135 - 137                 | -0.3                  | -2.4      | -2.2    | -3.9     | 0.0  | -0.1   | -2.4      | -1.8    |
| PGMW18-20B | PGS18981   | 07-12-2018    | 120 - 122                 | -0.3                  | -2.3      | -2.1    | -3.7     | 0.0  | -0.1   | -2.3      | -1.7    |
| PGMW18-20B | PGS18982   | 07-12-2018    | 99 - 101                  | -0.3                  | -3.0      | -2.8    | -5.2     | 0.0  | -0.1   | -3.1      | -1.7    |
| PGMW18-20B | PGS18984   | 07-12-2018    | 81 - 83                   | -0.3                  | -1.9      | -1.8    | -3.0     | -0.1 | -0.1   | -2.0      | -1.8    |

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

**INDICES DE SATURACIÓN**

| ID POZO     | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|-------------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|             |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |
| PGMW18-20B  | PGS18985   | 14-12-2018    | 564 - 566                 | -0.1                  | 1.3       | 1.4     | 3.7      | 0.1  | 0.0    | 1.5       | -1.5    |
| PGMW18-20B  | PGS18986   | 18-12-2018    | 417 - 419                 | -0.2                  | 0.7       | 0.9     | 2.7      | 0.0  | -0.1   | 1.1       | -1.3    |
| PGMW18-20B  | PGS18987   | 18-12-2018    | 396 - 398                 | -0.4                  | 1.0       | 1.2     | 2.8      | -0.1 | -0.2   | 0.9       | -1.5    |
| PGMW19-21   | PGS191240  | 16-03-2019    | 295 - 296                 | -0.2                  | -1.0      | -0.8    | -0.3     | 0.0  | -0.1   | -0.2      | -1.2    |
| PGMW19-21   | PGS191241  | 16-03-2019    | 286 - 287                 | -0.2                  | -1.2      | -1.0    | -0.8     | 0.1  | -0.1   | -0.5      | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191243  | 16-03-2019    | 268 - 269                 | -0.2                  | -1.5      | -1.3    | -1.5     | 0.0  | -0.1   | -1.0      | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191245  | 16-03-2019    | 249 - 250                 | -0.2                  | 0.0       | 0.1     | 1.4      | 0.0  | -0.1   | 0.5       | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191246  | 16-03-2019    | 234 - 235                 | -0.2                  | -1.2      | -1.1    | -1.1     | -0.1 | -0.1   | -0.9      | -1.4    |
| PGMW19-21   | PGS191247  | 16-03-2019    | 219 - 220                 | -0.2                  | -1.3      | -1.1    | -1.0     | 0.0  | -0.1   | -0.6      | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191248  | 16-03-2019    | 204 - 205                 | -0.2                  | -1.4      | -1.2    | -1.3     | 0.0  | -0.1   | -0.8      | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191249  | 17-03-2019    | 189 - 190                 | -0.2                  | -1.3      | -1.1    | -1.0     | 0.0  | 0.0    | -0.7      | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191251  | 17-03-2019    | 173 - 174                 | -0.2                  | 0.9       | 1.1     | 3.3      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191252  | 17-03-2019    | 161 - 162                 | -0.2                  | 1.1       | 1.3     | 3.6      | 0.0  | 0.0    | 1.6       | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191253  | 17-03-2019    | 146 - 147                 | -0.3                  | 2.0       | 2.1     | 5.3      | -0.1 | -0.1   | 2.4       | -1.4    |
| PGMW19-21   | PGS191254  | 17-03-2019    | 131 - 132                 | -0.3                  | 2.0       | 2.1     | 5.3      | -0.1 | -0.1   | 2.4       | -1.4    |
| PGMW19-21   | PGS191256  | 17-03-2019    | 89 - 90                   | -0.3                  | 1.2       | 1.4     | 3.9      | -0.1 | -0.2   | 1.7       | -1.4    |
| PGMW19-21   | PGS191348  | 05-04-2019    | 455 - 456                 | -0.2                  | 0.8       | 1.0     | 3.2      | -0.1 | 0.0    | 1.4       | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191350  | 05-04-2019    | 419 - 420                 | -0.3                  | 0.8       | 1.0     | 3.0      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.4    |
| PGMW19-21   | PGS191351  | 05-04-2019    | 383 - 384                 | -0.3                  | 0.7       | 0.9     | 2.9      | -0.1 | -0.1   | 1.3       | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191352  | 06-04-2019    | 347 - 348                 | -0.2                  | 0.8       | 1.0     | 3.1      | 0.0  | -0.1   | 1.4       | -1.3    |
| PGMW19-21   | PGS191353  | 06-04-2019    | 311 - 312                 | -0.4                  | 0.7       | 0.8     | 2.8      | -0.1 | -0.2   | 1.2       | -1.4    |
| PGMW19-22   | PGS19257   | 18-03-2019    | 143 - 144                 | -3.1                  | -0.6      | -0.4    | -0.4     | -2.6 | -6.2   | -0.8      | -6.8    |
| PGMW19-22   | PGS19258   | 18-03-2019    | 133 - 134                 | -2.8                  | -0.7      | -0.5    | -0.6     | -2.4 | -6.1   | -0.8      | -6.7    |
| PGMW19-22   | PGS19335   | 18-03-2019    | 108 - 109                 | -3.0                  | -0.5      | -0.4    | -0.3     | -2.6 | -5.8   | -0.7      | -6.4    |
| PGMW19-22   | PGS19336   | 26-03-2019    | 304.5 - 305.5             | -2.4                  | 0.6       | 0.8     | 1.7      | -2.0 | -2.8   | 0.1       | -3.7    |
| PGMW19-22   | PGS19337   | 26-03-2019    | 281.5 - 282.5             | -3.3                  | 0.7       | 0.8     | 1.7      | -2.8 | -2.6   | 0.2       | -3.4    |
| PGMW19-22   | PGS19339   | 27-03-2019    | 269.5 - 270.5             | -2.7                  | 0.6       | 0.7     | 1.7      | -2.3 | -2.4   | 0.2       | -3.3    |
| PGMW19-22   | PGS19340   | 27-03-2019    | 233.5 - 234.5             | -2.6                  | 0.6       | 0.8     | 1.9      | -2.1 | -2.2   | 0.4       | -3.2    |
| PGMW19-22   | PGS19341   | 29-03-2019    | 221.5 - 222.5             | -2.4                  | 2.4       | 2.6     | 5.3      | -1.8 | -2.4   | 2.0       | -3.2    |
| PGMW19-22   | PGS19355   | 12-04-2019    | 360 - 361                 | -1.8                  | 2.4       | 2.6     | 5.2      | -1.4 | -1.9   | 1.9       | -3.0    |
| PGMW19-22   | PGS19356   | 14-04-2019    | 339 - 340                 | -1.5                  | 2.2       | 2.4     | 4.8      | -0.9 | -1.6   | 1.8       | -2.6    |
| PGMW19-22   | PGS19357   | 14-04-2019    | 315 - 316                 | -2.8                  | 0.1       | 0.3     | 0.6      | -2.3 | -4.1   | -0.4      | -4.9    |
| PGWW18-01   | PGS180903  | 18-09-2018    | Bombeo                    | -2.6                  | 0.6       | 0.8     | 1.6      | -2.0 | -6.4   | 0.1       | -6.9    |
| PGWW19-02   | PGS190228  | 28-02-2019    | Bombeo                    | -2.9                  | 0.5       | 0.7     | 1.5      | -2.4 | -7.5   | 0.1       | -7.8    |
| PGWW19-03   | PGS196248  | 04-12-2019    | Bombeo                    | -2.7                  | 0.8       | 1.0     | 1.8      | -2.2 | -7.2   | 0.2       | -7.6    |
| PGWW19-07   | PGS196033  | 25-06-2019    | Bombeo                    | -3.1                  | -1.8      | -1.6    | -3.5     | -2.5 | -8.2   | -2.5      | -8.3    |
| Superficial | PGSW21-01  | 15-06-2021    | Superficial               | -2.8                  | -0.3      | -0.1    | -0.7     | -2.2 | -6.4   | -1.3      | ---     |
| Superficial | PGSW21-02  | 15-06-2021    | Superficial               | -1.9                  | 0.2       | 0.4     | 0.8      | -1.3 | -4.3   | -0.2      | -4.7    |
| Superficial | PGSW21-03  | 15-06-2021    | Superficial               | -1.6                  | 1.1       | 1.3     | 3.2      | -1.1 | -1.8   | 1.3       | ---     |
| Superficial | PGSW21-04  | 15-06-2021    | Superficial               | -1.8                  | 0.5       | 0.6     | 0.4      | -1.3 | -3.3   | -0.9      | ---     |
| Superficial | PGSW21-05  | 15-06-2021    | Superficial               | -1.8                  | 0.0       | 0.2     | 0.2      | -1.3 | -4.8   | -0.7      | ---     |

--- = Análisis no efectuado

**ANEXO C. INDICES DE SATURACIÓN CALCULADOS PARA MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA SUPERFICIAL,  
PROYECTO PASTOS GRANDES, ARGENTINA.**

| ID POZO | ID MUESTRA | FECHA MUESTRA | INTERVALO DE MUESTREO (m) | INDICES DE SATURACIÓN |           |         |          |      |        |           |         |
|---------|------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------|---------|----------|------|--------|-----------|---------|
|         |            |               |                           | Anhidrita             | Aragonita | Calcita | Dolomita | Yeso | Halita | Magnesita | Silvita |