PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HÍDRICO (PSAH)

Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”

Informe Anual N°10

Período Enero – Diciembre 2025

Región de Antofagasta

Marzo 2025

Nombre	Profesión/Cargo	Empresa	Elaborador	Revisor	Aprobación técnica
Paulette San Martin	Ingeniero Ambiental /Líder Monitoreo y Seguimiento Ambiental	Albemarle		X	X
Ignacio Toro	Ingeniero Hidráulico /Gerente de Medio Ambiente	Albemarle		X	
Eliana Diaz	Hidrogeóloga/Hidrogeóloga	Albemarle		X	X
Natalia Rojas	Ingeniera Civil Hidráulica	Albemarle		X	
Ana María Gangas	Ingeniero Civil Hidráulica	Hidromas		X	X
Wolf von Igel	Director de proyecto	ICASS		X	
Gonzalo Jiménez	Jefe de proyecto	ICASS	X	X	X
Natalia Vega	Asesora de proyecto	ICASS	X	X	
Alfonso Larraguibel	Geólogo	ICASS	X		
Cristóbal Soto	Ingeniero	ICASS	X		
Rodrigo Marinao	Ingeniero	ICASS	X		
Yesarela Cornejo	Geóloga	ICASS	X		

INDICE GENERAL

1 RESUMEN 20
2 INTRODUCCIÓN 30
3 OBJETIVOS 40
4 MATERIALES Y MÉTODOS 42
4.1 Área de estudio 42
4.2 Variables Ambientales, Parámetros y Ubicación de los Puntos de Medición y Muestreo 48
4.2.1 Red de Monitoreo Variables Meteorológicas 50
4.2.2 Red de Monitoreo de Evapotranspiración 53
4.2.3 Red de Monitoreo Superficie Lagunar 56
4.2.4 Red de Monitoreo de Nivel, Posición Interfase Salina, Aforos y Composición Química del agua superficial y subterránea 59
4.2.5 Red de Monitoreo Pozos de Bombeo de Salmuera y de Agua Duce-Salobre 76
4.2.6 Puntos de Activación del Plan de Alerta Temprana 80
4.3 Metodología y Materiales/Equipos de Muestreo, Medición y/o Análisis 83
4.3.1 Variables Meteorológicas 83
4.3.2 Evapotranspiración 84
4.3.3 Superficie Lagunar 91
4.3.4 Aforos de Caudales Superficiales 95
4.3.5 Nivel Limnimétrico de las Lagunas 99
4.3.6 Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua Dulce-Salobre 100
4.3.7 Posición de la Interfase Salina 102
4.3.8 Composición Química de las Aguas 104
4.3.9 Caudales y Volúmenes Bombeados de Salmuera y de Agua Dulce-Salobre 114
4.4 Fechas de campañas 2025 e incidentes 115
4.4.1 Fechas Campañas 2025 115
4.4.2 Incidentes Campañas 2025 119
5 RESULTADOS Y ANÁLISIS 126
5.1 Variables meteorológicas 126
5.1.1 Precipitación 132
5.1.2 Temperatura 135
5.1.3 Presión atmosférica 136
5.1.4 Evaporación 136
5.2 Evapotranspiración 137
5.2.1 Sector La Punta-La Brava 139
5.2.2 Sector Peine 141
5.2.3 Sector Norte y Borde Este 143
5.2.4 Sector Núcleo 147
5.3 Superficie Cubierta por Lagunas 149

5.3.1 La Punta - La Brava 150
5.3.2 Peine 153
5.3.3 Aguas de Quelana 155
5.3.4 Soncor 157
5.4 Nivel limnimétrico de las lagunas 160
5.4.1 Sector La Punta-La Brava 160
5.4.2 Sector Peine 164
5.4.3 Sector Norte y Borde Este 169
5.5 Caudales superficiales 173
5.6 Nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre 178
5.6.1 Sector La Punta–La Brava 179
5.6.2 Sector Peine 193
5.6.3 Sector Norte y Borde Este 199
5.6.4 Sector Núcleo 203
5.7 Posición de la Interfase salina 211
5.7.1 Sector La Punta-La Brava 212
5.7.2 Sector Peine 224
5.7.3 Sector Norte y Borde Este 236
5.8 Composición Química de las aguas 239
5.8.1 Sector La Punta – La Brava 240
5.8.2 Sector Peine 263
5.8.3 Sector Norte y Borde Este 285
5.8.4 Química de las Captaciones 307
5.9 Caudales bombeados en salmuera y en agua dulce-salobre 312
5.9.1 Caudales bombeados en salmuera 312
5.9.2 Caudales bombeados en agua dulce-salobre 323
5.10 Limites Comprometidos por Variable y Limites PAT 328
5.10.1 Actualización de cálculo de umbrales para PAT Sector Alerta Acuífero. 330
6 DISCUSIONES 331
6.1 Análisis de la variabilidad temporal y/o espacial de las Variables Ambientales y Limites Considerados por Variable 331
6.1.1 Variables meteorológicas 331
6.1.2 Evapotranspiración 364
6.1.3 Superficie Cubierta por Lagunas 375
6.1.4 Nivel limnimétrico histórico de las lagunas 398
6.1.5 Caudales Superficiales 407
6.1.6 Nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre 412
6.1.7 Posición de la Interfase Salina 449
6.1.8 Composición química del agua superficial y subterránea 449
6.1.9 Caudales bombeados en salmuera y en agua dulce-salobre 608
6.1.10 Red del Plan de Alerta Temprana 621

6.2 Análisis integrado 635
6.2.1 Sector La Punta – La Brava 635
6.2.2 Sector Peine 645
6.2.3 Sector Norte y Borde Este 656
6.2.4 Sector Núcleo 666
6.3 Compromisos y Reportabilidad con la Autoridad durante 2025 668
6.3.1 Entrega periódica de información digital 668
6.3.2 En relación con la conexión en línea y reporte electrónico para el monitoreo del componente hídrico, la Res. Ex. SMA Nº 1.314 / 2020 se establece lo siguiente: 669
6.3.3 En relación con los Lisímetros, Considerando 10.5 y 10.6 de RCA Nº21/2016. 669
6.3.4 En relación con Modelo Hidrogeológico, Considerando 10.7 de RCA Nº21/2016 670
6.3.5 En relación con la cota topográfica de referencia, considerando 10.10 de la RCA Nº21/2016. 670
6.3.6 En relación con las activaciones de los PAT 670
7 CONCLUSIONES 675
8 REFERENCIAS 685

INDICE FIGURAS

Figura 4-1 Plano de Ubicación General del Salar de Atacama 43
Figura 4-2 Esquema Conceptual Actual sistema lagunar La Punta La Brava 45
Figura 4-3 Definición de Sectores y subcuencas del Salar y Sectores Asociados con el PSAH 47
Figura 4-4 Ubicaciones de las Estaciones Meteorológicas 52
Figura 4-5 Red Monitoreo Evapotranspiración 55
Figura 4-6 Red Superficie Cubierta por Lagunas 58
Figura 4-7 Puntos de Monitoreo Sector La Punta-La Brava 61
Figura 4-8 Puntos de Monitoreo Sector Peine 65
Figura 4-9 Puntos de Monitoreo Sector Norte y Borde Este 69
Figura 4-10 Puntos de Monitoreo Sector Núcleo 72
Figura 4-11 Ubicación Puntos de Bombeo Salmuera 79
Figura 4-12 Ubicación Puntos PAT 81
Figura 4-13 Esquema de la cámara semiesférica dispuesta en terreno, con ventiladores y psicrómetro instalados 85
Figura 4-14 Preparación del terreno e instalación del domo 87
Figura 4-15 Densidad de vapor de agua al interior de la cámara semiesférica 89
Figura 4-16 Ejemplo de cálculo de evaporación diaria 90
Figura 4-17 Esquema funcionamiento lisímetro 91
Figura 4-18 Árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de aguas con imágenes satelitales 94
Figura 4-19 Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (ráster) a polígonos (shape) 95
Figura 4-20 Esquema de medición de caudal de aforo 97
Figura 4-21 Aforo con molinete 97
Figura 4-22 Esquema de sección de aforo con 2 polígonos 98
Figura 4-23 Medición de nivel en reglilla 100
Figura 4-24 Medición de Nivel de Agua/Salmuera en Piezómetros 101
Figura 4-25 Sonda SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3 103
Figura 4-26 Esquema de medición, telemetría y visualización de bombeos. 115
Figura 4-27 Niveles originales y actualizados Punto de monitoreo PN-08A 123
Figura 4-28 Niveles originales y actualizados Punto de monitoreo MP-12A 124
Figura 4-29 Niveles originales y actualizados Punto de monitoreo LM-17 125
Figura 5-1 Precipitación diaria EM-Rockwood, EM-KCL y EM-CHAXA, 2025 133
Figura 5-2 Precipitación mensual EM-Rockwood, EM-KCL y EM-CHAXA, 2025 133
Figura 5-3 Precipitación mensual en pluviómetros PLLS 134
Figura 5-4 Precipitación para el año calendario y para el año operacional, EM-Rockwood, 2025 134
Figura 5-5 Temperaturas extremas diarias [°C], 2025 135
Figura 5-6 Presión atmosférica diaria, 2025 136
Figura 5-7 Evaporación diaria, 2025 137
Figura 5-8 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22, año 2025, Sector La Punta-La Brava 140
Figura 5-9 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-15, EVT-16, EVT-17, EVT-18 y EVT-23, año 2025, Sector Peine 142
Figura 5-10 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-1, EVT-2, EVT-3, EVT-4 y EVT-5, año 2025, Sector Norte y Borde Este 145
Figura 5-11 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-6, EVT-7, EVT-8, EVT-11 y EVT-12, año 2025, Sector Norte y Borde Este 146
Figura 5-12 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-9, EVT-10 y EVT-13, Sector Núcleo 148
Figura 5-13 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta - La Brava, agosto 2025- diciembre 2025. 152
Figura 5-14 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2025. 154

Figura 5-15 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Aguas de Quelana, agosto – diciembre 2025. 156
Figura 5-16 Ubicación de Sistema Lagunar de Sonco 158
Figura 5-17 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Soncor, agosto – diciembre 2025. 159
Figura 5-18 Registro anual de nivel limnimétrico (2025), sector La Punta - La Brava 163
Figura 5-19 Evolución anual (2025) de nivel limnimétrico en sector Peine 168
Figura 5-20 Evolución del nivel limnimétrico en 2025, sector Norte y Borde Este..... 172
Figura 5-21 Variación temporal de caudales superficiales aforados en 2025 177
Figura 5-22 Hidrogramas de los puntos de observación del Norte, Centro y Este de las lagunas del sector La Punta-La Brava, para el año 2025..... 183
Figura 5-23 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava, puntos serie BA..... 186
Figura 5-24 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava, serie MP..... 187
Figura 5-25 Hidrogramas de los puntos de observación de la serie MP del sector Tucúcaro, sector La Punta-La Brava..... 190
Figura 5-26 Hidrogramas de los puntos de observación Tucúcaro y TUC-06 del subsector Tucúcaro, sector La Punta-La Brava..... 191
Figura 5-27 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Vegas de Tilopozo, sector La Punta-La Brava..... 192
Figura 5-28 Hidrogramas de los puntos de observación de los subsectores laguna Interna y su desborde, Laguna Salada y Saladita e Inicio laguna Salada, sector Peine 197
Figura 5-29 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Borde Este y Sur de Peine... 198
Figura 5-30 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Norte y Borde Este 201
Figura 5-31 Hidrogramas de los pozos de observación de la serie PLS-XX del sector Norte y Borde Este 202
Figura 5-32 Hidrogramas de los pozos de observación de los subsectores Núcleo Centro Norte y Núcleo Oeste..... 208
Figura 5-33 Hidrogramas de los pozos de observación del subsector Núcleo Este 209
Figura 5-34 Hidrogramas de los pozos de observación de la Zona de Producción..... 210
Figura 5-35 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector La Punta – La Brava..... 212
Figura 5-36 Perfiles de C.E. en el punto MP-01C año 2025..... 213
Figura 5-37 Perfil trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-01C..... 214
Figura 5-38 Perfiles de C.E. en el punto MP-03C año 2025..... 215
Figura 5-39 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-03C 216
Figura 5-40 Perfiles de C.E. en el punto MP-04C año 2025..... 217
Figura 5-41 Perfiles trimestral 2024 de C.E. en el punto MP-04C 218
Figura 5-42 Perfiles de C.E. en el punto MP-05C año 2025..... 219
Figura 5-43 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-05C 220
Figura 5-44 Perfiles de C.E. en el punto MP-06C año 2025..... 221
Figura 5-45 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-06C 222
Figura 5-46 Perfiles de C.E. en el punto MP-09C año 2025..... 223
Figura 5-47 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-09C 224
Figura 5-48 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Peine..... 225
Figura 5-49 Perfiles de C.E. en el punto MP-07C-1 año 2025..... 226
Figura 5-50 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-07C-1 227
Figura 5-51 Perfil de C.E. en el punto MPS-AC año 2025..... 228
Figura 5-52 Perfil de C.E. en el punto MPS-CC año 2025..... 229
Figura 5-53 Perfiles de C.E. en el punto PP-01 año 2025..... 230
Figura 5-54 Perfiles trimestrales 2025 de C.E. en el punto PP-01..... 231
Figura 5-55 Perfiles de C.E. en el punto PP-02 año 2025..... 232
Figura 5-56 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto PP-02 233
Figura 5-57 Perfiles de C.E. en el punto PP-03 año 2025..... 234
Figura 5-58 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto PP-03 235

Figura 5-59 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Norte y Borde Este 236
Figura 5-60 Perfiles de C.E. en el punto MP-12C año 2025 237
Figura 5-61 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-12C 238
Figura 5-62 Localización de los puntos de monitoreo Sector La Punta-La Brava 241
Figura 5-63: Conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector La Punta-La La Brava 242
Figura 5-64 Variación pH *in situ* sector La Punta-La Brava 243
Figura 5-65 Temperatura in-situ para sector La Punta-La Brava 244
Figura 5-66 Variación Temporal de SDT en laboratorio, Sector La Punta-La Brava 2025 245
Figura 5-67 Variación Temporal Densidad en Laboratorio, Sector La Punta-La Brava 246
Figura 5-68 Concentraciones de cloruro en muestras del sector La Punta-La Brava 247
Figura 5-69 Concentraciones de bicarbonato en muestras del sector La Punta La Brava. 248
Figura 5-70 Concentraciones de nitrato en muestras del sector La Punta La Brava. 249
Figura 5-71 Concentraciones de sulfato en sector La Punta-La Brava 250
Figura 5-72 Concentraciones de calcio disuelto en sector La Punta-La Brava 251
Figura 5-73 Concentraciones de potasio disuelto en sector La Punta-La Brava. 252
Figura 5-74 Concentraciones de magnesio disuelto en sector La Punta-La Brava. 253
Figura 5-75 Concentraciones de sodio disuelto en sector La Punta-La Brava. 254
Figura 5-76 Diagrama de Piper, campaña enero 2025, Sector La Punta-La Brava 255
Figura 5-77 Diagrama de Piper, campaña febrero 2025, Sector La Punta-La Brava 256
Figura 5-78 Diagrama de Piper, campaña abril 2025, Sector La Punta-La Brava 257
Figura 5-79 Diagrama de Piper, campaña julio 2025, Sector La Punta-La Brava 258
Figura 5-80 Diagrama de Piper, campaña octubre-noviembre 2025, Sector La Punta-La Brava 259
Figura 5-81 Concentraciones de boro disuelto en sector La Punta-La Brava. 260
Figura 5-82 Concentraciones de litio disuelto en sector La Punta-La Brava. 261
Figura 5-83 Concentraciones de estroncio disuelto en sector La Punta-La Brava. 262
Figura 5-84 Localización de los puntos de monitoreo Sector Peine. 263
Figura 5-85 Conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Peine. 265
Figura 5-86 Variación pH *in situ* sector Peine 266
Figura 5-87 Temperatura in-situ para sector Peine 267
Figura 5-88 Variación Temporal de SDT en laboratorio, Sector Peine 268
Figura 5-89 Variación Temporal Densidad en Laboratorio, Sector Peine 269
Figura 5-90 Concentraciones de cloruro en muestras del sector Peine 270
Figura 5-91 Concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Peine. 271
Figura 5-92 Concentraciones de nitrato en muestras del sector Peine. 272
Figura 5-93 Concentraciones de sulfato en sector Peine 273
Figura 5-94 Concentraciones de calcio disuelto en sector Peine. 274
Figura 5-95 Concentraciones de potasio disuelto en sector Peine. 275
Figura 5-96 Concentraciones de magnesio disuelto en sector Peine. 276
Figura 5-97 Concentraciones de sodio disuelto en sector Peine. 277
Figura 5-98 Diagrama de Piper, campaña enero 2025, Sector Peine 278
Figura 5-99 Diagrama de Piper, campaña febrero 2025, Sector Peine 279
Figura 5-100 Diagrama de Piper, campaña abril 2025, Sector Peine 280
Figura 5-101 Diagrama de Piper, campaña julio 2025, Sector Peine 281
Figura 5-102 Diagrama de Piper, campaña octubre-noviembre 2025, Sector Peine 282
Figura 5-103 Concentraciones de boro disuelto en sector Peine. 283
Figura 5-104 Concentraciones de litio disuelto en sector Peine. 284
Figura 5-105 Concentraciones de estroncio disuelto en sector Peine. 285
Figura 5-106 Localización de los puntos de monitoreo Sector Norte y Borde Este. 286
Figura 5-107 Conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. 287
Figura 5-108 Variación pH *in situ* sector Norte y Borde Este. 288
Figura 5-109 Temperatura in-situ para sector Norte y Borde Este 289
Figura 5-110 Variación Temporal de SDT en laboratorio, Sector Norte y Borde Este 290
Figura 5-111 Variación Temporal Densidad en Laboratorio, Sector Norte y Borde Este 291
Figura 5-112 Concentraciones de cloruro en muestras del sector Norte y Borde Este. 292
Figura 5-113 Concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Norte y Borde Este. 293

Figura 5-114 Concentraciones de nitrato en muestras del sector Norte y Borde Este..... 294
Figura 5-115 Concentraciones de sulfato en sector Norte y Borde Este..... 295
Figura 5-116 Concentraciones de calcio disuelto en sector Norte y Borde Este. 296
Figura 5-117 Concentraciones de potasio disuelto en sector Norte y Borde Este. 297
Figura 5-118 Concentraciones de magnesio disuelto en sector Norte y Borde Este. 298
Figura 5-119 Concentraciones de sodio disuelto en sector Norte y Borde Este. 299
Figura 5-120 Diagrama de Piper, campaña enero 2025, Sector Norte y Borde Este 300
Figura 5-121 Diagrama de Piper, campaña febrero 2025, Sector Norte y Borde Este 301
Figura 5-122 Diagrama de Piper, campaña abril 2025, Sector Norte y Borde Este..... 302
Figura 5-123 Diagrama de Piper, campaña julio 2025, Sector Norte y Borde Este 303
Figura 5-124 Diagrama de Piper, campaña octubre-noviembre 2025, Sector Norte y Borde Este 304
Figura 5-125 Concentraciones de boro disuelto en sector Norte y Borde Este. 305
Figura 5-126 Concentraciones de litio disuelto en sector Norte y Borde Este. 306
Figura 5-127 Concentraciones de estroncio disuelto en sector Norte y Borde Este. 307
Figura 5-128 Variación temporal de Calcio, Litio y Magnesio en puntos Peine, Tilopozo y Tucúcaro 310
Figura 5-129 Variación temporal de Potasio, Sodio y Sulfato en puntos Peine, Tilopozo y Tucúcaro 311
Figura 5-130 Mapa de ubicación de los pozos de extracción de salmuera de Albemarle..... 313
Figura 5-131 Caudal medio mensual de extracción de salmuera por zona, año calendario 2025 321
Figura 5-132 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, año operacional 2024-2025 (extracción total de zonas A1 y A2)..... 323
Figura 5-133 Caudales mensuales 2025 bombeados en Vertiente Tilopozo 325
Figura 5-134 Caudales mensuales 2025 bombeados en pozo Tucúcaro 325
Figura 5-135 Caudales mensuales 2025 bombeados en pozo Peine..... 326
Figura 5-136 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año calendario 2025 ... 327
Figura 5-137 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año operacional 2024-2025 327
Figura 6-1 Precipitación diaria con datos históricos, periodo 2009-2025 335
Figura 6-2 Precipitación mensual con datos históricos, periodo 2002-2025..... 336
Figura 6-3 Precipitación mensual en los pluviómetros de los sectores La Punta-La Brava y Peine... 337
Figura 6-4 Precipitación mensual en pluviómetros del Sector Norte y Borde Este..... 338
Figura 6-5 Precipitación mensual en pluviómetros del sector Núcleo 339
Figura 6-6 Precipitación año calendario EM-Rockwood, periodo 2002-2025 340
Figura 6-7 Precipitación por año operacional EM-Rockwood, año operacional 2002-2025 340
Figura 6-8 Relación entre elevación y precipitación media en las estaciones en torno al Salar de Atacama 341
Figura 6-9 Precipitación media mensual [mm] en estaciones meteorológicas seleccionadas, en torno al Salar de Atacama 346
Figura 6-10 Precipitaciones anuales por estación, periodo 1970-2025..... 353
Figura 6-11 Precipitaciones anuales por estación, periodo 1970-2025..... 354
Figura 6-12 Precipitaciones anuales por pluviómetro PLLS periodo 2019-2025 355
Figura 6-13 Precipitaciones anuales por pluviómetro PLLS periodo 2019-2025 356
Figura 6-14 Temperaturas extremas diarias [°C], periodo 2009-2025 357
Figura 6-15 Distribución T mínima por año EM- SCL y EM-ROCKWOOD, periodo 2009-2025..... 358
Figura 6-16 Distribución T máxima por año EM-SCL y EM-ROCKWOOD, periodo 2009-2025..... 359
Figura 6-17 Temperaturas extremas diarias Albemarle y medias de terceros, periodo 2009-2025 ... 360
Figura 6-18 Presión atmosférica diaria, periodo 2016-2025 361
Figura 6-19 Evaporación diaria, periodo 2009-2025 363
Figura 6-20 Distribución Evaporación Lámina Libre EM-ROCKWOOD/SCL, período 2009-2025 363
Figura 6-21 Evaporación diaria Albemarle y terceros, periodo 2009-2025..... 364
Figura 6-22 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22, Sector La Punta-La Brava 366
Figura 6-23 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-15, EVT-16, EVT-17, EVT-18 y EVT-23, Sector Peine 368
Figura 6-24 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-1, EVT-2, EVT-3, EVT-4 y EVT-5, Sector Norte..... 371

Figura 6-25 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-6, EVT-7, EVT-8, EVT-11 y EVT-12, Borde Este 372
Figura 6-26 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-9, EVT-10 y EVT-13, Sector Núcleo 374
Figura 6-27 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar La Punta - La Brava (2016 a 2025). 377
Figura 6-28 Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 378
Figura 6-29 Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8. 379
Figura 6-30 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 379
Figura 6-31 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2024), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8. 380
Figura 6-32 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar Peine (2016 a 2025). 381
Figura 6-33 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A 382
Figura 6-34 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8. 383
Figura 6-35 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 383
Figura 6-36 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8. 384
Figura 6-37 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar Aguas de Quelana (2016 a 2025). 385
Figura 6-38 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Aguas de Quelana, a partir de Pleiades 1-A. 387
Figura 6-39 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Aguas de Quelana, de imágenes Landsat 8. 388
Figura 6-40 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), Aguas de Quelana, imágenes Pleiades 1-A. 389
Figura 6-41 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Aguas de Quelana, Landsat 8 390
Figura 6-42 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar Soncor (2016 a 2025). 391
Figura 6-43 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 393
Figura 6-44 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Landsat 8. 394
Figura 6-45 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Pleiades 1-A. 395
Figura 6-46 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Landsat 8. 396
Figura 6-47 Evolución histórica de nivel limnimétrico (2016-2025), sector La Punta - La Brava 400
Figura 6-48 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine 403
Figura 6-49 Evolución histórica de nivel limnimétrico, punto LM-17 en sector Peine 404
Figura 6-50 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector Norte y Borde Este 406
Figura 6-51 Gráfico de caja muestra la mediana de caudales superficiales aforados (2014-2025) 409
Figura 6-52 Evolución temporal de caudales superficiales aforados 411
Figura 6-53 Hidrogramas de los puntos de observación del Norte, Centro y Este de las lagunas del sector La Punta-La Brava 415
Figura 6-54 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava serie BA 418
Figura 6-55 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava serie MP 419

Figura 6-56 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava 420
Figura 6-57 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Tucúcaro La Punta-La Brava serie MP 424
Figura 6-58 Hidrogramas de los puntos de observación, TUC-P06 y Tucúcaro, del sector Tucúcaro, sector La Punta-La Brava 425
Figura 6-59 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Las Vegas de Tilopozo, sector La Punta-La Brava 426
Figura 6-60 Hidrogramas de los puntos de observación de los sectores Laguna Interna, Zona Media Lagunas e Inicio Laguna Salada, sector Peine 431
Figura 6-61 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Borde Este y sur de Peine 432
Figura 6-62 Mapa de ubicación puntos de monitoreo, BA-31, MP-12A y MP-12C, sector Norte y Borde Este 435
Figura 6-63 Mapa de ubicación puntos de monitoreo, PLS-01 a PLS-04, sector Norte y Borde Este 436
Figura 6-64 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Núcleo Centro Norte 441
Figura 6-65 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Núcleo Este 442
Figura 6-66 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Núcleo Oeste 443
Figura 6-67 Hidrogramas de los pozos de observación de la Zona de Producción 444
Figura 6-68 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-05B .. 447
Figura 6-69 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-08A .. 447
Figura 6-70 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-14B .. 448
Figura 6-71 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-16B .. 448
Figura 6-72 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-01C 451
Figura 6-73 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-03C 453
Figura 6-74 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-04C 455
Figura 6-75 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-05C 457
Figura 6-76 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-06C 459
Figura 6-77 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-09C 460
Figura 6-78 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-07C-1 462
Figura 6-79 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-AC 464
Figura 6-80 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-CC 466
Figura 6-81 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-01 445
Figura 6-82 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-02 446
Figura 6-83 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-03 447
Figura 6-84 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-12C 449
Figura 6-85 Estadística de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. 453
Figura 6-86 Variación temporal de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 454
Figura 6-87 Variabilidad estacional en sector La Punta-La Brava. 455
Figura 6-88 Estadística del pH de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. 457
Figura 6-89 Variación temporal del pH de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 458
Figura 6-90 Estadística de la temperatura de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. 460
Figura 6-91 Variación temporal de la temperatura de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 461
Figura 6-92 Estadística de SDT en muestras de sector La Punta-La Brava. 463
Figura 6-93 Variación temporal de SDT en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 464
Figura 6-94 Estadística de la densidad en muestras de sector La Punta-La Brava 466
Figura 6-95 Variación temporal de la densidad en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 467
Figura 6-96 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de cloruro en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 469
Figura 6-97 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de bicarbonato en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 472

Figura 6-98 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de nitrato en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 475
Figura 6-99 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sulfato en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 478
Figura 6-100 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de calcio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.481
Figura 6-101 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de potasio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.484
Figura 6-102 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de magnesio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 487
Figura 6-103 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sodio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.490
Figura 6-104 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de boro disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.493
Figura 6-105 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de litio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 496
Figura 6-106 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de estroncio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 499
Figura 6-107 Estadística de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Peine. 503
Figura 6-108 Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Peine. 504
Figura 6-109 Variabilidad estacional en sector Peine..... 506
Figura 6-110 Estadística del pH de terreno en muestras de sector Peine..... 508
Figura 6-111 Variación temporal del pH de terreno en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 509
Figura 6-112 Estadística de la temperatura de terreno en muestras de sector Peine. 511
Figura 6-113 Variación temporal de la temperatura de terreno en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 512
Figura 6-114 Estadística de SDT en muestras de sector Peine..... 514
Figura 6-115 Variación temporal de SDT en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 515
Figura 6-116 Estadística de la densidad en muestras de sector Peine..... 517
Figura 6-117 Variación temporal de la densidad en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 518
Figura 6-118 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de cloruro en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 520
Figura 6-119 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 523
Figura 6-120 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de nitrato en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 526
Figura 6-121 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sulfato en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 529
Figura 6-122 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de calcio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 532
Figura 6-123 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de potasio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 535
Figura 6-124 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de magnesio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior..... 538
Figura 6-125 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sodio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 541
Figura 6-126 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de boro disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 544
Figura 6-127 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de litio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 547

Figura 6-128 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de estroncio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior..... 550
Figura 6-129 Estadística de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. 553
Figura 6-130 Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 554
Figura 6-131 Variabilidad estacional en sector Norte y Borde Este. 555
Figura 6-132 Estadística del pH de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. 557
Figura 6-133 Variación temporal del pH de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 558
Figura 6-134 Estadística de la temperatura de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este... 560
Figura 6-135 Variación temporal de la temperatura de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 561
Figura 6-136 Estadística de SDT en muestras de sector Norte y Borde Este. 563
Figura 6-137 Variación temporal de SDT en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 564
Figura 6-138 Estadística de la densidad en muestras de sector Norte y Borde Este. 566
Figura 6-139 Variación temporal de la densidad en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 567
Figura 6-140 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de cloruro en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 569
Figura 6-141 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 572
Figura 6-142 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de nitrato en muestras del sector Norte y Borde este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 575
Figura 6-143 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sulfato en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 578
Figura 6-144 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de calcio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 581
Figura 6-145 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de potasio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 584
Figura 6-146 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de magnesio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 587
Figura 6-147 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sodio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 590
Figura 6-148 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de boro disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 593
Figura 6-149 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de litio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 596
Figura 6-150 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de estroncio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior. 599
Figura 6-151 Variación temporal de Calcio, Litio y Magnesio en Vertiente Tilopozo y los pozos Peine y Tucúcaro..... 602
Figura 6-152 Variación temporal de Potasio, Sodio y Sulfato en Vertiente Tilopozo y los pozos Peine y Tucúcaro..... 605
Figura 6-153 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, periodo 1983-2025 (extracción total de zonas A1 y A2) 609
Figura 6-154 Volumen anual y caudal medio anual año calendario en salmuera de Albemarle, periodo 1983-2025 610

Figura 6-155 Volumen anual y caudal medio anual año calendario en salmuera de Albemarle, periodo 1983-2020 y año operacional periodo 2021-2025 611
Figura 6-156 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, año operacional 2024-2025 (extracción total de zonas A1 y A2) 616
Figura 6-157 Caudales mensuales históricos bombeados en Vertiente Tilopozo 617
Figura 6-158 Caudales mensuales históricos bombeados en pozo Tucúcaro 617
Figura 6-159 Caudales mensuales históricos bombeados en pozo Peine 618
Figura 6-160 Caudales medio anual año operacional en Vertiente Tilopozo y pozo Tucúcaro (1998-2025) 619
Figura 6-161 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año operacional 2024-2025 620
Figura 6-162 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año calendario 2025 ... 621
Figura 6-163 Ubicación puntos de monitoreo del Plan de Alerta Temprana (PAT) 622
Figura 6-164 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-G4 Pozo..... 624
Figura 6-165 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-5 624
Figura 6-166 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L3-9 625
Figura 6-167 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L5-10 625
Figura 6-168 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L4-12 626
Figura 6-169 Niveles Punto de Monitoreo PN-05B..... 629
Figura 6-170 Niveles Punto de Monitoreo PN-08A..... 629
Figura 6-171 Niveles Punto de Monitoreo PN-14B..... 630
Figura 6-172 Niveles Punto de Monitoreo PN-16B..... 630
Figura 6-173 Niveles Puntos de Monitoreo BA-05 633
Figura 6-174 Niveles Punto de Monitoreo BA-07 633
Figura 6-175 Niveles Punto de Monitoreo BA-16 634
Figura 6-176 Niveles Punto de Monitoreo BA-28 634
Figura 6-177 Niveles Punto de Monitoreo BA-30 635
Figura 6-178 Evolución de nivel freático en relación con la evaporación en el Sistema La Punta-La Brava. 637
Figura 6-179 Evolución de nivel en relación con la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava. 638
Figura 6-180 Evolución de nivel profundos en relación con la precipitación. Sistema La Punta-La Brava 639
Figura 6-181 Evolución niveles multipiezómetros MP-05A y MP-06A, y caudal bombeado en pozo Tucúcaro. Subsector Tucúcaro, Sector La Punta-La Brava..... 640
Figura 6-182 Evolución niveles piezómetro somero MP-04A, próximo a la vertiente Tilopozo. Subsector Vegas de Tilopozo, Sector La Punta-La Brava 640
Figura 6-183 Evolución de niveles en las lagunas del sistema La Punta-La Brava..... 641
Figura 6-184 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema La Punta - La Brava (imágenes alta resolución) 642
Figura 6-185 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector La Punta y la Brava. 643
Figura 6-186 Evolución de conductividad eléctrica en multipiezómetros del sistema La Punta-La Brava 644
Figura 6-187 Evolución de nivel frente conductividad eléctrica en lagunas sistema La Punta-La Brava 645
Figura 6-188 Evolución de nivel en relación con la evaporación Sistema Peine 647
Figura 6-189 Evolución de nivel en relación con la precipitación sistema lagunar Peine 647
Figura 6-190 Evolución de niveles en el sector de la laguna Interna. Sector Peine 648
Figura 6-191 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y precipitaciones en el borde Este. Sistema Peine 649
Figura 6-192 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y evaporación en el borde Este. Sistema Peine 649
Figura 6-193 Evolución de niveles profundos, salmuera. Sector Peine 650
Figura 6-194 Evolución de niveles de lagunas en Sistema Peine respecto a la precipitación 651
Figura 6-195 Evolución de niveles de lagunas en Sistema Peine respecto a la evaporación..... 651

Figura 6-196 Evolución histórica de Caudales Aforados en el Sistema Lagunar Peine..... 652
Figura 6-197 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema Peine (imágenes alta resolución) 653
Figura 6-198 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Peine. 655
Figura 6-199 Evolución de niveles de aguas superficiales versus evaporación. Sistema Aguas de Quelana 657
Figura 6-200 Evolución de niveles de pozos de aguas someras, salobres, al Sur del Sistema Aguas de Quelana versus precipitación 657
Figura 6-201 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema Aguas de Quelana (imágenes alta resolución) 659
Figura 6-202 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Aguas de Quelana 660
Figura 6-203 Evolución de nivel en piezómetros de salmuera próximos al Sistema Soncor 662
Figura 6-204 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor respecto a las precipitaciones 662
Figura 6-205 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor respecto a la evaporación 663
Figura 6-206 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema Soncor (imágenes alta resolución) 664
Figura 6-207 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Soncor 665
Figura 6-208 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo 667
Figura 6-209 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo Norte y Este 667
Figura 6-210 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo Zona de Producción 668

INDICE TABLAS

Tabla 2-1 Proyectos y RCA consideradas en el Informe PSAH 30
Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales reportados 31
Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCA asociadas al PSAH 34
Tabla 2-4 Variables Ambientales comprometidas en el PSAH del Anexo 3 de Adenda 5 37
Tabla 2-5 Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis 2025 39
Tabla 4-1 Resumen Variables Ambientales y Parámetros 48
Tabla 4-2 Detalle de las Estaciones Meteorológicas 50
Tabla 4-3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración 54
Tabla 4-4 Red de piezómetros instalada en lisímetros 56
Tabla 4-5 Vértices de los polígonos usados para evaluar superficie lagunar 57
Tabla 4-6 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava 62
Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine 66
Tabla 4-8 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Norte y Borde Este 70
Tabla 4-9 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo 73
Tabla 4-10 Pozos de bombeo monitoreados año 2025, puntos de extracción de salmuera y puntos de extracción de agua dulce-salobre. 76
Tabla 4-11 Indicadores de estado del PAT 80
Tabla 4-12 Descripción del PAT para cada sector 82
Tabla 4-13 Equipos de Estación Meteorológica 83
Tabla 4-14 Campañas realizadas en 2025 y los respectivos domos utilizados para medir EVT 85
Tabla 4-15 Características domos utilizados para la medición de la EVT en 2025 85
Tabla 4-16 Equipos y materiales complementarios al uso de domos 86
Tabla 4-17 Factor de corrección por forma 89
Tabla 4-18 Materiales y Equipos para la medición de parámetros in situ ANAM 105
Tabla 4-19 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98194 105
Tabla 4-20 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98192 105
Tabla 4-21 Materiales y Equipos para la Toma de Muestras por ANAM 106
Tabla 4-22 Materiales y equipos reactivos para almacenamiento y traslado de muestras Laboratorio ANAM 106
Tabla 4-23 Características de preservación de muestras, laboratorio ANAM 107
Tabla 4-24 Criterio estabilización de parámetros in situ para el muestreo de aguas 109
Tabla 4-25 Métodos de análisis en laboratorio 110
Tabla 4-26: Zonas hidroquímicas, características principales y relación con unidades geológicas 113
Tabla 4-27 Materiales y Equipos para la medición de Volúmenes Bombeados 114
Tabla 4-28 Fechas de Muestreo y Medición durante el año 2025 116
Tabla 4-29 Aumentos de Frecuencia de Muestreo y Medición adicionales asociadas a Activación Fase Única, PAT Sector Alerta Acuífero y Núcleo 2025 116
Tabla 4-30 Listado de variables por mes sin monitoreo 117
Tabla 5-1 Precipitación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2025 127
Tabla 5-2 Temperatura mínima diaria [°C] en EM-Rockwood, año 2025 128
Tabla 5-3 Temperatura máxima diaria en EM-Rockwood, año 2025 129
Tabla 5-4 Presión atmosférica diaria [mbar] en EM-Rockwood, año 2025 130
Tabla 5-5 Evaporación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2025 131
Tabla 5-6 Resumen información puntos de medición de evapotranspiración 138
Tabla 5-7 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector La Punta - La Brava 139
Tabla 5-8 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector Peine 141
Tabla 5-9 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector Norte y Borde Este 143
Tabla 5-10 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector Núcleo 147
Tabla 5-11 Superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A en el monitoreo 2025 (invierno y verano) 150
Tabla 5-12 Superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 en el monitoreo 2025 (invierno y verano) 150
Tabla 5-13 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector La Punta-La Brava, año 2025 160

Tabla 5-14 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Peine, año 2025 165
Tabla 5-15 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Norte y Borde Este, año 2025..... 169
Tabla 5-16 Resumen información puntos de medición de caudal de escorrentía superficial..... 173
Tabla 5-17 Resultados campañas de aforo año 2025 175
Tabla 5-18 Periodo de registro red de monitoreo del sector LP-LB 180
Tabla 5-19 Mediciones de nivel freático, en sector Peine, año 2025 193
Tabla 5-20 Periodo de registro red de monitoreo del sector Norte y Borde Este..... 199
Tabla 5-21 Periodo de registro puntos de monitoreo sector Núcleo 203
Tabla 5-22 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2025..... 307
Tabla 5-23 Resultados Calidad Química de vertiente Tilopozo año 2025..... 308
Tabla 5-24 Resultados Calidad Química de punto Tucúcaro año 2025 308
Tabla 5-25 Mínimos y máximos de los puntos Peine, Vertiente Tilopozo y Tucúcaro 309
Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025..... 314
Tabla 5-27 Caudales promedio y volúmenes bombeados de agua dulce-salobre, año calendario 2025 324
Tabla 5-28 Límites comprometidos para cada parámetro 328
Tabla 5-29 Umbrales de Activación del Sector de Alerta Norte 329
Tabla 5-30 Umbrales de Activación del Sector de Alerta Núcleo..... 329
Tabla 5-31 Umbrales de activación de los puntos PAT, BA-28 y BA-30 y actualización de umbrales de activación de los puntos PAT BA-05, BA-07 y BA-16, Sector Alerta Acuífero año 2024 329
Tabla 6-1 Resumen registros por estación meteorológica..... 332
Tabla 6-2 Resumen registros por pluviómetro PLLS..... 333
Tabla 6-3 Cota, precipitación promedio y máxima anual de estaciones meteorológicas 341
Tabla 6-4 Cota, precipitación promedio y máxima anual de pluviómetros PLLS, 2019-2025 342
Tabla 6-5 Precipitación media mensual [mm] en estaciones meteorológicas en torno al Salar de Atacama 344
Tabla 6-6 Precipitación media mensual [mm] en pluviómetros PLLS 345
Tabla 6-7 Precipitaciones anuales (mm)..... 347
Tabla 6-8 Precipitación Anual histórica para diferentes probabilidades de excedencia..... 352
Tabla 6-9 Precipitación anual 2025 (mm) y probabilidades de excedencia respecto a periodo 352
Tabla 6-10 Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y datos de monitoreo 2025 (invierno y verano), respecto de los registros mínimos de AR disponibles en Adenda 5 RWL, 2015..... 375
Tabla 6-11 Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos monitoreo 2025 (invierno y verano), respecto de los registros mínimos del período 1973-1976 presentados en la Adenda 5 RWL, 2015..... 376
Tabla 6-12 Comparación de superficies mínimas AR disponibles en Ad5s y superficie mínima año 2025 de los sistemas lagunares a partir de imágenes satelitales de alta resolución..... 397
Tabla 6-13 Comparación de superficie mínima histórica y superficie mínima año 2025 de los sistemas lagunares a partir de imágenes satelitales de mediana resolución (Landsat 8) 398
Tabla 6-14 Estadígrafos por punto de monitoreo de caudales superficiales aforados (2014-2025)(1) 408
Tabla 6-15 Puntos de realización de perfiles trimestrales de conductividad eléctrica..... 449
Tabla 6-16 Regla de extracción aprobada, RCA N°21/2016. Caudal medio anual (l/s)..... 609
Tabla 6-17 Cálculo del Nuevo Límite Anual para la activación simultánea PAT sector Alerta Norte y PAT sector Alerta Núcleo..... 615
Tabla 6-18: Secuencia de años calendarios y operacional para Umbrales PAT sector Alerta Núcleo 627
Tabla 6-19 Listado entrega periódica de información digital..... 668
Tabla 6-20 Reportabilidad modelo hidrogeológico 670
Tabla 6-21 Informes de monitoreo PAT Alerta Norte..... 671
Tabla 6-22 Superación de umbral PAT Alerta Norte 671
Tabla 6-23 Informes de monitoreo PAT Alerta Núcleo 672
Tabla 6-24 Superación de umbral PAT Alerta Núcleo 672
Tabla 6-25: Informes de monitoreo PAT Alerta Acuífero. 673

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Meteorología

Anexo A-1: Variables Meteorológicas (1970-2025).xlsx

Anexo A-2: Pluviómetros PLLS (2018-2025).xlsx

Anexo B: Evapotranspiración

Anexo B-1: Planilla Evapotranspiración (2013-Dic2025)
Anexo B-2: Lisímetros.pdf

Anexo C: Superficie cubierta por Lagunas

012-2016_INF_ANUAL_No10_AREA_LAGUNAR_PSAH_20260320_VF.pdf
ANEXO_VARIACIONES_ANUALES_AR_PSAH_2016-2025_20260320_VF.pdf
Anexo digital:
Excel: ALB_PM_VALID_AR_L8_AGO25_DIC25_20260217.xlsx
Metadata.pdf
Planilla Superficie cubierta por Lagunas (1972-2025).xlsx

Anexo D: Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2025).xlsx

Anexo E: 2025_SMA_CaudalAguaSuperficial_AFORO.xlsx

Anexo F: Niveles Piezométricos en salmuera y en agua dulce-salobre

Anexo F-1: Datos Niveles freáticos 2025.pdf
Anexo F-2: 2025_SMA_Nivel de Agua y Salmuera Históricos.xlsx
Anexo F-3: Registro Certificados de niveles emitidos por ETFA.pdf
Anexo F-4: PLS SMA_2025.xlsx

Anexo G: Posición de la Interfase Salina

Anexo G-1: Datos de Interfase Salina 2025.pdf
Anexo G-2: Posición de la Interfase Salina (2013-2025).xlsx

Anexo H: Composición Química de las aguas

Anexo H-1: Datos composición química 2025.xlsx
Anexo H-2: Informe de parámetros físico-químicos histórico.pdf
Anexo H-3: Composición Química en agua superficial y subterránea (2013-2025).xlsx
Anexo H-4: Registro Certificados emitidos por ETFA.pdf
Anexo H-5: Registro de Calibración diaria del equipo multiparamétrico.pdf
Anexo H-6: Registro Estabilización de parámetros In-situ.pdf
Anexo H-7: Registro Cadena de custodia.pdf
Anexo H-8: Registro de Ajuste de Datos Históricos Fuera de Rango.pdf

Anexo I: Composición Química de las aguas

Anexo I-1: 2025_SMA_CalidadAguaSupYSub-LPLB.xlsx
Anexo I-2: 2025_SMA_CalidadAguaSupYSub-NyBE.xlsx
Anexo I-3: 2025_SMA_CalidadAguaSupYSub-Peine.xlsx
Anexo I-4: 2025_SMA_Planilla Calidad Agua 3 Pozos Bombeo.xlsx

Anexo J: 2025_SMA_Bombeos_(1983-2025).xlsx

Anexo K: Libreta y Actas de Terreno.pdf

Anexo L: Registro de Permiso de Terceros.pdf

Anexo M: Respaldo Resoluciones, Ordinarios, Cartas y Otros.pdf

Anexo N: Planilla Responsables y Participantes_PSAH_Nº10.xlsx

Anexo Ñ: Estratigrafía y perfiles de habilitación.

2025_SMA_Listado_puntos_subte PSAH_Res894 a Dic_2025.xlsx
2025_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_Puntos Sistema LPLB.pdf
2025_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_Puntos Sistema NyBE.pdf
2025_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_Puntos Sistema Peine.pdf
2025_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_ Sistema Núcleo Actual.pdf
2025_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_ Sistema Núcleo.pdf

1 RESUMEN

El presente documento corresponde al **Informe Anual Nº10 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (en adelante PSAH),** el cual forma parte de las obligaciones ambientales del titular Albemarle, derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental Nº21 de fecha 20 de enero del 2016 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta, en adelante **RCA N.º 21/2016**, que calificó favorablemente el Proyecto "*Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama*".

Específicamente, el PSAH da cumplimiento a lo establecido en el Considerando Nº7 de la RCA Nº21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua). El PSAH es un compromiso ambiental aplicable para las Fases de Operación y Cierre del Proyecto, y considerando que la fase de operación inició en fecha 28 de septiembre de 2016, el presente Informe Nº10 del PSAH, entrega información de monitoreo del año calendario 2025. Además, se presentan análisis para el año operacional que corresponde desde octubre 2024 a septiembre 2025 en el parámetro de caudales bombeados. El presente informe del PSAH es el correspondiente al año N°10 de reportabilidad, entrega toda la información histórica a la fecha, tanto del seguimiento del proyecto (2016-2025), como la de línea de base.

En este informe se muestran los resultados del monitoreo de las variables ambientales del componente hídrico, analizando la evolución del sistema y se realiza un análisis integrado de las variables y parámetros monitoreados. Las variables ambientales se presentan agrupadas en cuatro sectores: La Punta-La Brava, Peine, Norte y Borde Este y Núcleo (área de extracción de salmuera). La estructura y contenidos del documento cumplen con las especificaciones de la Resolución Exenta Nº223 del 26 de marzo de 2015 de la Superintendencia del Medio Ambiente que "*Dicta instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental*".

En relación con las mediciones del año 2025 de las variables ambientales del PSAH se puede resumir lo siguiente:

La **precipitación** en la estación meteorológica EM-Rockwood registró un total anual de 5,9 mm en 2025, lo que representa un aumento en la precipitación acumulada comparando con el año anterior (0,5 mm en 2024). Este año 2025, la precipitación se ubica cerca de la mediana del periodo de registro, con una probabilidad de excedencia del 52,0% y, por lo tanto, corresponde a una condición de año normal. Destaca el evento ocurrido a fines de julio, donde se registraron 3,2 mm; en el resto de los meses estas mediciones no superaron 1,2 mm/mes.

Considerando los datos de otras estaciones, se puede mencionar EM-Chaxa, la que registró para el año 2025 un total de 29,9 mm, con una probabilidad de excedencia del 35,7%, la que

corresponde a una condición de año normal. En relación con los datos históricos disponibles utilizados en el análisis, se cuenta con 11 estaciones meteorológicas con registros de larga duración y 11 pluviómetros[1] de instalación más reciente (PLLS, desde fines de 2018), con los que se observa una alta variabilidad espacial en la cuenca. Considerando los registros de los últimos 20 años, las mayores precipitaciones se registran en las estaciones ubicadas a mayor altitud. Entre los años más lluviosos (mayor a 40 mm/año) del período del seguimiento, en la estación EM-Rockwood, destacan los años 2017 y 2019, con precipitaciones acumuladas anuales de 65,7 mm y 48,2 mm, respectivamente.

La **presión atmosférica** presenta un comportamiento estacional estable, donde los valores máximos se registran entre los meses de abril y septiembre (estaciones frías) y los mínimos entre octubre y marzo (estaciones cálidas). En base a los registros de EM-Rockwood, durante el año 2025 se registró el valor máximo en el mes de junio (779,5 mbar, el 2 de junio) y el valor mínimo en diciembre (770,6 mbar, el 10 de diciembre), sin valores anómalos. Cabe mencionar que este comportamiento es consistente entre las tres estaciones de la zona: EM-Chaxa, EM-KCL y EM-Rockwood, siendo levemente mayores los valores en EM-Chaxa.

Respecto al registro de **evaporación** en lámina libre, para la estación EM-Rockwood se caracteriza una marcada variación estacional, donde las mayores tasas de evaporación se registran en las estaciones cálidas de primavera-verano (octubre a marzo) y las menores en las estaciones frías otoño-invierno (abril a septiembre). En 2025, el mes de enero presentó el mayor registro diario (18,34 mm/día, el 8 de enero) y julio registró el menor valor (1,2 mm/día, el 31 de julio).

Estos resultados son consistentes con las variaciones de **temperatura** obtenidas en la misma estación EM-Rockwood, registrando un valor máximo de 35,6°C en febrero (verano) y un valor mínimo de -2,1°C en el mes de agosto (invierno). Se observa además que estas mediciones de temperatura tienen un comportamiento sincrónico y similar con otras estaciones de la zona, particularmente EM-Chaxa y EM-KCL y EM-Rockwood)

La variable de **Evapotranspiración (EVT**), fue medida en el año 2025 con frecuencia trimestral en los 22 puntos instalados en el área del Salar a través del método del domo, entregando los resultados en términos de tasas (mm/día). Este año 2025, muestra valores máximos en estaciones más cálidas y valores mínimos para las estaciones más frías. En general, los valores de tasa de EVT se encuentran en los mismos rangos para los últimos 7 años, con variaciones estacionales evidenciadas dentro del registro histórico.

En cuanto a la variable **Superficie Cubierta por Lagunas**, correspondientes a los sistemas lagunares La Punta-La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana, al analizar las imágenes de

[1] El pluviómetro PLLS-09 fue vandalizado en el año 2019 quedando fuera de servicio.

media resolución (Landsat) de las Superficies Cubiertas por Lagunas, se evidencia una variación estacional (máximas en invierno y mínimas en verano) y en general un descenso histórico de las superficies máximas de invierno considerando la ventana temporal de 1985-2014. Al considerar las imágenes tanto de alta resolución (Pleiades) como de mediana resolución (Landsat) se observa entre los años 2016 hasta agosto 2020 una variabilidad, en donde posterior a este período, las precipitaciones de enero y febrero 2019 marcan un hito importante, provocando aumentos en las superficies lagunares de invierno de los sistemas, pero también un rápido descenso posterior en las mismas. En el caso de los veranos (valores mínimos de superficies lagunares), se observa en general para los 4 sistemas una tendencia histórica más estable pero también de descenso. Para imágenes de alta resolución se observan valores mínimos de los registros de superficies de verano, en el año 2021 para el sistema La Punta – La Brava, mientras que en Peine y Soncor se observan en verano del año 2023, y Aguas de Quelana presenta su valor mínimo en diciembre 2024. En los últimos cinco años se observa en general una estabilidad o mantención de las superficies lagunares, comparando con el periodo de seguimiento previo.

En relación con las mediciones del **nivel limnimétrico** de las lagunas, se cuenta con una red de monitoreo mensual que corresponde a 16 limnímetros y 4 estacas, los cuales muestran en general variaciones estacionales esperables, con descensos de nivel en los meses de estaciones cálidas y recuperaciones en los meses de estaciones frías. Para las lagunas La Punta y La Brava (LM-01, LM-02, LM-03 y LM-04) los registros (2016-2025) muestran descensos generales, mayores en los limnímetros de Laguna La Punta (LM-01 y LM-02). Para el subsector Vegas de Tilopozo (LM-16), los niveles muestran estabilidad durante todo el periodo de registro (2016-2025). Además, se observa que todos los puntos de monitoreo presentan aumentos de nivel en periodos cortos asociados a eventos de precipitación, en particular a los del año 2019 y 2020. Durante el año 2025, y en relación con los datos históricos, los niveles se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural, con niveles mínimos en los puntos LM-01, LM-16 y LM-11. Se destaca que durante el año 2025 existen algunos meses con mediciones faltantes producto de la restricción de acceso al territorio.

Respecto a los niveles limnimétricos en el sector Peine, se debe considerar que el registro presenta datos incompletos, principalmente debido a restricciones de acceso durante la época de reproducción de flamencos. En consecuencia, en todos los puntos de este sector (LM-05, LM-06, LM-07, LM-08, LM-09, LM-10, LM-17, E1, E2, E3 y E4) hay datos faltantes en algunos meses, aproximadamente a partir del segundo semestre del año 2020, destacando también que los limnímetros LM-05 y LM-06 (Laguna Salada) ya presentaban discontinuidades a partir del año 2017 y 2018, respectivamente. Pese a la poca cantidad de mediciones, se puede indicar que los niveles de las lagunas Salada (LM-05 y LM-06) y Saladita (LM-07 y LM-08) se muestran estables en el tiempo.

Las mediciones en Laguna Interna (sector Peine), representadas por los limnímetros LM-09 y LM-10, muestran niveles variables en el tiempo, tanto con tendencia general al alza o a la estabilidad. Este comportamiento también se observa en el borde este de la misma (puntos estaca). Se destaca que el punto estaca E4 anteriormente se ha observado una tendencia al descenso, pero en 2025 presenta una recuperación. Por otra parte, en el desborde de la Laguna Interna, se ubica el punto LM-17, el que registra un comportamiento variable con tendencia al descenso a lo largo de su registro y, partir del año 2018, presenta escasos datos principalmente por encontrarse seco, condición que se mantiene durante el año 2025.

Los niveles limnimétricos en los Sistemas Soncor y Aguas de Quelana muestran distintos comportamientos. Para el punto (LM-11) del Sistema Soncor hay una tendencia al descenso, y para el punto LM-12, ubicado más al norte de este sistema, se observa estabilidad en el tiempo. En el Borde Este, en el sistema Aguas de Quelana, los limnímetros LM-13 y LM-14 presentan una marcada variación estacional, aunque con un comportamiento interanual estable. Cabe mencionar que, durante 2025, al igual que para el sector de Peine, no se cuenta con todas las mediciones limnimétricas, principalmente, por restricción de acceso por parte de CONAF dada la época de reproducción de flamencos.

Los **Caudales Superficiales** se miden trimestralmente en 6 puntos, 4 de ellos ubicados en los canales que unen el sistema lagunar Peine y 2 puntos de aforo ubicados en quebradas de la zona cordillerana, hacia el sur Tilomonte y hacia el este en Vertiente Peine. A modo general, se observa que la Anterepresa Tilomonte y la Vertiente Peine mantienen sus caudales aforados entre rangos estables durante todo el período, pero de magnitudes distintas, en torno a medianas de 40 l/s y 8 l/s respectivamente.

Para las estaciones de aforo AFP-01, AFP-02, AFP-03 y AFP-04, dispuestas en el sentido de la dirección de flujo de las lagunas (Salada, Saladita e Interna, de sur a norte), se observa una disminución de caudal en dicha dirección, es decir, que el mayor caudal se mide en AFP-01 (mediana 48,10 l/s en el periodo histórico), y el menor caudal se registra en AFP-04 (mediana de 26,47 l/s en el periodo histórico).

En relación con los **Niveles freáticos** en Salmuera y/o en Agua dulce-salobre, se cuenta con una red de monitoreo formada por 124 puntos de medición mensual de niveles distribuidos en los sectores La Punta-La Brava, Peine, y Norte y Borde Este, ubicados en la Zona Marginal y Núcleo del Salar de Atacama.

Respecto de los niveles en el sector **La Punta-La Brava,** en términos generales, presentan una oscilación estacional, con mayores descensos a mayor proximidad al núcleo. El año 2025 se registraron precipitaciones significativas en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm) mostrando respuestas a estas precipitaciones en la zona Norte, Centro y Sur de las lagunas La Punta-La Brava.

Los puntos barrenos ubicados en el sector La Punta-La Brava muestran oscilaciones estacionales, con mínimos en verano y máximos en invierno, con excepción de los puntos de más al norte y este del sistema lagunar, que muestran algunos mínimos en abril. Estos puntos responden a la evaporación y son sensibles a las precipitaciones, mostrando mayor sensibilidad los puntos ubicados al norte de las lagunas (más cercanos al núcleo) y menos sensibles los puntos del sur de las lagunas.

En cuanto al registro histórico en el sector La Punta-La Brava, se observa en general una tendencia al descenso, no obstante, desde el año 2022 en el subsector Sur de las Lagunas la mayoría de los puntos se observan estabilizados.

En el subsector de Tucúcaro, se tiene que el pozo Tucúcaro para el período analizado (2013-2025), presenta variaciones en el tiempo y tendencia de mediano plazo estable. Los demás pozos en este subsector, tales como TUC-P06, MP-05A, MP-05C, MP-06A y MP-06C, presentan tendencias leves al descenso con variaciones estacionales. Los piezómetros profundos de esta subsector y habilitados en salmuera son MP-05B y MP-06B, los que muestran tendencias al descenso y al alza, respectivamente.

En la zona cercana a las Vegas de Tilopozo, para el período 2013-2025, todos los puntos que miden nivel en agua dulce-salobre, con excepción Tilopozo, describen una variación estacional y una tendencia histórica general al descenso, como, por ejemplo, en MP-04A, MP-04C, MP-09A, MP-09C y TIL-P03, lo que estarían relacionadas con la influencia de los descensos provenientes desde el sur, producto del bombeo histórico del campo de pozos del sector Monturaqui y Negrillar en la parte media y cabecera de la cuenca. Además, se destaca la misma tendencia más al sur, representada por los puntos MP-09A y MP-09C, con descensos mayores (centimétricos) relacionados también, con los efectos de la extracción de agua industrial desde el acuífero Monturaqui-Negrillar.

Para el **sector Peine** es importante mencionar que presenta datos limitados desde 2021, principalmente por restricción de acceso debido a presencia y/o periodo de reproducción de flamencos, lo que agrega un sesgo en el análisis de la evolución a través del tiempo, particularmente en los alrededores del sistema lagunar (Laguna Interna, Laguna Salada, Saladita e Inicio de Laguna Salada). Los puntos que cuentan con toda la data son los del sector borde este y sur de Peine, y para ellos se observan los registros dentro del rango de oscilación natural. Se destaca el comportamiento zonal de los niveles donde a medida que los puntos de monitoreo se alejan del borde del Núcleo del salar, el grado de respuesta asociada a los eventos de precipitación disminuye al igual que los descensos.

En la zona Laguna Interna los niveles freáticos de los puntos de monitoreo describen un comportamiento sincrónico y exhiben las respuestas más marcadas frente a las precipitaciones. Los niveles mínimos se registran en verano de cada año y los máximos se

alcanzan como respuesta a los eventos de precipitación (análisis anterior al año 2021). Los puntos ubicados en la Lagunas Salada y Saladita también presentan sus niveles mínimos en los meses más cálidos, y los máximos se alcanzan como respuesta a las precipitaciones, con incrementos del nivel de hasta 16 cm (MPS-AA) en respuesta al evento de precipitación intensa del año 2019. Los puntos del subsector Inicio de la Laguna Salada, BA-28 y BA-30 (Puntos PAT), presentan oscilaciones estacionales y una menor respuesta a eventos de precipitación intensa, en comparación con los puntos de más al norte (subsector Laguna Interna y su desborde y Laguna Salada y Saladita). En el punto BA-28 se observan alzas de niveles de hasta 11 cm en respuesta al evento de precipitación del año 2019. Además, estos puntos presentan una tendencia al ascenso de sus niveles en el tiempo, esto según la data disponible (el análisis anterior supeditado a la falta de datos desde el año 2021, por restricción de acceso).

El subsector Borde y Sur de Peine cuenta con piezómetros someros (MP-07A y MP-08A) y profundos (MP-07C-1, PP-01, PP-02 y PP-03), los cuales muestran oscilaciones estacionales y una respuesta a los eventos de precipitación con ascensos bruscos y puntuales de los niveles. Puntos de este sector muestran comportamientos al alza (MP-08A) y otros se muestran relativamente estables (MP-07C-1 y PP-01), los últimos cuatro años. Los pozos MP-07A y MP-08A muestran un comportamiento inverso, mientras el punto MP-08A aumenta su nivel, MP-07A disminuye levemente.

En cuanto al **sector Norte y Borde Este** también presenta oscilaciones estacionales. Los puntos MP-12A y MP-12C (ubicados en la zona sureste del salar), presentaron una tendencia leve de aumento de sus niveles hasta la mitad del 2020 y luego una tendencia al descenso hasta el año 2023, y a partir del segundo semestre del año 2025 se observa un aumento en los niveles en ambos puntos. El piezómetro somero BA-31, ubicado en el norte hacia el sistema Soncor, presentó incrementos del nivel de hasta 0,44 m, en respuesta al evento de precipitación del año 2019 (enero y febrero), y menor respuesta a las precipitaciones de 2023. Desde el año 2024 se ha registrado como seco, y durante 2025 en la misma condición, cuando se ha realizado el acceso.

Finalmente, para los puntos ubicados en el **sector del Núcleo**, todos los pozos presentan descensos, en mayor o menor medida dependiendo de la ubicación; los pozos del sector Centro Norte y Este del núcleo, presentan un comportamiento similar y sincrónico como se ha mencionado en informes anteriores, a este término se le ha denominado coloquialmente como “efecto piscina” haciendo referencia a que en esta zona habría una alta conexión hidráulica, lo que se observa en las rápidas respuestas a eventos de precipitación intensa como los ocurridos en febrero 2019 y agosto de 2020, y en la tendencia al descenso similar en todos los puntos.

Por otra parte, en los puntos de la zona de Producción del Núcleo y Núcleo Oeste no se observa relación con el comportamiento de los puntos del lado este (Centro Norte y Este del núcleo). En estos puntos se observa los mayores descensos del sector núcleo, directamente influenciados por el bombeo de salmuera; además, no es posible observar variación estacional y ni alzas de nivel asociadas a los eventos importantes de precipitación en los puntos ubicados en el bloque oeste del núcleo del Salar.

En relación con la **Posición de la Interfase Salina**, el monitoreo trimestral se realiza en 13 puntos de monitoreo a través de la medición de la conductividad eléctrica y temperatura en distintas profundidades obteniendo un perfil vertical de estas variables, que permiten detectar la profundidad del acuífero de agua dulce-salobre, la interfase salina, y la salmuera debajo de esta. Para todos los puntos de monitoreo de todos los sectores, los perfiles de conductividad eléctrica en general se han mantenido en los rangos de profundidad entre los cuales se presenta la variación de conductividad eléctrica y, por lo tanto, se mantiene la posición de la Interfase Salina. La excepción son el punto MP-01C que ha presentado una leve profundización del nivel de salmuera, sin embargo, se muestra prácticamente estable desde 2022; y los puntos MPS-AC y MPS-CC con una tendencia al descenso. Estos descensos se explican con mayor detalle en el Informe de investigación N°5 (Albemarle-Hidromas, 2025) y La Cuarta Actualización del Modelo (Albemarle-Gestionare, 2025b), ambos entregados a la autoridad en 2025.

En relación con la **Composición Química** del agua superficial y subterránea, el monitoreo trimestral se realiza a través de la medición en 40 puntos, incluyendo puntos en aguas superficiales (vertientes y lagunas) y aguas subterráneas, salobres y salmueras. Esta variable se analizó para los sectores La Punta - La Brava, Peine y Borde Norte y Este. De las 126 muestras con balance iónico de 2025, el 61,1% de las muestras (77) presenta un error inferior al 5%, 27 muestras (21,4%) presentan un error entre 5% y 7% (ambos porcentajes inclusive), 22 muestras (17,4%) presentan un error de balance entre 7% y 10% y ninguna muestra presentan un error de balance mayor que 10%, todo lo anterior en valor absoluto.

Respecto a la composición química, se puede señalar que los pH más básicos corresponden en general a aguas superficiales intermedias y salobres, mientras que las aguas subterráneas presentan pH más bajos, siendo las aguas subterráneas de salmuera las que presentan los valores levemente ácidos. El alto contenido de sales en la salmuera hace que las conductividades eléctricas sean mayores que las registradas en aguas intermedias y salobres, las cuales a su vez tienen conductividades eléctricas mayores que las aguas dulces. Además, es posible identificar en los datos históricos una oscilación estacional en la conductividad eléctrica (CE) del agua superficial de lagunas (LM) en todos los sectores. Los resultados por sector muestran que los elementos analizados se ajustan a los rangos y variabilidad natural histórica.

Respecto del tipo de aguas, al analizar los diagramas de Piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene, siendo en general del tipo clorurada sódica. Junto con los resultados de composición química de los puntos asociados al PSAH, se presentan los resultados de la composición química de las captaciones de extracción de agua dulce - salobre: Pozo Peine, Vertiente Tilopozo y Pozo Tucúcaro, la que se ha reportado históricamente por Albemarle de manera complementaria al monitoreo realizado por la RCA.

Considerando la química de los puntos de agua dulce – salobre, los rangos de concentración presentado en ppm para cada elemento monitoreado se mantienen dentro del rango histórico y estable en el tiempo. Se observa que los parámetros fisicoquímicos de las muestras han mantenido sus composiciones dentro de la variabilidad natural de calidad química del agua.

En relación con los **caudales de salmuera y de agua dulce-salobre bombeados** por Albemarle, durante el año 2025 se bombearon 73 puntos de extracción de salmuera y las 3 captaciones de agua dulce-salobre, correspondiente a vertiente Tilopozo, pozo Tucúcaro y pozo Peine. El volumen de extracción de salmuera total de las áreas A1 y A2 en conjunto para el año operacional 2024-2025 (considerando de octubre 2024 a septiembre 2025 según lo indicado en las Res Ex N°427/2021 y Res Ex N°1510/2021) fue de 11.634.355 m^3, lo que equivale a un caudal medio anual de 368,92 l/s, que cumple con el caudal medio anual establecido en la evaluación ambiental de 442 l/s; y también se cumple con el límite para el año operacional 2024-2025, de 369,24 l/s, derivado de la activación de la Fase II del PAT Alerta Norte y Fase II del PAT Alerta Núcleo; también en el marco de la activación del PAT sector de Alerta Acuífero, de manera precautoria desde diciembre 2024 hasta septiembre 2025 (año operacional) se cumplió con extraer un caudal medio de bombeo mensual bajo el límite autorizado de 382 l/s de salmuera para dichos meses. El detalle de los caudales medios anuales bombeados por área, según caudales año calendario y año operacional se encuentra disponible en el Capítulo 5.9.1 de este informe.

En cuanto a la extracción de agua dulce-salobre sobre la base de estas autorizaciones ambientales, se cuenta con un caudal máximo autorizado para la extracción conjunta de Tilopozo y Tucúcaro de 16,9 l/s. Durante el año 2025 el caudal promedio anual extraído fue 7,46 l/s desde la vertiente Tilopozo y desde el pozo Tucúcaro en conjunto, cumpliendo durante todo el año 2025 con la medida preventiva asociadas al sector de Alerta Acuífero, de que la extracción conjunta de estos puntos no debe superar los 10,9 l/s durante los meses que estas medidas preventivas se encuentren activas.

Adicionalmente, también se cuenta con autorización por derecho de aprovechamiento de agua para extraer un máximo de 5 l/s del pozo Peine; durante al año calendario 2025 el caudal extraído fue de sólo 0,013 l/s, por lo que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente y durante los meses desde diciembre 2024 hasta septiembre

2025 (año operacional) se cumplió con extraer un caudal medio de bombeo mensual máximo de 10,9 l/s en conjunto desde Tilopozo y Tucúcaro.

En relación con el **Plan de Alerta Temprana, PAT**, durante el año 2025 se presentaron las siguientes activaciones y desactivaciones de los sectores de alerta del PAT:

El sector de **Alerta Norte** se mantuvo activado en Fase II durante todo el año 2025. Los puntos de monitoreo que se mantienen bajo el umbral de Fase II son el L1-5 (desde junio de 2021), L1-G4 (desde julio de 2021) y L5-10 (noviembre de 2023). Además, en 2025 el punto L4-12 superó en algunos meses el umbral de Fase I y Fase II.

En relación con las medidas comprometidas y adoptadas, se hacen entregas mensuales a la autoridad de los datos de monitoreo en formato digital desde enero 2021 y junio 2021 hasta la fecha de entrega de este informe por la activación de la Fase I y II, respectivamente. En junio de 2025 se realiza la entrega del "Cuarto Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la Medida de Reducción de la Extracción de salmuera, en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Norte".

El sector de **Alerta Núcleo** se activa en Fase I desde septiembre 2023 en el punto PN-08A, para luego en el mes de julio de 2024 activarse en Fase II, lo que se ha mantenido hasta diciembre de 2025. Adicional a lo anterior, el punto PN-05B superó el umbral de la Fase II del PAT en el mes de mayo de 2025, y el 31 de julio reportó la tercera medida bajo el umbral, lo cual también se ha mantenido hasta diciembre de 2025. El pozo PN-14B tuvo la tercera medida bajo el umbral de Fase I en junio de 2025, manteniéndose el resto del año bajo el umbral de Fase I, pero sobre el umbral de Fase II.

En relación con las medidas comprometidas y adoptadas, se hacen entregas mensuales a la autoridad de los datos de monitoreo en formato digital por Fase I y Fase II, en enero de 2025 se entrega el informe "Informe Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico" por activación de la Fase II, en julio de 2025 se hace entrega del informe "Primer Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la Medida de Reducción de la Extracción de salmuera, en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Núcleo" y en octubre 2025 se entrega el Informe Complemento, el cual fue elaborado por el requerimiento de la DGA mediante el ORD DGA N° 17/ 2023; en el numeral N°8.

Finalmente, en el sector de **Alerta Acuífero**, se toma de manera preventiva las medidas asociadas a la activación del PAT en su Fase Única en el mes de diciembre de 2024. En el tercer trimestre de 2025 si bien se registraron algunas mediciones sobre el umbral entre junio y agosto, el PAT no fue desactivado ya que no se cumplieron los criterios de desactivación, por lo que se ha mantenido activo hasta diciembre de 2025.

En relación con las medidas comprometidas y adoptadas, se aumenta la frecuencia de monitoreo para los meses de diciembre 2024, enero y febrero de 2025, se hacen entregas mensuales a la autoridad de los datos de monitoreo en formato digital y se entrega a la autoridad el "Informe de Investigación de las causas del desvío de los pronósticos y activación del Plan de Alerta Temprana (PAT) N°5, en el sector de alerta Acuífero" de manera anual. Este informe ratifica lo indicado en el Cuarto Informe de Investigación, donde se identificó una posible relación entre la evolución del Barreno BA-07 y los pozos de salmuera, lo que gatilló presentar ante el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en mayo de 2024, una solicitud de revisión de las resoluciones de calificación ambiental RCA N°21/2016 de Albemarle y RCA N°226/2006 de SQM en virtud del artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300.

Concretamente, esta solicitud se presentó, debido a que las variables no se han estado comportando como estaba previsto en la evaluación ambiental, por ende, se sugiere mayor investigación sobre lo que se está observando.

Por último, dando cumplimiento al seguimiento ambiental hídrico, se puede señalar para el año 2025 que:

- Se realizó el muestreo, medición y análisis del monitoreo en el sistema hidrológico e hidrogeológico general de acuerdo con lo comprometido.
- Se realizó el análisis histórico de las variables monitoreadas, enfatizando en el comportamiento de éstas durante el año 2025 con respecto a la data histórica existente, y comparada con los límites por variables.
- Se realizó un análisis integrado de las variables correspondientes, de manera de describir el comportamiento del sistema, tanto del Núcleo y la Zona Marginal, enfocado principalmente en los objetos de protección.
- Se verificó el comportamiento del sistema hídrico en los puntos del PAT como respuesta tanto a las condiciones hidrológicas y meteorológicas como a los efectos de la explotación del Proyecto.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe Anual N°10 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (en adelante PSAH), el cual forma parte de las obligaciones ambientales del titular Albemarle[2] (en adelante ALB), derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental N°21 de fecha 20 de enero del 2016 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta, en adelante RCA N°21/2016, que calificó favorablemente el Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama" (en adelante Proyecto).

El PSAH corresponde a un compromiso ambiental aplicable para las Fases de Operación y Cierre del Proyecto, cuya fase de operación inició con fecha 28 de septiembre de 2016[3]. Así, el presente Informe N°10 de PSAH entrega la información de monitoreo del año calendario 2025**.** En relación con el periodo informado, cabe indicar que en el numeral 3.5.2 del Anexo 3 de la Adenda 5 del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto de referencia se señaló que: *"El informe será entregado dentro del plazo de tres meses siguientes al término de cada año calendario"*.

Conjuntamente, el presente informe también incluye la información de los puntos de monitoreo comprometidos en el Considerando 2.3.1.3. de la R.E. N°165 de fecha 14 de octubre de 2003 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, que modificó la R.E. N°092 de fecha 31 de mayo de 2000 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta que aprobó el proyecto "Construcción de Pozas de Evaporación Solar", y lo establecido en el Resuelvo 4 de la R.E. N°3132[4] de fecha 28 de noviembre de 2006 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. En la Tabla 2-1 se identifican las Resoluciones de Calificación Ambiental que son consideradas en el presente informe.

El PSAH da cumplimiento a lo establecido en el Considerando N°7 de la RCA N°21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua dulce–salobre y salmuera); Considerando N°10.19 de la misma resolución, el que a su vez remite al Capítulo 3 del Anexo 3 de la Adenda 5; y también da cuenta de los compromisos vinculados a la componente hídrica de las otras 2 RCA indicadas en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Proyectos y RCA consideradas en el Informe PSAH

Proyecto	Resoluciones
DIA Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RCA N°92/2000 modificada por R.E. N°165/2003

[2] Rockwood Litio Limitada a partir del día 01 de noviembre de 2017 modificó su razón social a "Albemarle Limitada".
[3] El inicio de la fase de operación fue informado con una semana de anticipación a la SMA con Carta MA 012.2016, recepcionada con fecha 21.09.2016, SMA Cod.50067.
[4] La R.E. N°3132/2006 acoge recurso de reclamación, modifica y aprueba la RCA N°64/2005, inicialmente calificada desfavorablemente.

DIA Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RCA N°64/2005 modificada y aprobada por R.E. N°3132/2006
EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama	RCA N°21/2016 modificada por R.E. N°1472/2017

Fuente: Elaboración propia

Específicamente, el Considerando N°7 de la RCA N°21/2016 establece los compromisos de seguimiento de variables hídricas y bióticas. Los informes del PSAH dan cuenta de las variables físicas relacionadas con recursos hídricos, mientras que los informes del Plan de Manejo Biótico (PMB)[5] dan cuenta de las variables bióticas.

El Considerando N°7 de la RCA N°21/2016 establece que la frecuencia de entrega del informe del PSAH es anual, y se debe reportar durante toda la fase de operación y los primeros 5 años de la fase de cierre del Proyecto (sólo para algunas de las variables ambientales). Asimismo, este considerando indica que la información bruta de resultados debe ser entregada (en planillas de Excel) a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) con frecuencia trimestral[6] y/o semestral.

De esta manera, los informes del PSAH entregan el reporte y análisis de resultados del monitoreo de las variables ambientales que se indican en la Tabla 2-2, las que reflejan el comportamiento meteorológico, hidrológico (superficie cubierta por lagunas, niveles limnimétricos y aforos de caudales superficiales), hidrogeológico (niveles freáticos, caudales de bombeo, evaporación con domo y posición de la interfase salina) e hidroquímico (composición química de agua superficial y subterránea) del área de estudio del Proyecto.

Cabe indicar que, para efectos del presente informe (e informes anteriores del PSAH del Proyecto), se ha privilegiado el uso de la nomenclatura utilizada en la RCA N°21/2016 (Considerando 7), en cuanto a la definición de componentes y variables ambientales, contemplando 4 componentes (RCA N°21/2016) que son: Físico Clima y Meteorología, Físico Hidrología, Físico Hidrogeología y Físico Calidad del Agua, lo que difiere ligeramente de las definiciones establecidas en las consideraciones generales de la R.E. N°223/2015 de la SMA, la cual es más general y clasifica las componentes ambientales nombrándolas como “Elemento Constituyente Agua”.

Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales reportados

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Procedimiento de medición
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas	Estación meteorológica EM-Rockwood y recopilación estaciones de la cuenca

[5] El último informe anual PMB N°9 fue entregado a la SMA con fecha 28 de agosto de 2025 (a través de carta ALB-GMA-2025-SMA-080 comprobante SMA N°1077098).
[6] Esta frecuencia, se modifica a mensual cuando el Plan de Alerta Temprana se encuentra activado (Anexo 3, Adenda 5).

Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales reportados

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Procedimiento de medición
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas	Imágenes satelitales
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Regletas (limnímetros)
	Aforo de Caudales superficiales	Aforos manuales
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	Mediciones con domos
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce – salobre	Mediciones con pozómetro
	Posición de la Interfase Salina	Perfilaje de conductividad eléctrica
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Caudal de bombeo en cada pozo con caudalímetros
FISICO Calidad del Agua	Composición química del agua en agua superficial y subterránea	Muestreo de terreno y análisis del laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Adicional a lo anterior, el presente PSAH incluye el reporte de los puntos de activación del Plan de Alerta Temprana (PAT) con respecto a lo establecido en el Considerando N°10.18 de la RCA N°21/2016, el que a su vez remite al Capítulo 4 del Anexo 3 de la Adenda 5. El objetivo del PAT es detectar anticipadamente, en el tiempo y en el espacio, desviaciones respecto de las proyecciones del comportamiento del componente hídrico que pudieren llegar a afectar los sistemas objeto de protección y activar las medidas preventivas necesarias para evitar efectos no previstos. Para ello, utiliza puntos de activación específicos de nivel freático de la salmuera en el Núcleo y del acuífero en la Zona Marginal, con umbrales de activación de dichos puntos, que además cuentan con Fases de activación, lo que permite activar medidas para revertir un comportamiento no esperado del sistema y antes de que pudiera generarse un efecto adverso. Durante el año 2025 estuvo activo el PAT Sector Alerta Norte, Sector Alerta Acuífero y Sector Alerta Núcleo, lo que se describe en detalle en la sección 4.2.6 y Tabla 4-11.Por otra parte, durante 2022 entró en vigencia la R.E. N°573/2022 de la SMA, donde se indica en el punto 5 Excepción al Sistema de Entidad Técnica de Fiscalización (en adelante ETFA) que: "*No se requerirá que las actividades de muestreo y/o medición sean realizadas por una entidad técnica de fiscalización ambiental, en el componente agua, cuando tales actividades cumplan alguna de las siguientes tres condiciones:*

i) Para los parámetros Nivel freático y Nivel de agua, cuando el punto de medición no cuente con un valor límite o umbral de cumplimiento establecido en un instrumento de carácter ambiental de competencia de esta Superintendencia.

De acuerdo con lo anterior, durante el año 2025 sólo los niveles de los puntos PAT se midieron con una ETFA, además de los muestreos, medición y/o análisis de todas las variables que se

encuentran dentro de los alcances específicos autorizados[7] por la SMA, los que fueron realizados con la ETFA de ANÁLISIS AMBIENTALES (ANAM) (Código ETFA 011-01), cumpliendo así con lo señalado por la autoridad ambiental.

Además, se considera relevante indicar que, en la misma línea de trabajo, la elaboración de este informe considera las instrucciones generales sobre la elaboración de informes de seguimiento ambiental dictado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) en su R.E. N°223/2015.

Dicho lo anterior, en la Tabla 2-3 se presentan los considerandos y/o resuelvos de las Resoluciones de Calificación Ambiental reportadas en este informe y en la Tabla 2-4 aquellos compromisos que se desprenden del Anexo 3 de la Adenda 5 del proceso de evaluación ambiental (vinculado al considerando 10.19 de la RCA N°21/2016).

Además, los archivos y planillas de los Anexos contienen datos en el formato establecido por la SMA en la Resolución Exenta de la Superintendencia de Medio Ambiente N°894/2019 y sus actualizaciones, la cual entró en vigencia el 27 de septiembre de 2019.

[7] De acuerdo a lo indicado por la SMA, aquellas actividades que no estén incluidos en los alcances de las ETFA autorizadas, podrán continuar desarrollándose de manera transitoria por empresas que cumplan con la R.E. Nº37/2013 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que “Dicta e instruye normas de carácter general sobre Entidades de Inspección Ambiental y validez de reportes” (disponible en http://entidadestecnicas.sma.gob.cl/Home/Documentos), hasta que la SMA autorice a ETFA en dichos alcances. Respecto de aquellos alcances que involucren actividades muestreo, medición y/o análisis, para los que no existan empresas acreditadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN), ni autorizadas por organismos de la administración del Estado (R.E. Nº37/2013 SMA), podrán seguir siendo ejecutados por las empresas que lo han realizado hasta ahora.

Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCA asociadas al PSAH

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
RCA N°92/2000	Considerando 9. Primer Bullet	*Realizar el monitoreo de la calidad química del acuífero[8] de salmuera y entrega de dichos resultados a la COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.*
	Considerando 9. Segundo Bullet	*Realizar el monitoreo del nivel freático de las aguas subterráneas, y entrega de dichos resultados a la COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.*
	Considerando 9. Cuarto Bullet	*Entregar al secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de salmuera extraídos desde cada uno de los 12 pozos de producción.*
	Considerando 9. Quinto Bullet	*Entregar al secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de agua extraídos desde los puntos de captación con derechos de aprovechamiento de agua.*
R.E. N° 165/2003 que modifica RCA N°92/2000	Resuelvo 2 letra a) Primer Bullet	*Instalación de al menos 4 estacas perimetrales numeradas, en el borde Norte y Este de la mayor porción anegada de la laguna Interna.*
	Resuelvo 2 letra a) Segundo Bullet	*Instalación de una regla limnimétrica en la desembocadura de la laguna Interna, del canal aportante proveniente de la laguna Saladita.*
R.E. N°3132/2006 que modifica y aprueba la RCA N°64/2005	Resuelvo 4. Primer Bullet	*Ejecución de monitoreo de la calidad química del acuífero de salmuera y entrega de dichos resultados a la COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.*
	Resuelvo 4. Segundo Bullet	*Ejecución de monitoreo del nivel freático de las aguas subterráneas, y entrega de dichos resultados a COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.*
	Resuelvo 4. Cuarto Bullet	*Entrega al secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de salmuera extraídos desde cada uno de los 3 pozos de producción, correspondientes al proyecto que se resuelve en el presente acto.*
	Resuelvo 4. Quinto Bullet	*Entrega al secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de agua extraídos para el proyecto desde los puntos de captación con derechos de aprovechamiento de agua.*
RCA N°21/2016	Considerando 7. FISICO Hidrogeología	**Profundidad Nivel en salmuera en m.s.n.m.** Con procedimiento de medición *manual* de profundidad con pozómetro, con frecuencia *mensual y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta.* *Niveles o límites comprometidos: Descenso según modelo.*
		Profundidad Nivel en agua dulce-salobre en m.s.n.m. Con procedimiento de medición *manual* de profundidad con pozómetro, con frecuencia *mensual y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta.* *Niveles o límites comprometidos: Mantener los niveles dentro de los rangos de oscilación natural.*

[8] En consideración a la resolución de solicitud de interpretación de la RCA N°21/2016, resuelta mediante la R.E. N°1472 de fecha 27 de diciembre 2017 del SEA Dirección Ejecutiva, es que no se presentan resultados asociados a química de los pozos de extracción de salmuera. Dicha Resolución se adjunta dentro de Anexo M de este Informe.

Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCA asociadas al PSAH

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
		Conductividad Eléctrica vs Profundidad (Posición de Interfase Salina). Con procedimiento de medición de *conductividad eléctrica vs. Profundidad* en piezómetros, con frecuencia *trimestral y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta*. *Niveles o límites comprometidos: Mantener la posición de la Interfase Salina.*
		Flujo de Evaporación en mm/día (*Evapotranspiración*). Con procedimiento de *medición continua mediante lisímetros u otros equipos acordados con la DGA* del *flujo de evaporación en mm/día*, con frecuencia *continua (diaria) y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta*. No aplica niveles o límites comprometidos.
		Caudales bombeados de *salmuera* en cada pozo en l/s. Con procedimiento de medición en l/s *mediante caudalímetros certificados por DGA*, con frecuencia *mensual y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta*. Además de *datos disponibles en tiempo real en plataforma online.* *Niveles o límites comprometidos: Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente.*
		Caudales bombeados de *agua dulce-salobre* en cada pozo en l/s. Con procedimiento de medición en l/s *mediante caudalímetros certificados por DGA*, con frecuencia *mensual y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta.* Además de *datos disponibles en tiempo real en plataforma online.* *Niveles o límites comprometidos: Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente.*
		***Plan de Alerta Temprana* (PAT).** Entrega de información a *SMA y DGA Región de Antofagasta*.
		***Plan de Seguimiento Ambiental* (PSAH)** Entrega anual a *SMA y DGA Región de Antofagasta*.
		Herramienta Verificación Efecto Sinérgico Cuando corresponda por activación del PAT. Entrega a *SMA y DGA Región de Antofagasta*.
	Considerando 7. FISICO Hidrología	**Aforo de Caudales superficiales en l/s.** Con procedimiento de medición de *aforo manual* en l/s, con frecuencia *trimestral y reporte digital trimestral y reporte anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta*. *Niveles o límites comprometidos: Mantener los caudales dentro de su variación histórica.*
		Nivel limnimétrico de las Lagunas en m.s.n.m. Procedimiento de medición de campo en m.s.n.m., con frecuencia *mensual y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta*. *Niveles o límites comprometidos: Mantener los niveles dentro de los rangos de oscilación natural.*

Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCA asociadas al PSAH

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
		Superficie cubierta por lagunas en m². Procedimiento de medición en m² de imágenes satelitales de alta definición y apoyo en terreno, con frecuencia *semestral y reporte digital semestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta*. *Niveles o límites comprometidos: Mantener* la *superficie sobre mínimo histórico.*
	Considerando 7. FISICO Clima y Meteorología	**Variables meteorológicas.** *Precipitación diaria en mm, Evaporación en lámina libre en mm, Presión atmosférica en mbar.* Procedimiento de medición de toma de datos en estación meteorológica EM-Rockwood y recopilación de *datos* en *estaciones disponibles de la cuenca*, de frecuencia *continua (diaria) y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA Región de Antofagasta.* *No aplica niveles o límites comprometidos.*
	Considerando 7. FISICO Calidad del Agua	***Parámetros físico-químicos in situ:*** *pH, C.E., T°, TDS y Oxígeno Disuelto*. ***Parámetros físico-químicos laboratorio:*** *pH, C.E., TDS y Densidad*. ***Elementos mayoritarios:*** *Cl-, SO4=, HCO3-, NO3-, Ca2+, Mg2+, Na+, y K+.* ***Elementos minoritarios y trazas:*** *B, Li, Sr, Al, As, Fe, Si.* Procedimiento de medición mediante *mediciones de campo y análisis de laboratorio*, frecuencia *trimestral y reporte digital trimestral e informe anual* a *SMA y DGA región de Antofagasta.* *Niveles o límites comprometidos: Mantener dentro de variabilidad natural*.
	Considerando 10.18	***Plan de Alerta Temprana****. Fue presentado por el titular en su Adenda 1, en respuesta a la observación que efectuara la Dirección General de Aguas al EIA. Luego de varias observaciones, el Plan de Alerta Temprana definitivo es descrito en el Capítulo 4 del Anexo 3 de la Adenda 5. Este Plan permite detectar anticipadamente, en el tiempo y en el espacio, desviaciones del nulo efecto pronosticado en los objetos de protección. Además, el Plan de Alerta Temprana propone las medidas necesarias para corregir anticipadamente el comportamiento de las variables hídricas en caso de presentar diferencias con lo pronosticado en los escenarios de modelación y antes de generar un efecto adverso. Un ejemplo de esas medidas propuestas corresponde a la disminución de la extracción de salmuera en escalones de 60 l/s e incluso el cese de la extracción, en función de los niveles que se observen en la zona del núcleo.*
	Considerando 10.19	***Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico*** *Plan de Seguimiento Ambiental, descrito en el Capítulo 3 del Anexo 3 de la Adenda 5, propone el monitoreo periódico de las variables hídricas más relevantes de la cuenca del Salar de Atacama. Dicho documento describe detalladamente el monitoreo previsto para verificar la respuesta futura del sistema hídrico y para proporcionar la información para futuras actualizaciones de los modelos numéricos MODFLOW y SEAWAT observados en las consultas 1.1y 1.2 del oficio Ord. DGA 11 Región N°15/2016.*
R.E. N°1472/2017 que modifica	Resuelvo 1 Primer bullet	*El alcance del Plan de Seguimiento Ambiental, expuesto en el considerando 7 de la RCA, respecto del componente ambiental "Físico Hidrogeología", para el monitoreo "Niveles freáticos de agua dulce - salobre" y "Posición de Interfase Salina", debe citar únicamente la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7 del Anexo 3 de la Adenda 5 del proceso de evaluación de Proyecto, en atención a lo expuesto en el considerando 10.1 de esta Resolución.*

Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCA asociadas al PSAH

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
RCA N°21/2016	Resuelvo 1 Segundo bullet	*El alcance del Plan de Seguimiento Ambiental, expuesto en el considerando 7 de la RCA, respecto del componente ambiental "Físico Calidad del Agua", para el monitoreo "calidad química del agua superficial y subterránea", debe citar únicamente la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7 del Anexo 3 de la Adenda 5 del proceso de evaluación de Proyecto, en atención a lo expuesto en el considerando 10.2 de esta Resolución.*
	Resuelvo 1 Tercer bullet	*El objeto de protección asociado al Plan de Seguimiento Ambiental corresponde a las aguas del Salar de Atacama, y el acuífero de la Zona Marginal que alimenta estas aguas, por lo que los puntos de monitoreo asociados al componente "calidad del agua", recae sobre las aguas que alimentan los sistemas lagunares y, por lo tanto, la calidad química de salmuera que se extrae de los pozos de producción no es una variable relevante para los fines ambientales que sustenta la RCA.*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2-4 Variables Ambientales comprometidas en el PSAH del Anexo 3 de Adenda 5

Documento	Numeral	Transcripción
Adenda 5, Anexo 3 "Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Alerta Temprana de los Recursos Hídricos"	Numeral 3.2.1.	*El **nivel freático o piezométrico** se reportará en m.s.n.m. pero se medirá como profundidad del agua en unidades de longitud en pozos y piezómetros ubicados en el Núcleo, la Zona Marginal y borde del Salar. Para ello se contará con la topografía de la cota collar o de referencia para cada uno de los puntos de monitoreo. Este parámetro se medirá de forma manual, con periodicidad mensual, a un total de 124 puntos que se representan en el punto 3.3.4.*
	Numeral 3.2.2.	*El monitoreo de la **posición de la Interfase Salina** se realizará a través de la medición manual de perfiles de conductividad eléctrica en piezómetros habilitados con tubería ranurada en toda su extensión. Los resultados se reportarán como gráficos de profundidad versus conductividad eléctrica. Para conocer la cota altimétrica (m.s.n.m.) de la posición de la interfase se contará con la topografía de la cota collar o de referencia para cada uno de los puntos de monitoreo. Esta variable se medirá con una periodicidad trimestral, en un total de 14 puntos y se presentan en el punto 3.3.4.*
	Numeral 3.2.3.	*La **medición de caudales** se realizará mediante aforos por vadeo con la utilización de un aforador de hélice o molinete. La medida se realizará con frecuencia trimestral en un total de 6 puntos ubicados en los sectores de Peine (5) y Borde Este (1). La ubicación de estos puntos se representa en el punto 3.3.4.*
	Numeral 3.2.4.	*La **composición del agua** superficial de las vertientes, lagunas, y aguas subterráneas de los acuíferos del borde del Salar se determinará a partir de la medición de parámetros in situ y del muestreo de aguas para su análisis en laboratorio. Estos análisis se realizarán en un laboratorio certificado siguiendo los protocolos y recomendaciones de la norma NCh. 411 para el muestreo de aguas y las que indique el laboratorio según sus propios requerimientos. Esta variable se medirá con una periodicidad trimestral, a un total de 40 puntos, y su ubicación se presenta en el punto 3.3.4.*
	Numeral 3.2.5.	*El **nivel de agua de las lagunas** se medirá como cota topográfica del espejo de agua en m.s.n.m. por lo tanto se dispondrá de la cota topográfica de referencia del punto de monitoreo. Esta medida se realizará mediante la instalación de una regla limnimétrica (limnímetro), adherida a una estaca. Este parámetro se medirá de forma manual con una frecuencia mensual, en un total de 17 puntos. La ubicación de estos puntos se presenta en el punto 3.3.4.*

Tabla 2-4 Variables Ambientales comprometidas en el PSAH del Anexo 3 de Adenda 5

Documento	Numeral	Transcripción
	Numeral 3.2.6.	*La **superficie cubierta por las lagunas** (área inundada) se medirá en los sistemas Peine, La Punta-La Brava, Soncor y Quelana donde esta variable se considera además de referencia ubicada en sectores vecinos no influenciados. Esta variable se medirá a partir del análisis de imágenes satelitales por resultar la opción menos invasiva. Se utilizarán imágenes satelitales multiespectrales con un tamaño de pixel de máximo 4 metros que incluirán los sistemas lagunares de La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor. Las imágenes de alta resolución se focalizarán en aquellas áreas de mayor interés y se realizará la toma de dos imágenes al año, en julio y diciembre, con un margen de más o menos un mes para asegurar la disponibilidad de imágenes despejadas y sin nubes que pudieran perjudicar el análisis de* esta. *Además, con el objetivo de generar una correlación de estas imágenes de alta resolución con la serie histórica disponible de imágenes satelitales LANDSAT, de menor resolución, se realizará en forma simultánea un análisis y correlación con una imagen de baja resolución disponible del satélite LANDSAT8 o similar, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición. Para la determinación de la superficie cubierta por lagunas, en la imagen de alta resolución se utilizará metodología Modificación del Índice Normalizado de diferencias de agua (MNDWI), que determina la presencia de agua mediante la respuesta espectral del infrarrojo medio. Esta variable se medirá con una frecuencia semestral para permitir comprender la dinámica estacional, en los cuatro polígonos que se describen en la sección 3.3.3.*
	Numeral 3.2.7.	Las **variables meteorológicas** se medirán *a partir de la estación meteorológica denominada EM-Rockwood, en el Salar de Atacama, siendo los siguientes parámetros meteorológicos: Precipitación diaria [mm], Evaporación en lámina libre [mm], Temperatura atmosférica [°C] y Presión Atmosférica [mbar]. Estos parámetros se medirán en forma continua.*
	Numeral 3.2.8.	*El parámetro de la **evapotranspiración** se medirá en forma continua a través de lisímetros del tipo "carga constante" u otros equipos que permitan medir la evaporación real en forma continua, y que deberán ser propuestos a la DGA en un plazo máximo de 60 días después de aprobada la RCA del Proyecto. Para ello, estos equipos contarán con la instrumentación e infraestructura necesaria incluyendo, si corresponde, un pequeño piezómetro con un sensor de medición de nivel continuo. Este parámetro se medirá en forma continua en un total de 10 puntos en el Núcleo y Zona Marginal del Salar.*
	Numeral 3.2.9.	*Los **volúmenes bombeados** de salmuera en el Núcleo y de agua dulce-salobre en los acuíferos del borde del Salar constituyen una salida del recurso hídrico y minero de la cuenca. Estos caudales son considerados en los modelos numéricos para determinar el efecto de esta explotación sobre los niveles freáticos del Núcleo, Zona Marginal o borde del Salar. Se medirá el volumen mensual bombeado, en m^3, desde cada uno de los pozos que extraen salmuera o agua del acuífero para el presente proyecto, mediante el uso de caudalímetros o flujómetros certificados. La información estará disponible a tiempo real en línea y se remitirá de forma trimestral.*

Fuente: Elaboración Propia

Dando cumplimiento a lo establecido en la R.E. N°223/2015 de la SMA, en la Tabla 2-5 se identifican las instituciones que llevaron a cabo las labores de medición, muestreo y análisis según corresponda a las variables ambientales durante el año 2025.

Tabla 2-5 Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis 2025

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Medición	Muestreo	Análisis
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas	Albemarle	No aplica	No aplica
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas	Cedrem Consultores y Apogeos	No aplica	No aplica
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Albemarle	No aplica	No aplica
	Aforo de Caudales superficiales	ANAM[4]	No aplica	No aplica
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	Albemarle	No aplica	No aplica
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Albemarle/ANAM[3]	No aplica	No aplica
	Posición de la Interfase Salina	Albemarle	No aplica	No aplica
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Albemarle	No aplica	No aplica
FISICO Calidad del Agua	Composición química del agua en agua superficial y subterránea	ANAM[1]	ANAM[1]	ANAM[1] CEA[2]

(1) Código ETFA N°011-01. Realizaron la medición, muestreo y análisis en el periodo 2025. La medición de Sólidos Disueltos Totales desarrollada en terreno no cuenta con autorización ETFA, debido a que este parámetro se mide a través del electrodo de conductividad expresando otras unidades como los sólidos totales disueltos (TDS) lo que se detalla en la carta enviada de ANAM a Albemarle (G07 2024 Albemarle- SDT).

(2) Código ETFA N°017-01. Realizaron el análisis de boro disuelto y total, estroncio disuelto y total, potasio disuelto y total y silicio total en el periodo 2025.

(3) Los puntos pertenecientes al Plan de Alerta Temprana se ejecutan con ETFA

(4) La medición de caudales superficiales se realiza con ETFA, no obstante, Albemarle mide en compañía de la ETFA y se reportan ambas mediciones

Fuente: Elaboración propia

3 OBJETIVOS

El PSAH es concebido como la herramienta de gestión que tiene por finalidad verificar que las variables ambientales relevantes que dieron origen al EIA evolucionen según lo establecido en la evaluación respectiva. Dado lo anterior, el objetivo general del Informe Anual del PSAH es dar cuenta de los monitoreos periódicos y sistemáticos de la componente hídrica de la cuenca del Salar de Atacama y, a partir de estos, analizar el comportamiento del sistema y dar cumplimiento a los considerandos pertinentes a la componente hídrica, asociado al numeral 7 de la componente ambiental "Físico" y a los numerales 10.18 y 10.19 de la RCA N°21/2016.

El monitoreo periódico de este componente permite obtener información actualizada y trazable a lo largo del tiempo de las variables hidrológicas e hidrogeológicas de la cuenca, las cuales permiten analizar el comportamiento del sistema y su respuesta a la presencia de los Proyectos en operación.

Los objetivos específicos del PSAH son los siguientes:

- Monitorear el sistema hidrológico e hidrogeológico de la cuenca del Salar de Atacama, en cumplimiento de los compromisos adquiridos en la RCA N°21/2016 (y su modificación R.E.1472/2017), incluido el comportamiento de los objetos de protección[9], así como de las RCA precedentes (Tabla 2-1). Este monitoreo contempla el muestreo, medición, análisis y/o control de los siguientes parámetros:

    - ✓ Variables Meteorológicas
    - ✓ Superficie Cubierta por Lagunas
    - ✓ Nivel Limnimétrico de las Lagunas
    - ✓ Aforo de Caudales superficiales
    - ✓ Evapotranspiración
    - ✓ Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua Dulce-Salobre
    - ✓ Posición de la Interfase Salina
    - ✓ Caudales bombeados de Salmuera y de Agua Dulce-Salobre

- Realizar un seguimiento sobre variables de referencia ubicados en sectores vecinos no influenciados, lejanos al área de explotación de ALB, para disponer de información que alimente a la actualización bienal del modelo numérico, comprometida en la RCA N°21/2016.

[9] En la cuenca del Salar de Atacama, y en el entorno del proyecto de Albemarle, las áreas de mayor sensibilidad y valor ecológico son las lagunas que se ubican en la Zona Marginal del Salar. Estos sistemas lagunares (La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor) son considerados objeto de protección, y por ende su afectación debe ser evitada por la operación del proyecto, según se menciona en el Capítulo 2, del Anexo 3, de la Adenda 5 (Rockwood Lithium-SGA, 2015d).

- Facilitar la fiscalización del Proyecto entregando la información levantada en terreno y analizada, proporcionando una herramienta de gestión y control durante la fase de operación del Proyecto y los 5 primeros años de la fase de cierre.

De acuerdo con los lineamientos de la Res. Ex. N°223/2015, el presente informe tiene los objetivos de cumplir con:

- Presentar los resultados de muestreo, medición, análisis y/o control de los parámetros, de forma gráfica y numérica, histórica con énfasis en los datos del año 2025 (enero-diciembre).
- Mencionar los límites considerados en la evaluación para cada parámetro, según corresponda.
- Realizar el análisis cualitativo, cuantitativo y la evolución de los parámetros en el tiempo, en relación con los límites considerados en la evaluación ambiental, los valores de la línea base y los resultados de los informes anteriores según corresponda; dicho análisis se realiza tanto del Núcleo como de la Zona Marginal.
- Si corresponde, presentar las incertidumbres asociadas a los métodos utilizados.
- Si corresponde, presentar los modelos o herramientas informáticas utilizadas para el análisis de la información.
- Si fuese el caso presentar las medidas o acciones adoptadas ante resultados que presentan desviaciones al comportamiento esperado de la variable ambiental en el tiempo.

Todo el monitoreo y datos que van siendo registrados y reportados, son analizados en forma cada vez más robusta e integral. El análisis de las variables que conforman este Informe PSAH N°10 permite evaluar el comportamiento de las variables ambientales a través del tiempo respecto de lo proyectado en la evaluación ambiental.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

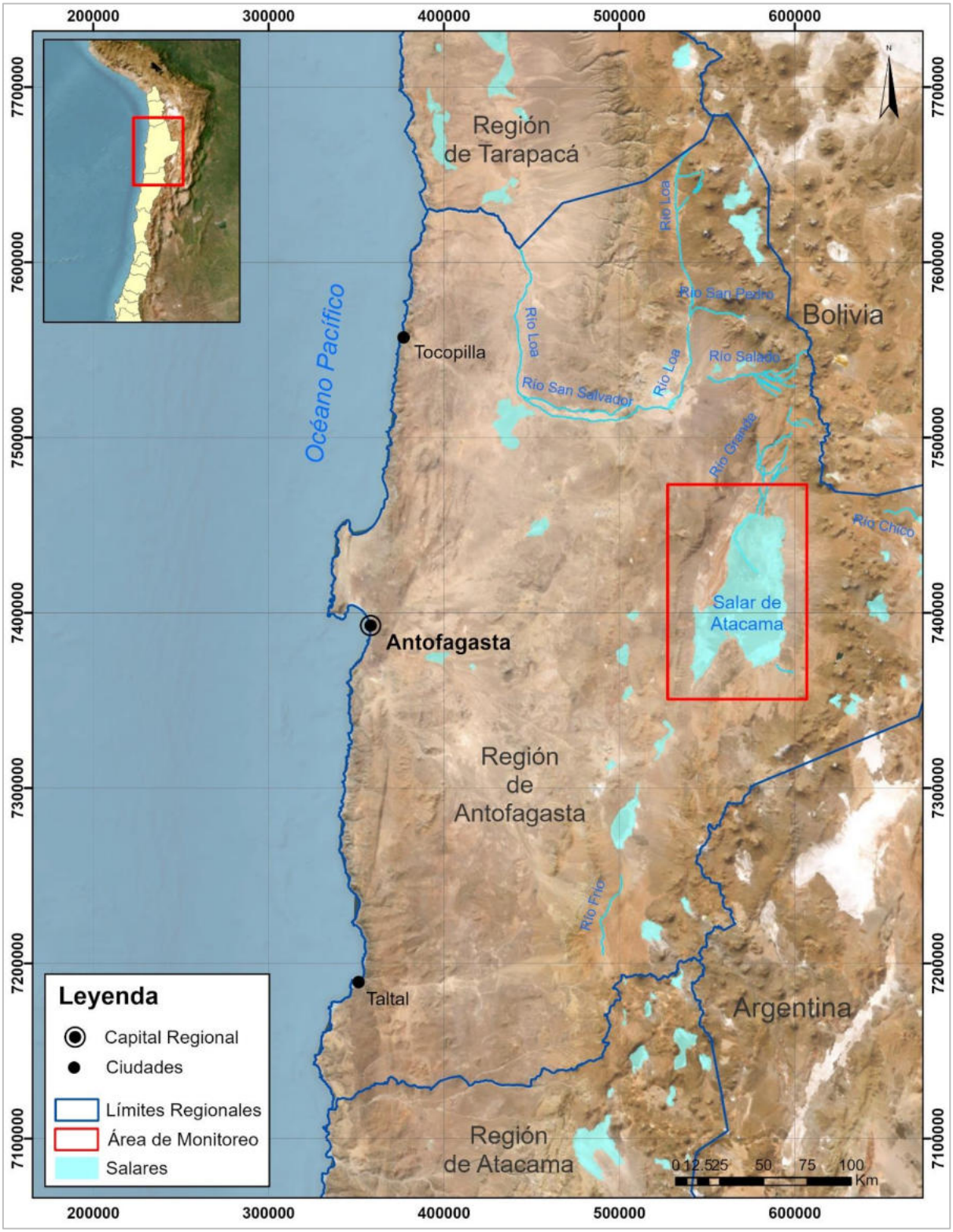
4.1 Área de estudio

El área de estudio se enmarca en la cuenca hidrológica del Salar de Atacama, la cual se encuentra administrativamente en la comuna de San Pedro de Atacama, en el extremo Oriente de la Región de Antofagasta y muy cercana al límite internacional con las repúblicas de Argentina y Bolivia, como se muestra en la Figura 4-1.

La cuenca del Salar de Atacama corresponde a una cuenca endorreica, en cuyo depocentro se encuentra el Salar de Atacama compuesto mayoritariamente por depósitos evaporíticos (cloruros, sulfatos y carbonatos) con intercalaciones menores de materiales detríticos (arcillas, limos, cenizas de origen volcánico, y arenas). El Salar se sitúa en una depresión topográfica con una altitud promedio de 2.300 m s.n.m., ubicada geográficamente dentro de la denominada “Gran Fosa” donde concurren aportes fluviales que desembocan en el sector Norte del Salar por los ríos San Pedro y Vilama, además de los aportes de vertientes transversales que provienen de las lluvias estivales y rodeada al oeste por la Cordillera de Domeyko y al Este por la Cordillera Prealtiplánica.

El Núcleo del Salar está compuesto principalmente por halita con un espesor que puede superar los 1.800 m, y en superficie se encuentra una costra de este material. La formación del Núcleo y de la costra se interpreta por efecto de la evaporación de salmuera desde una profundidad muy somera, inferior a 1 m. En el depósito de halita del Núcleo del Salar se encuentra presente la salmuera.

Figura 4-1 Plano de Ubicación General del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia

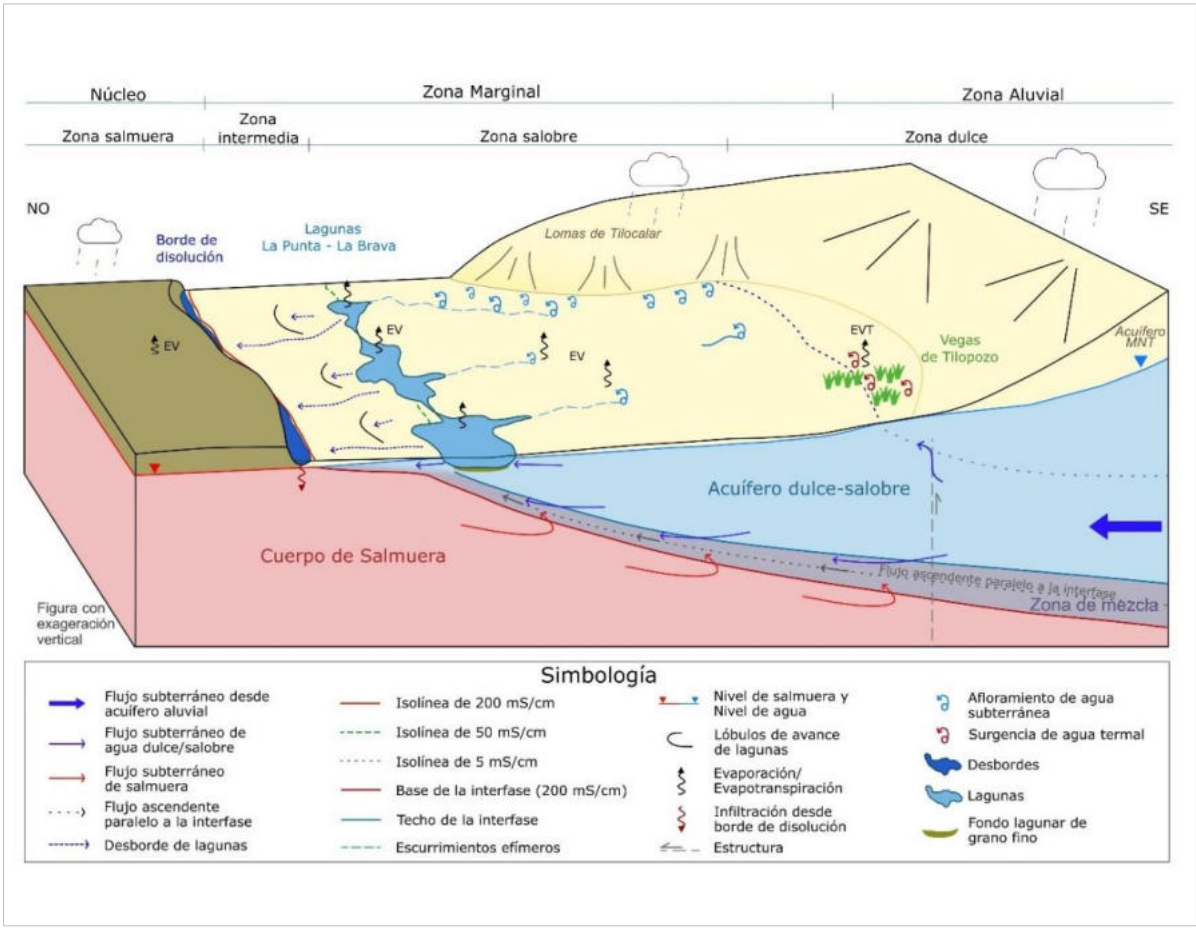
En cuanto a la contextualización conceptual, se indica que en marzo de 2025 se reportó la IV Actualización del Modelo Conceptual Hidrogeológico (carta ALB-GMA-2025-SMA-026), luego en diciembre de 2025 se realizó la entrega de un complemento (ALB-GMA-2025-SMA-114) y la modelación numérica respectiva (ALB-GMA-2025-SMA-115).

De acuerdo con lo anterior, y en consistencia con estudios anteriores (ejemplo, Rockwood Lithium-SGA, 2015b; Marazuela y otros, 2018; SQM, 2022; Albemarle-Gestionare, 2025a), se tiene que los sistemas lagunares se alimentan del agua que alcanza la Zona Marginal procedente de las precipitaciones ocurridas en la Cordillera de los Andes y que generan flujos subterráneos que escurren por las subcuencas aportantes hacia el Salar. Estas aguas, debido a los procesos de evaporación y/o de disolución de sales que ocurren en la misma Zona Marginal, se convierten en aguas salobres que alimentan a las lagunas. En algunos casos reciben también aportes por escorrentía superficial y estos sistemas lagunares se van canalizando, como es el caso del sistema Soncor y Peine. En el caso del sistema lagunar La Punta La Brava, también existen escurrimientos superficiales y subsuperficiales que alimentan el sistema lagunar desde el noreste y desde el sur.

En esta cuenca endorreica, existe una interfase salina, que corresponde a la zona de mezcla entre la salmuera del núcleo y las aguas salobres de la Zona Marginal, de cierto espesor, que se genera entre estos dos fluidos con distinta salinidad, que son el agua dulce o salobre y la salmuera. A pesar de que ambos fluidos son miscibles, el fluido menos denso se sitúa sobre el de mayor densidad, sin llegar a mezclarse completamente a causa del movimiento (dirección y potencia del flujo) del agua dulce, generándose una interfase de densidades que se establece con cierta inclinación sobre la salmuera. Es decir, en profundidad no corresponde a un solo plano si no a un volumen tridimensional de mezcla entre diferentes densidades. Su vista en planta, en su interacción con la superficie del terreno, puede dibujarse como una franja donde la conductividad del agua transita desde un agua salobre (de alrededor de 50 mS/cm) hasta la salmuera (de 200 mS/cm), en la denominada Zona Intermedia.

Debido a la presencia de la interfase salina debajo de la Zona Marginal, que se forma entre la salmuera del Núcleo y las aguas salobres del acuífero, la sección de paso del acuífero de agua dulce/salobre es cada vez menor, por lo que sus aguas se ven forzadas a ascender contribuyendo al afloramiento de aguas cerca de la isolínea de conductividad de 50 mS/cm y al aporte de flujo subterráneo a las lagunas. Los afloramientos que dan origen a las lagunas se dan principalmente desde su contorno sureste [referido a La Punta-La Brava] y probablemente desde el fondo de las mismas evidenciando el traspaso de flujo (Figura 4-2).

Figura 4-2 Esquema Conceptual Actual sistema lagunar La Punta La Brava



Fuente: IV Actualización del Modelo (Albemarle – Gestionare, 2025a)

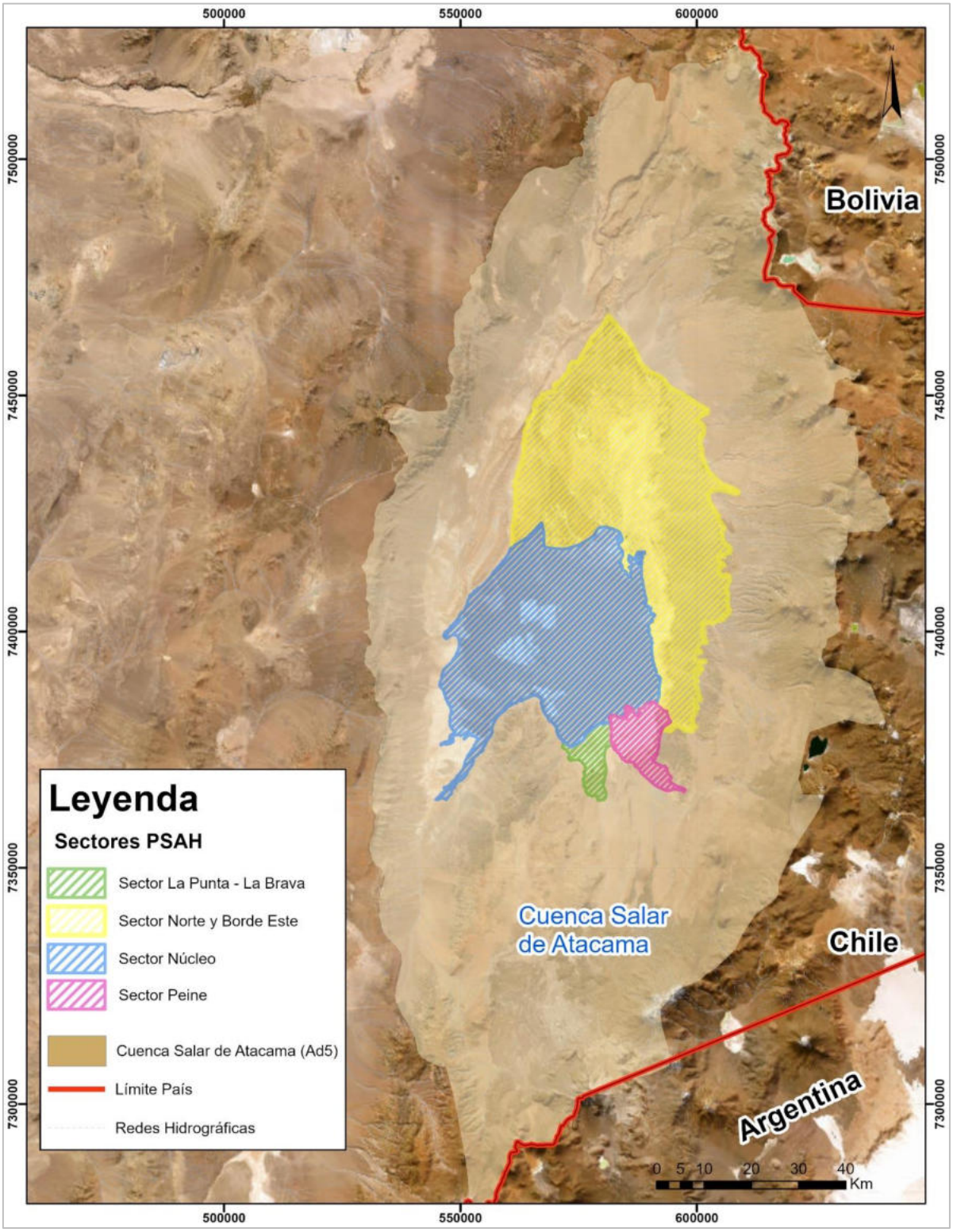
Finalmente, es relevante destacar que, en la Zona Marginal Intermedia, aguas abajo de las lagunas, existen flujos subsuperficiales de agua salobre por sobre la salmuera, que se observan durante todo el año. Lo anterior, se corrobora con los monitoreos periódicos de los puntos de monitoreo en la Zona Intermedia aguas abajo de La Punta-La Brava (p.e. PN-16B), los cuales indican que actualmente existe de manera permanente una lámina de agua salobre en la parte superior de la columna y bajo ella, la salmuera.

Los monitoreos que se realizan en el marco de este PSAH se circunscriben al Núcleo y a la Zona Marginal del Salar de Atacama, áreas que se presentan en la Figura 4-3. Dichas áreas son divididas para el análisis del PSAH en los siguientes sectores:

- Sector La Punta – La Brava – asociado con los sistemas lagunares ubicados en el sector de las lagunas La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo en la zona sur de la cuenca.
- Sector Peine – asociado con el sistema lagunar de Peine, que incluye las lagunas Salada-Saladita e Interna, ubicadas en el límite SE del salar.

- Sector Norte y Borde Este – zona amplia de descarga desde las quebradas del este y norte, asociado con los sistemas lagunares Soncor y Aguas de Quelana, ubicados en el sector NE del salar.
- Sector Núcleo – área del salar que corresponde al depósito de materiales evaporíticos (costra de limos salines, costras de cloruro yesífera, yesífera, transición de cloruros y núcleo de cloruros).

Figura 4-3 Definición de Sectores y subcuencas del Salar y Sectores Asociados con el PSAH



Fuente: Elaboración propia

4.2 Variables Ambientales, Parámetros y Ubicación de los Puntos de Medición y Muestreo

El Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico monitorea periódicamente 9 variables ambientales en el área de estudio a través de 175[10] puntos de monitoreo u observación que se detallan en la Tabla 4-1, indicando los parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución, así como la frecuencia de monitoreo comprometida.

Tabla 4-1 Resumen Variables Ambientales y Parámetros

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Parámetros	N° de puntos medidos	Frecuencia de Medición
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas	Precipitación diaria en [mm](9)	12	Diaria (Continuo)
		Temperatura atmosférica en [ºC]	1	
		Evaporación en lámina libre en [mm]		
		Presión atmosférica en [mbar]		
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas	Superficie en [m^2] de sistemas lagunares	4(1)	Semestral
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Nivel del espejo de agua [m b.p.r.](2) Cota del espejo de agua [m s.n.m](3)	20(4)	Mensual
	Aforo de Caudales superficiales	Caudal en [l/s]	6	Trimestral
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	Flujo de evaporación en [mm/día]	22	Trimestral
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre(10)	Profundidad del agua subterránea bajo el punto de referencia [m b.p.r.] Profundidad del agua subterránea bajo el nivel de terreno [m b.n.t.] Cota del agua subterránea [m s.n.m.]	125(5)	Mensual
	Posición de la Interfase Salina	Conductividad Eléctrica [µS/cm] v/s Profundidad [m]	13(6)	Trimestral
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Caudal de salmuera en [l/s]	83(7)	Mensual
		Caudal de agua industrial en [l/s]	2 y pozo Peine	Mensual
FISICO Calidad del Agua	Composición química del agua en agua superficial y subterránea	Parámetros Físicos *in situ*: pH, C.E., Tº, TDS y Oxígeno Disuelto.	40(8)	Trimestral
		Parámetros fisicoquímicos laboratorio: pH, C.E., TDS y Densidad.		
		Elementos mayoritarios disueltos: Cl^-, $SO_4^=$, HCO_3^-, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+.		
		Elementos mayoritarios totales: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+.		
		Elementos minoritarios y trazas disueltos: B, Li, Sr.		

[10] No incluye puntos de caudales bombeados, piezómetros (PLS) ni pluviómetros (PLLS) instalados junto a lisímetros, no obstante, esto son reportados en el informe anual.

Tabla 4-1 Resumen Variables Ambientales y Parámetros

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Parámetros	N° de puntos medidos	Frecuencia de Medición
		Elementos minoritarios y trazas totales: Al, As, B, Fe, Li, Si, Sr.		

(1) El numero 4 corresponde a los 4 sistemas lagunares: La Punta y La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana
(2) Corresponde a la distancia tomada desde la punta de la reglilla hasta la superficie del agua.
(3) Corresponde a la cota del agua superficial.
(4) El limnímetro LM-15 fue reemplazo por un piezómetro (el BA-31) el año 2018 porque en la ubicación original del limnímetro no había agua superficial. Además, existen 4 estacas adicionales al Plan de Seguimiento presentado en la RCA en la Laguna Interna. La exigencia de la instalación de estas estacas fue establecida antes de la RCA N°21/2016 a través de la R.E. N°165/2003 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, II Región de Antofagasta. Albemarle reporta esta información dentro del Plan de Seguimiento.
(5) Son 125 porque BA-31 se considera dentro de la red de piezómetros y MP-08C se encuentra sellado desde el año 2016.
(6) Originalmente eran 14, sin embargo, el pozo MP-08C se encuentra sellado desde el año 2016.
(7) Corresponde a la cantidad total de pozos que se han bombeado durante 2025.
(8) Se presenta también la composición química de los pozos: Peine, Tucúcaro y de la vertiente Tilopozo.
(9) Para este año 2025 se incorporan los datos de los pluviómetros de los puntos PLLS-01 al PLLS-11. Estos pluviómetros tienen la misma ubicación que los lisímetros (LS) listados en la Tabla 4-3.
(10) Para este año 2025 se incorporan los datos de los piezómetros de los puntos PLS-01 al PLS-11 listados en la Tabla 4-4.

Fuente: Elaboración propia

Esta red de monitoreo se implementó, de acuerdo con lo comprometido, durante los 2 primeros años de aprobado el proyecto de la RCA N°21/2016. Al respecto, en julio de 2019 se hizo entrega del Informe “Finalización de Implementación de la Red de Monitoreo PSA, según RCA N°21/2016”, mientras que en agosto 2020 se envió el informe respecto al levantamiento topográfico de toda la red de monitoreo.

Para facilitar la visualización de los datos y para permitir el análisis por zona, las variables niveles freáticos, niveles limnimétricos de lagunas, posición de la Interfase Salina, aforo de caudales superficiales y calidades químicas de aguas superficiales y subterráneas, se presentan agrupadas en los siguientes 4 sectores de la cuenca, mostrados en la Figura 4-3, determinados según sus comportamiento y características hidrológicas e hidrogeológicas:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este
- Sector Núcleo

En el caso de las variables meteorológicas, evapotranspiración y superficie lagunar, el análisis de la información se realiza a nivel de cuenca. En cuanto a los bombeos de salmuera (presentados en volúmenes extraídos y caudales medios), éstos son analizados por área de bombeo que consiste en las áreas de extracción de salmuera de Albemarle A1 y A2 (Figura 4-11).

4.2.1 Red de Monitoreo Variables Meteorológicas

La medición de las variables meteorológicas se realiza actualmente en la estación denominada "EM-Rockwood", la cual está ubicada en las instalaciones que tiene ALB en el Núcleo del salar. Esta estación comenzó su funcionamiento el 28 de abril de 2016, reemplazando a la antigua estación denominada EM-SCL (también denominada "Planta SCL" en la Adenda 5), sustentado en la necesidad de incluir la medición de la variable de presión atmosférica comprometida en la RCA Nº21/2016 e incorporar mejoras tecnológicas en la estación meteorológica.

En la Tabla 4-2 y en la Figura 4-4 se indica la ubicación de las estaciones meteorológicas instaladas en la cuenca, las que son de propiedad de la DGA y de terceros, cuya información se integra al PSAH a medida que se encuentra disponible, tal como fue indicado en el Anexo 3 de la Adenda 5.

Tabla 4-2 Detalle de las Estaciones Meteorológicas

Nombre	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Referencia [m s.n.m.]	Propietario	Vigencia
	Este (m)	Norte (m)			
EM-SCL	569.244	7.384.662	2.300	ALBEMARLE	No Vigente
EM-Rockwood	568.772	7.385.236	2.300	ALBEMARLE	Vigente
Camar	605.746	7.410.665	2.700	DGA	Vigente(3)
El Tatio	601.377	7.525.377	4.370	DGA	Vigente(3)
Peine	595.837	7.380.038	2.460	DGA	Suspendida(4)
Río Grande	585.501	7.494.353	3.250	DGA	Vigente(3)
San Pedro de Atacama	581.811	7.466.358	2.450	DGA	Vigente(3)
Socaire	612.802	7.390.681	3.251	DGA	Vigente(5)
Talabre	613.518	7.421.064	3.300	DGA	Vigente(3)
Toconao Experimental	602.573	7.435.183	2.500	DGA	Suspendida(6)
EM-Chaxa (1)	583.508	7.424.264	2.304	SQM	Vigente
EM-Salar	561.348	7.396.266	2.300	SQM	No Vigente
EM-KCL (2)	561.376	7.396.241	2.300	SQM	Vigente
EM-Tilopozo	578.068	7.368.320	2.313	MEL	Vigente(7)

Nota: para el análisis se usan datos meteorológicos rellenados. Ver detalle en Anexo A.

(1) Actualización 2025 tomado de SQM en línea https://www.sqmsenlinea.com/meteorology/231. Consulta 29-01-2026.

(2) EM-KCL reemplazó EM-Salar en el año 2015. Actualización 2025 tomado de SQM en línea https://www.sqmsenlinea.com/meteorology/232. Consulta 29-01-2026.

(3) Datos actualizados solicitados por ley de transparencia, en primera instancia actualizados con los datos recibidos el 22-10-2025 y carta asociada N°AM006T0027254, posteriormente actualizada con los datos recibidos el 09-01-2026, y carta asociada N°AM006T0028645. Ambas cartas se encuentran en el Anexo M.

(4) Estación meteorológica Peine cuenta con datos hasta abril del 2020, según lo reportado en carta "Respuesta Solicitud Transparencia - AM006W0067963" de fecha 30 de agosto 2021, que se encuentra en Anexo M, y aparece como estación suspendida en sitio de DGA https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes, consultado el 30-01-2026.

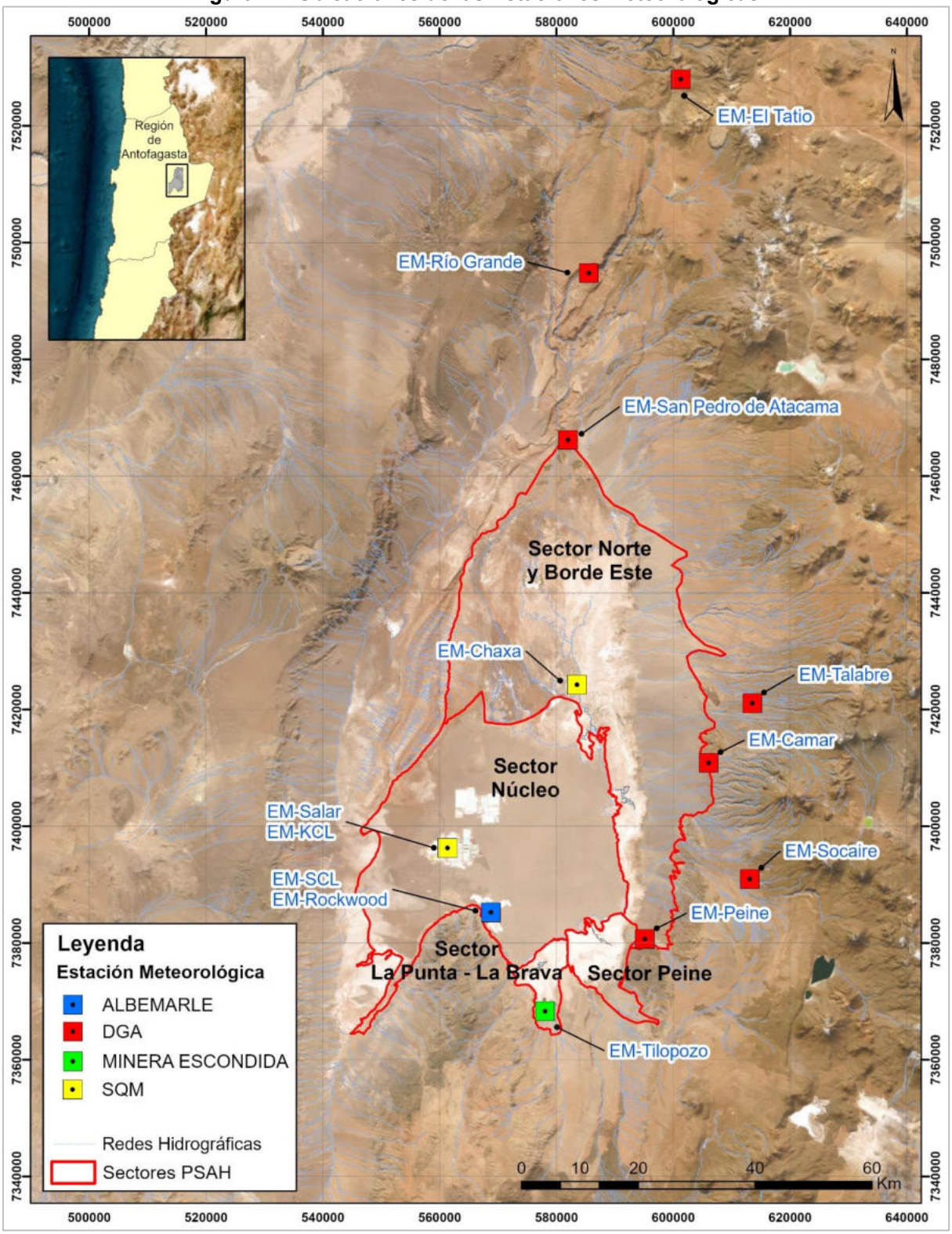
(5) Estación meteorológica Socaire sin datos desde 2017, según lo enviado por ley de transparencia, recibidos el 24-02-2023, y que se respalda en la carta N°AM006T0009653 se encuentra en el Anexo M. Sin embargo, en 2025 se reportaron datos según información recibida el 09-01-2026 y carta asociada N°AM006T0028645.

(6) Se encuentra suspendida, según lo publicado en el sitio de DGA https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes. Consulta realizada 30-01-2026.

(7) Estación meteorológica sin datos actualizados desde el año 2023. Últimos datos conocidos tomados del Informe: “Reporte Anual Monitoreo Ambiental Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado, julio 2021”. No se cuenta con información oficial que indique que la estación ha sido suspendida o se encuentre no vigente.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-4 Ubicaciones de las Estaciones Meteorológicas



Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Red de Monitoreo de Evapotranspiración

Con el propósito de dar cumplimiento a lo establecido en la RCA N°21/2016 y dar continuidad a las mediciones de evapotranspiración, Albemarle ha continuado durante todo el PSAH (2016-2025) con las campañas trimestrales de medición con domos, que entregan información puntual de la evapotranspiración. En la Tabla 4-3 se presenta la información de los puntos de medición actuales (domos) incluyendo su ubicación, concordancia con los puntos de lisímetros, sector al cual se asocia la medición y la nomenclatura utilizada. En la Figura 4-5 se muestra la ubicación de los domos y lisímetros.

Por otra parte, Albemarle se encuentra actualmente trabajando con la autoridad para realizar el ajuste metodológico de los lisímetros, que tienen como objetivo medir de forma continua las tasas de evaporación del salar con un total de 11 lisímetros. Durante el año 2025, contemplado en el reporte de este informe anual, se recibió por parte de la SMA, el ORD N°437, donde se remite el pronunciamiento técnico sobre modificación de seguimiento ambiental, e indica: *"la propuesta no alteraría el objeto fijado en la evaluación ambiental, ni tampoco constituiría una desviación del seguimiento ambiental establecido en la RCA del proyecto".* Además, recomienda determinar la porosidad efectiva que interviene en el cálculo de la evaporación a partir de los lisímetros de carga variable con la mayor certidumbre posible.

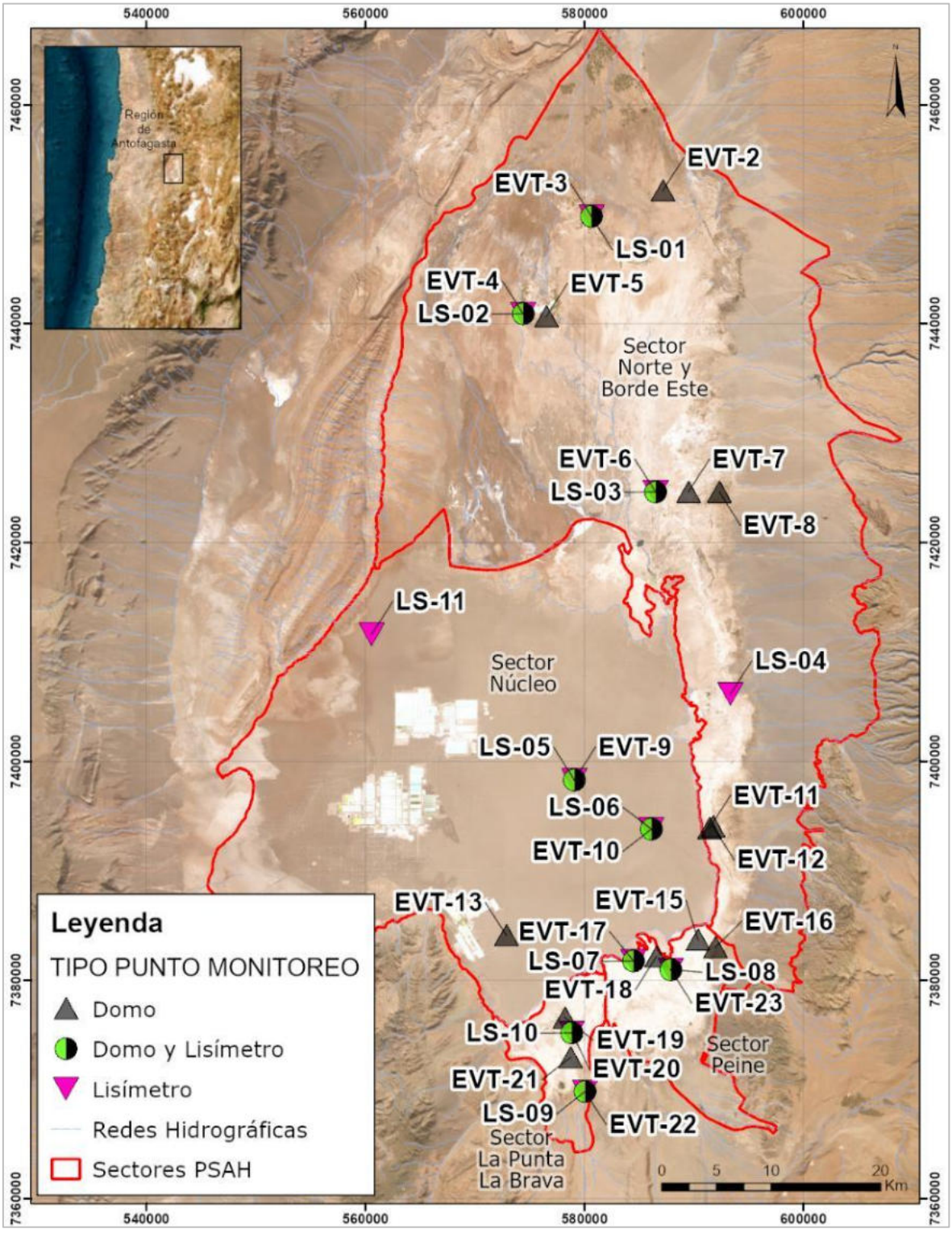
De acuerdo con lo anterior, Albemarle continúa trabajando en el desarrollo de abordar lo indicado por la autoridad (Ver Anexo B-2).

Tabla 4-3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración

Punto de Monitoreo (Domo)	Red de Monitoreo Lisímetros	Sector	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S) Adenda 5		Cota referencia	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S) Topografía 2019(1)		Elevación de Terreno 2019(1)
			Este (m)	Norte (m)	[m s.n.m.]	Este (m)	Norte (m)	[m s.n.m.]
EVT-1	-	Norte y Borde Este	584.844	7.452.662	2.354,00	-	-	-
EVT-2	-	Norte y Borde Este	587.174	7.452.186	2.353,00	-	-	-
EVT-3	LS-01	Norte y Borde Este	580.655	7.449.818	2.340,00	581.143	7.449.668	2.338,49
EVT-4	LS-02	Norte y Borde Este	574.421	7.440.912	2.319,00	574.421	7.440.916	2.316,74
EVT-5	-	Norte y Borde Este	576.531	7.440.666	2.315,00	-	-	-
EVT-6	LS-03	Norte y Borde Este	586.521	7.424.624	2.305,00	586.517	7.424.794	2.301,51
EVT-7	-	Norte y Borde Este	589.51	7.424.633	2.310,00	-	-	-
EVT-8	-	Norte y Borde Este	592.323	7.424.633	2.323,00	-	-	-
EVT-9	LS-05	Núcleo	579.095	7.398.299	2.300,00	579.083	7.398.294	2.299,54
EVT-10	LS-06	Núcleo	586.123	7.393.805	2.300,00	586.15	7.393.501	2.299,61
EVT-11	-	Norte y Borde Este	591.423	7.393.882	2.303,00	-	-	-
EVT-12	-	Norte y Borde Este	591.748	7.394.054	2.305,00	-	-	-
EVT-13	-	Núcleo	572.869	7.384.102	2.300,00	-	-	-
EVT-15	-	Peine	590.373	7.383.699	2.300,36	-	-	-
EVT-16	-	Peine	591.963	7.383.004	2.303,04	-	-	-
EVT-17	LS-07	Peine	584.498	7.381.744	2.302,00	584.527	7.381.720	2.299,58
EVT-18	-	Peine	586.59	7.382.164	2.300,00	-	-	-
EVT-19	-	La Punta-La Brava	578.228	7.376.559	2.301,00	-	-	-
EVT-20	LS-10	La Punta-La Brava	578.855	7.375.174	2.304,00	578.865	7.375.172	2.301,67
EVT-21	-	La Punta-La Brava	578.733	7.372.927	2.306,00	-	-	-
EVT-22	LS-09	La Punta-La Brava	580.073	7.369.821	2.310,30	580.073	7.369.814	2.306,36
EVT-23	LS-08	Peine	587.897	7.380.946	2.304,00	588.052	7.381.640	2.300,21
LS-04 (2)		Norte y Borde Este	593.358	7.406.165	2.300,19	593.361	7.406.152	2.300,68
LS-11 (2)		Núcleo	560.582	7.411.613	2.300,15	560.582	7.411.615	2.299,67

(1) En el año 2020, se entregó a la autoridad (Cod 99311) el cumplimiento del Considerando 10.3 de la RCA N°21/2016, asociado a la nivelación de precisión, estas coordenadas responden a ese levantamiento topográfico.
(2) Los puntos LS-04 y LS-11 corresponden a lisímetros sin domo asociado.
Nota: Cota Referencia y coordenadas UTM, corresponden a las presentadas en la Adenda 5.
Fuente: Elaboración propia

Figura 4-5 Red Monitoreo Evapotranspiración



Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar, que cada punto lisímetro cuenta con un piezómetro asociado, en el cual se registra la data de nivel freático. En la siguiente Tabla 4-4 se presentan las coordenadas topográficas de los piezómetros, junto con su cota de referencia presentadas a la autoridad en el año 2020.

Tabla 4-4 Red de piezómetros instalada en lisímetros

Punto de monitoreo	Sector	Coordenadas UTM (*Datum* WGS 84/Huso 19S)		Cota referencia [m s.n.m.]
		Este (m)	Norte (m)	
PLS-01	Norte y Borde Este	581.143,690	7.449.666,315	2.338,881
PLS-02	Norte y Borde Este	574.419,842	7.440.914,204	2.317,142
PLS-03	Norte y Borde Este	586.518,262	7.424.794,715	2.301,872
PLS-04	Norte y Borde Este	593.361,804	7.406.149,738	2.301,092
PLS-05	Núcleo	579.082,265	7.398.295,776	2.300,091
PLS-06	Núcleo	586.147,808	7.393.502,036	2.300,117
PLS-07	Peine	584.526,657	7.381.717,948	2.300,078
PLS-08	Peine	588.050,298	7.381.639,703	2.300,845
PLS-09	La Punta-La Brava	580.073,241	7.369.816,486	2.306,923
PLS-10	La Punta-La Brava	578.863,586	7.375.172,330	2.302,105
PLS-11	Núcleo	560.582,096	7.411.613,038	2.300,158

Nota: Cota Referencia y coordenadas UTM, corresponden a las presentadas el año 2020 mediante carta ALB-GMA-2020-SMA-012, Código: 99371

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Red de Monitoreo Superficie Lagunar

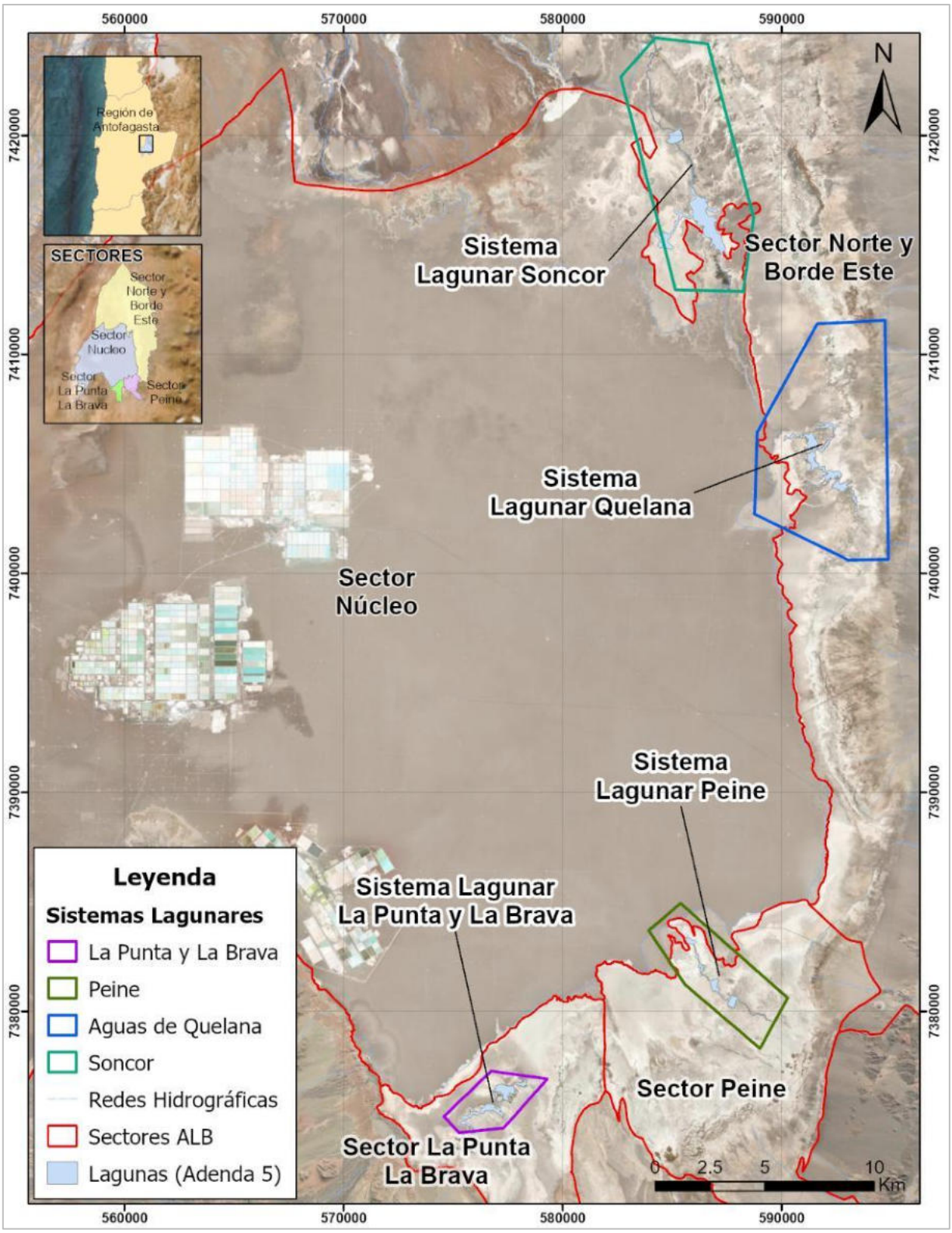
En relación con el monitoreo de superficie lagunar (superficie inundada), esta se mide a través de imágenes satelitales de: mediana resolución y de alta resolución, mediante levantamiento en terreno considerando 4 polígonos de evaluación, uno para cada sistema lagunar objeto de protección del Proyecto. Los vértices de los polígonos se indican en la Tabla 4-5 y su ubicación espacial en la Figura 4-6.

Tabla 4-5 Vértices de los polígonos usados para evaluar superficie lagunar

Sistema Lagunar	Nombre del Nodo	Coordenadas UTM (*Datum* WGS84/Huso 19S)	
		Este (m)	Norte (m)
La Punta - La Brava	Nodo 1	574.483	7.375.332
La Punta - La Brava	Nodo 2	576.811	7.377.422
La Punta - La Brava	Nodo 3	579.192	7.377.051
La Punta - La Brava	Nodo 4	577.261	7.374.855
La Punta - La Brava	Nodo 5	575.171	7.374.617
La Punta - La Brava	Nodo 6	574.483	7.375.332
Peine	Nodo 1	583.770	7.383.878
Peine	Nodo 2	585.410	7.385.068
Peine	Nodo 3	590.358	7.380.729
Peine	Nodo 4	589.035	7.378.480
Peine	Nodo 5	585.648	7.381.285
Peine	Nodo 6	585.675	7.381.311
Peine	Nodo 7	583.770	7.383.878
Soncor	Nodo 1	588.234	7.412.889
Soncor	Nodo 2	585.093	7.412.988
Soncor	Nodo 3	582.447	7.422.414
Soncor	Nodo 4	584.200	7.424.366
Soncor	Nodo 5	586.482	7.424.101
Soncor	Nodo 6	588.631	7.416.164
Soncor	Nodo 7	588.234	7.412.889
Aguas de Quelana	Nodo 1	591.549	7.411.420
Aguas de Quelana	Nodo 2	594.658	7.411.519
Aguas de Quelana	Nodo 3	594.823	7.400.770
Aguas de Quelana	Nodo 4	592.872	7.400.869
Aguas de Quelana	Nodo 5	588.738	7.402.754
Aguas de Quelana	Nodo 6	588.672	7.405.896

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-6 Red Superficie Cubierta por Lagunas



Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Red de Monitoreo de Nivel, Posición Interfase Salina, Aforos y Composición Química del agua superficial y subterránea

Las variables niveles (superficiales y piezométricos), posición de la interfase salina, aforos y composición química del agua superficial y subterránea, se abordan de manera conjunta en este numeral tal y como propone el Anexo 3 de la Adenda 5 que aprobó el Proyecto. Esto, porque en varios de los puntos de monitoreo se mide más de una variable e hidrogeológicamente se relacionan entre sí. Para facilitar el seguimiento de resultados, cada uno de los puntos se presenta asociado a los sectores que han sido indicados previamente y que corresponde al sector La Punta-La Brava, Peine, Norte y Borde Este y Núcleo.

La red de puntos de monitoreo de agua subterránea se encuentra compuesta por:

- Piezómetros: perforaciones de pequeño diámetro (2-5 pulgadas), realizada con maquinaria de perforación generalmente pesada, de profundidad variable, que sirven para medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas en un punto específico (PN-XX, ES-XX, entre otros).
- Piezómetros someros: también denominados barrenos, cuya sigla corresponde a BA-XX[11]. Son puntos de profundidad de hasta 2 m realizados por métodos manuales o con ayuda de maquinaria ligera y de pequeño diámetro (2-3 pulgadas), en el cual permite medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas en la zona de evaporación. Dentro de estos piezómetros someros también se encuentran el TIL-P03 y TUC-P06.
- Multipiezómetros: se define de esta forma al conjunto constituido por 2 o 3 piezómetros independientes, perforados y habilitados a diferentes profundidades. El nombre de cada multipiezómetro comienza con las iniciales MP, seguidas de un número correlativo y finaliza con una letra; A, B o C, cuyo significado es el siguiente:
    - MP-XXA: piezómetro somero perforado y habilitado sobre la posición de la Interfase Salina, es por tanto el menos profundo de los 3 y sirve para la medición del nivel de agua y muestrear el acuífero de agua salobre.
    - MP-XXB: piezómetro intermedio habilitado únicamente por debajo de la posición de la Interfase Salina, destinado a la toma de muestras de salmuera.
    - MP-XXC: piezómetro profundo habilitado en su totalidad, se destina a la realización de perfiles de conductividad y temperatura.
- Piezómetros profundos: piezómetros que alcanzan profundidades entre 80 m y 120 m, identificados con las siglas PP-XX, que sirven para medir en un punto específico la profundidad del nivel de las aguas subterráneas, posición de la interfase salina y composición química.

[11] Se indica que “XX” corresponde a una denominación para abreviar números correlativos que indican nombre de punto de monitoreo.

- Pozos de extracción: perforaciones de gran diámetro (menores a 30 pulgadas), realizados generalmente con maquinaria de perforación pesada, destinados a la extracción tanto de agua industrial como de salmuera.
- Zanjas: son excavaciones realizadas en el terreno mediante maquinaria tipo retroexcavadora, con profundidad en torno a los 5 metros, que permite medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas.

En cuanto a los puntos de monitoreo asociados a agua superficial, se encuentran los siguientes:

- Limnímetros o estacas: reglas limnimétricas o estacas instaladas en los puntos de medición para la obtención de la elevación de la lámina de agua o altura limnimétrica. Se identifican con la sigla LM-XX o E-XX.
- Aforos: Sección donde se realiza la medición de velocidad para la obtención del cálculo del caudal, por el método de área velocidad. Corresponden a las siglas AFP-XX, también se ejecuta este monitoreo en la Vertiente Peine y Anterepresa Tilomonte.

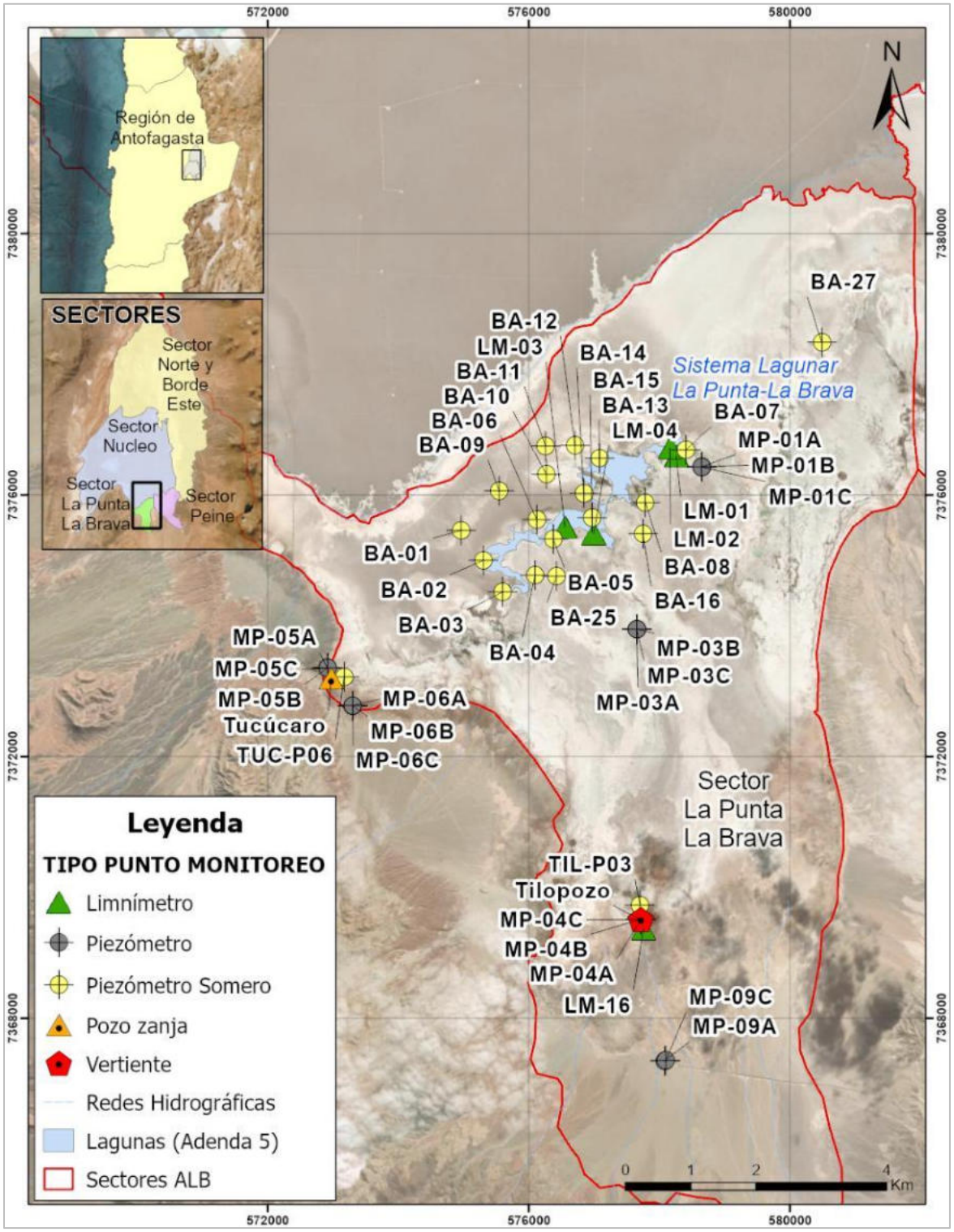
4.2.4.1 Monitoreo Sector La Punta – La Brava

El sector La Punta – La Brava abarca el área de la Zona Marginal alrededor del sistema lagunar La Punta-La Brava y el área del Borde Sur de la cuenca frente a estas lagunas.

La red de monitoreo en este sector consta de un total de 44 puntos de monitoreo de los cuales se muestran espacialmente en la Figura 4-7, haciendo la distinción en cuanto al tipo de cada punto. La Tabla 4-6 presenta los puntos de monitoreo considerados en este sector, indicando las variables medidas en cada punto.

Respecto de la nomenclatura de los puntos de monitoreo, cabe señalar que se utiliza la notación “BA” para representar barrenos o piezómetros someros, “LM” corresponde a limnímetros y “MP” a multipiezómetros. Otros puntos de monitoreos preexistentes al desarrollo de esta red de monitoreo mantienen otra nomenclatura, pero como ya se mencionó, se identifica claramente su tipología en la Figura 4-8 mediante la simbología que se indica en la leyenda.

Figura 4-7 Puntos de Monitoreo Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-6 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.) (1)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
1	BA-01	574.964	7.375.461	2.300,92	P. Somero			x		
2	BA-02	575.305	7.375.003	2.301,37	P. Somero			x		
3	BA-03	575.594	7.374.516	2.301,46	P. Somero			x		
4	BA-04	576.096	7.374.776	2.301,35	P. Somero			x		
5	BA-05	576.373	7.375.324	2.301,09	P. Somero			x		
6	BA-06	576.120	7.375.626	2.301,41	P. Somero			x		
7	BA-07	578.406	7.376.692	2.300,88	P. Somero			x		
8	BA-08	577.783	7.375.887	2.301,15	P. Somero			x		
9	BA-09	575.545	7.376.062	2.300,79	P. Somero			x		
10	BA-10	576.268	7.376.317	2.300,79	P. Somero			x		
11	BA-11	576.254	7.376.750	2.300,93	P. Somero			x		
12	BA-12	576.707	7.376.759	2.301,00	P. Somero			x		
13	BA-13	577.081	7.376.565	2.301,08	P. Somero			x		
14	BA-14	576.842	7.376.029	2.301,38	P. Somero			x		
15	BA-15	576.968	7.375.650	2.301,13	P. Somero			x		
16	BA-16	577.746	7.375.405	2.301,78	P. Somero			x		
17	BA-25	576.424	7.374.761	2.301,47	P. Somero			x		
18	BA-27	580.485	7.378.338	2.301,48	P. Somero			x		
19	LM-01	578.259	7.376.599	2.300,33	Limnímetro		x			x
20	LM-02	578.162	7.376.719	2.300,80	Limnímetro		x			x
21	LM-03	576.553	7.375.507	2.300,58	Limnímetro		x			x
22	LM-04	576.992	7.375.404	2.300,93	Limnímetro		x			x
23	LM-16	577.756	7.369.364	2.307,84	Limnímetro		x			x
24	MP-01A	578.647	7.376.429	2.301,23	Piezómetro			x		x
25	MP-01B	578.650	7.376.430	2.301,19	Piezómetro			x		x

Tabla 4-6 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.) (1)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
26	MP-01C	578.646	7.376.429	2.301,23	Piezómetro			x	x	
27	MP-03A	577.651	7.373.947	2.302,64	Piezómetro			x		x
28	MP-03B	577.653	7.373.947	2.302,63	Piezómetro			x		x
29	MP-03C	577.650	7.373.947	2.302,64	Piezómetro			x	x	
30	MP-04A	577.716	7.369.509	2.308,65	Piezómetro			x		x
31	MP-04B	577.717	7.369.513	2.308,53	Piezómetro			x		x
32	MP-04C	577.713	7.369.510	2.308,61	Piezómetro			x	x	
33	MP-05A	572.915	7.373.356	2.303,24	Piezómetro			x		x
34	MP-05B	572.913	7.373.356	2.303,24	Piezómetro			x		x
35	MP-05C	572.916	7.373.355	2.303,22	Piezómetro			x	x	
36	MP-06A	573.298	7.372.778	2.305,26	Piezómetro			x		x
37	MP-06B	573.296	7.372.777	2.305,24	Piezómetro			x		x
38	MP-06C	573.299	7.372.779	2.305,28	Piezómetro			x	x	
39	MP-09A	578.077	7.367.346	2.318,43	Piezómetro			x		x
40	MP-09C	578.099	7.367.353	2.318,26	Piezómetro			x	x	
41	TIL-P03	577.703	7.369.729	2.306,53	P. Somero			x		
42	Tilopozo	577.715	7.369.511	2.308,10	Vertiente			x		
43	TUC-P06	573.171	7.373.219	2.302,42	P. Somero			x		
44	Tucúcaro	572.970	7.373.199	2.303,13	Pozo Zanja			x		
Total Puntos de Monitoreo						**0**	**5**	**39**	**6**	**16**

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.2 Monitoreo Sector Peine

El sector Peine abarca el área de la Zona Marginal, Núcleo y Borde Sur alrededor del sistema lagunar de Peine, donde se encuentran las lagunas Salada, Saladita e Interna. La red de monitoreo en este sector consta de un total de 39 puntos de monitoreo de los cuales se muestran espacialmente en la Figura 4-8, haciendo la distinción en cuanto al tipo de cada punto.

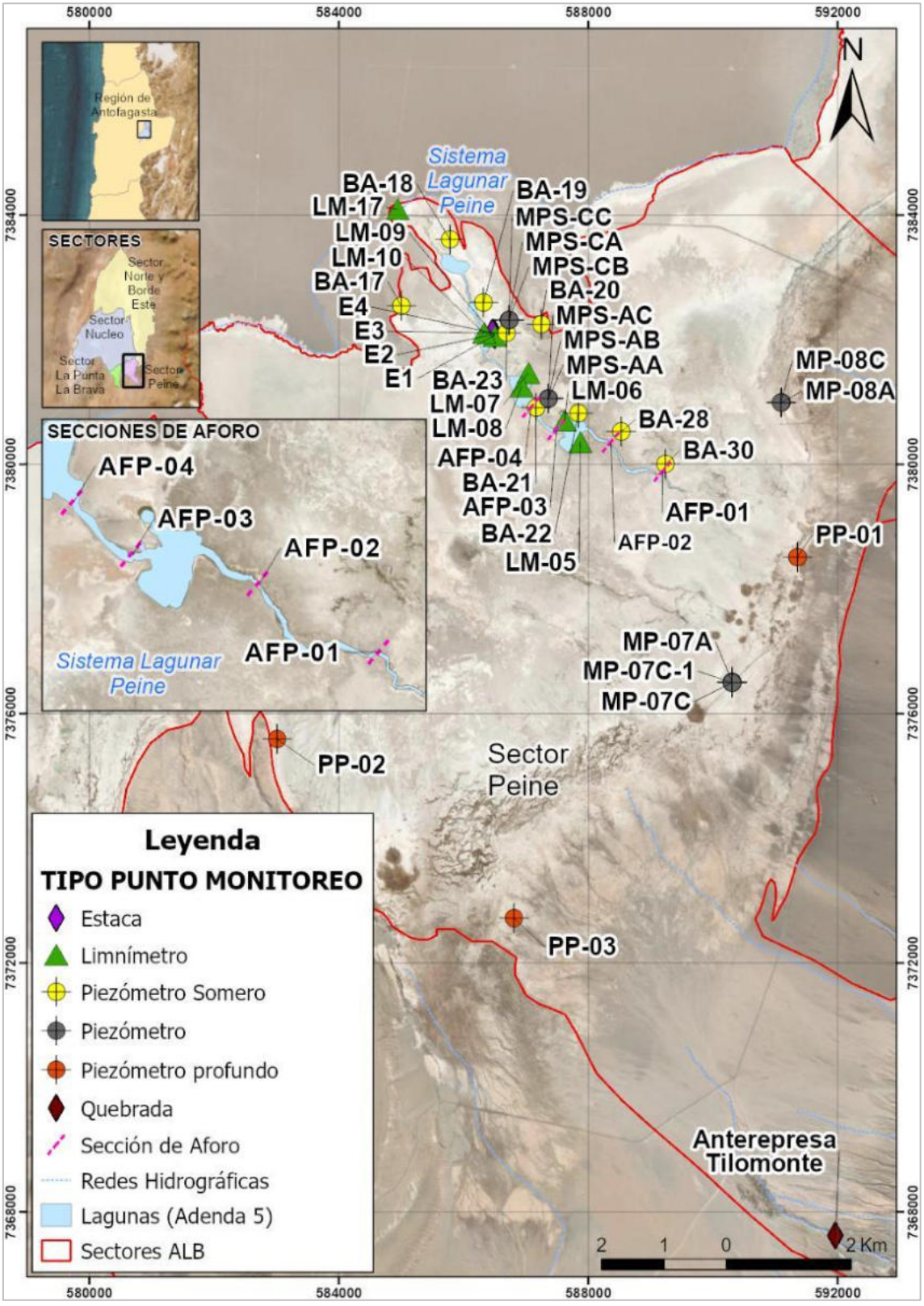
En la Tabla 4-7, se presentan todos los puntos de monitoreo considerados en este sector indicando sus coordenadas y las variables que se miden en cada uno de ellos indicando.

En particular se tiene que:

- El piezómetro MP-07C, fue informado a la SMA mediante carta MA 064/2017 que notifica la implementación de la Etapa 3, que el piezómetro MP-07C instalado en agosto del 2016 no intercepto la Interfase Salina, por lo que fue reemplazado por piezómetro MP-07C-1.
- El piezómetro MP-08C, fue sellado por presentar surgencia, lo cual fue informado a la SMA mediante carta MA 007/2016. Asimismo, mediante carta MA 036/2017 se propone construcción de pozo equivalente MP-08C-1. Posteriormente, se recibe Ord. DGA Nº823 de 24.11.2017 con observaciones solicitando proponer otro par de piezómetros para el sistema Peine y modelación hidráulica conceptual del sistema, incorporando el acuífero confinado, a lo cual se dio respuesta mediante carta MA 033/2018 con fecha 14.03.2018, no habiéndose recibido comentarios a la fecha. No obstante, en cuanto a la incorporación del acuífero confinado en el modelo hidrogeológico, para la Cuarta Actualización (Albemarle-Gestionare, 2025b), se ha incorporado nueva información litológica, la cual fue analizada e implementada en un modelo Leapfrog, el cual permitió representar en 3D las distintas capas y unidades litológicas atravesadas durante las perforaciones; y que con la data de parámetros hidráulicos y características observadas se pudo estimar su potencial hidrogeológico y caracterización de las mismas. Con esta nueva información incorporada y analizada se indica que en la Zona marginal de La Punta La Brava, en el sector de Tilopozo, una de las características del acuífero superior (en las UH-1 y UH-5) sería una estratificación tipo multicapa en esta zona marginal con cierto grado de semi confinamiento.

Respecto de la nomenclatura, cabe señalar que se utiliza la notación “AFP” para representar aforos, “PP” corresponde a piezómetros profundos, “MPS” corresponde a multipiezómetros, “BA” corresponde a piezómetros someros, “LM” corresponde a limnímetros y “E” a estacas. Otros puntos de monitoreos preexistentes al desarrollo de esta red de monitoreo mantienen otra nomenclatura, pero se identifica claramente su tipología en la Figura 4-8 mediante la simbología que se indica en la leyenda.

Figura 4-8 Puntos de Monitoreo Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM[1] (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar[1] (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
1	AFP-01	589.192	7.379.865	2.301,02	Superficial	x				
2	AFP-02	588.361	7.380.335	2.300,22	Superficial	x				
3	AFP-03	587.490	7.380.535	2.300,05	Superficial	x				
4	AFP-04	587.084	7.380.894	2.299,90	Superficial	x				
5	Anterepresa Tilomonte	591.959	7.367.623	2.425,10	Superficial	x				x
6	BA-17	584.997	7.382.542	2.300,95	P. Somero			x		
7	BA-18	585.778	7.383.610	2.300,30	P. Somero			x		
8	BA-19	586.321	7.382.592	2.300,50	P. Somero			x		
9	BA-20	587.247	7.382.250	2.300,54	P. Somero			x		
10	BA-21	587.159	7.380.905	2.301,39	P. Somero			x		
11	BA-22	587.837	7.380.817	2.301,12	P. Somero			x		
12	BA-23	586.684	7.382.108	2.300,51	P. Somero			x		
13	BA-28	588.525	7.380.523	2.301,31	P. Somero			x		
14	BA-30	589.239	7.380.003	2.302,28	P. Somero			x		
15	LM-05	587.871	7.380.354	2.300,58	Limnímetro		x			x
16	LM-06	587.618	7.380.701	2.300,78	Limnímetro		x			x
17	LM-07	587.038	7.381.462	2.300,45	Limnímetro		x			x
18	LM-08	586.928	7.381.249	2.300,54	Limnímetro		x			x
19	LM-09	586.497	7.382.059	2.299,73	Limnímetro		x			x
20	LM-10	586.329	7.382.108	2.299,69	Limnímetro		x			x
21	LM-17	584.939	7.384.094	2.299,61	Limnímetro		x			x
22	MP-07A	590.305	7.376.507	2.306,63	Piezómetro			x		x
23	MP-07C[2]	590.300	7.376.499	2.306,63	Piezómetro			x	x	

Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
	MP-07C-1	590.302	7.376.494	2.306,68	Piezómetro					
24	MP-08A	591.099	7.380.993	2.303,90	Piezómetro			x		x
25	MP-08C(3)	591.088	7.380.990	2.303,48	Piezómetro			x	x	
26	MPS-AA	587.361	7.381.053	2.300,25	Piezómetro			x		x
27	MPS-AB	587.360	7.381.056	2.300,19	Piezómetro			x		x
28	MPS-AC	587.361	7.381.052	2.300,27	Piezómetro			x	x	
29	MPS-CA	586.725	7.382.313	2.299,60	Piezómetro			x		
30	MPS-CB	586.723	7.382.312	2.299,66	Piezómetro			x		x
31	MPS-CC	586.726	7.382.313	2.299,62	Piezómetro			x	x	
33	PP-01	591.348	7.378.507	2.305,56	P. Profundo			x	x	x
34	PP-02	583.007	7.375.594	2.303,98	P. Profundo			x	x	x
35	PP-03	586.803	7.372.719	2.309,09	P. Profundo			x	x	x
36	E1	586.496	7.382.071	2.299,47	Estaca		x			
37	E2	586.495	7.382.088	2.299,45	Estaca		x			
38	E3	586.476	7.382.107	2.299,37	Estaca		x			
39	E4	586.459	7.382.110	2.299,50	Estaca		x			
					Total	**5**	**11**	**22**	**6**	**16**

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.3 Monitoreo Sector Norte y Borde Este

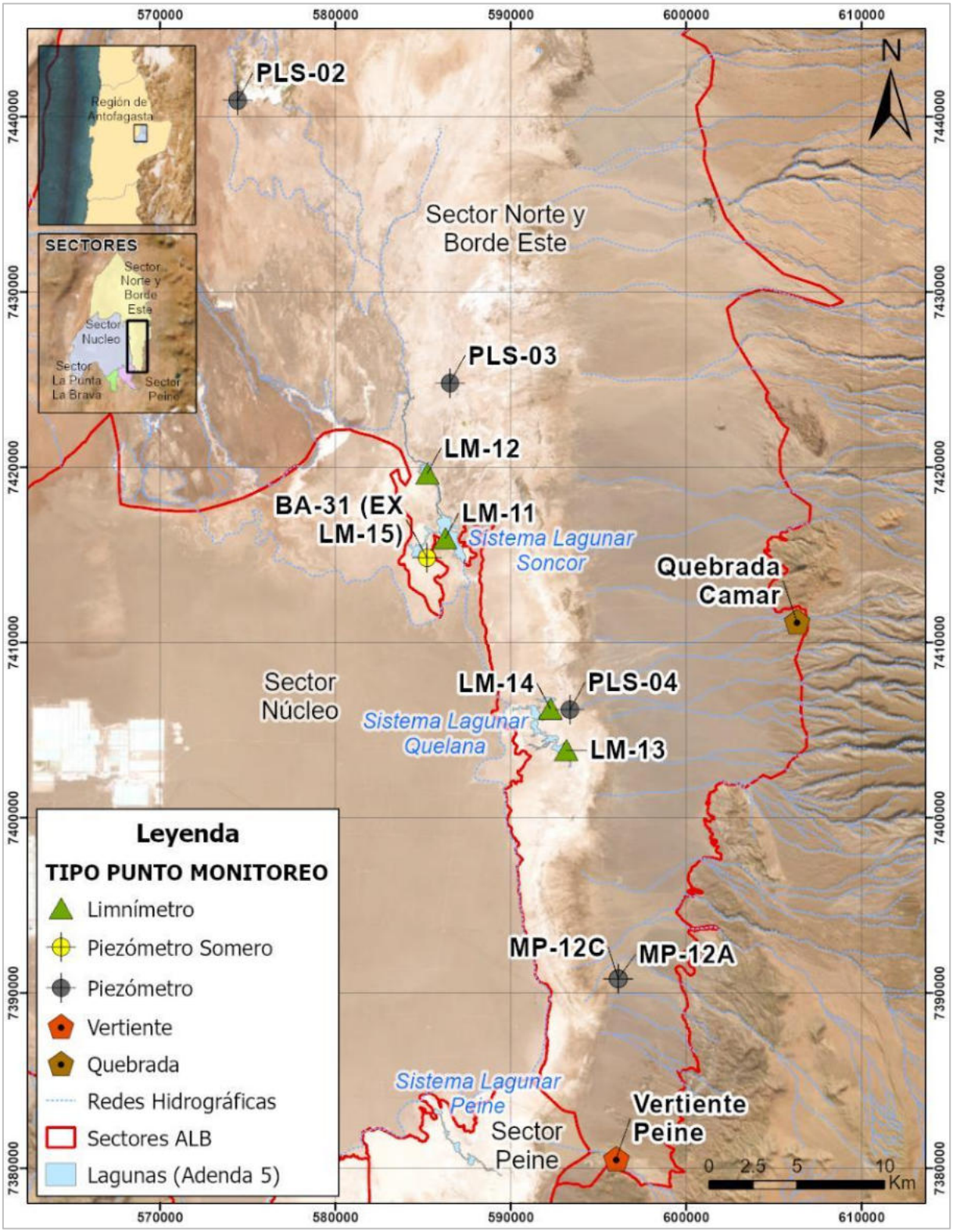
El sector Norte y Borde Este, abarca el área de la Zona Marginal, parte del Núcleo y Borde Este de la cuenca alrededor de los sistemas lagunares Soncor y Aguas de Quelana, que son áreas protegidas por formar parte de la Reserva Nacional Los Flamencos y están incluidas en la convención Ramsar (Humedales de importancia internacional).

La red de monitoreo de este sector considera un total de 9 puntos de monitoreo, los cuales se muestran espacialmente en la Figura 4-9, haciendo la distinción en cuanto al tipo de punto en cada uno de ellos.

En la Tabla 4-8 se presentan todos los puntos de monitoreo considerados en este sector, indicando sus coordenadas y las variables que se miden en cada uno de ellos.

Se hace importante señalar que con anterioridad existió en la nomenclatura el limnímetro LM-15, que fue reemplazado por un piezómetro (el BA-31) el año 2018 porque en la ubicación original del limnímetro no había agua superficial. En los mismos puntos también se toman muestras de agua para su caracterización fisicoquímica.

Figura 4-9 Puntos de Monitoreo Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-8 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Norte y Borde Este

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM[1] (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar[1] (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
1	LM-11	586.259	7.415.937	2.299,87	Limnímetro		x			x
2	LM-12	585.236	7.419.626	2.299,73	Limnímetro		x			x
3	LM-13	593.159	7.403.846	2.300,38	Limnímetro		x			x
4	LM-14	592.251	7.406.216	2.300,50	Limnímetro		x			x
5	BA-31 [2]	585.222	7.414.817	2.298,80	P. Somero			x		x
6	MP-12A	596.113	7.390.802	2.316,23	Piezómetro			x		x
7	MP-12C	596.123	7.390.799	2.316,62	Piezómetro			x	x	
8	Quebrada Camar	606.314	7.411.194	2.729,00	Superficial					x
9	Vertiente Peine	596.008	7.380.544	2.445,48	Superficial	x				x
					Total	**1**	**4**	**3**	**1**	**8**

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.4 Monitoreo Sector Núcleo

El sector Núcleo constituye el Núcleo del salar desde donde se extrae la salmuera.

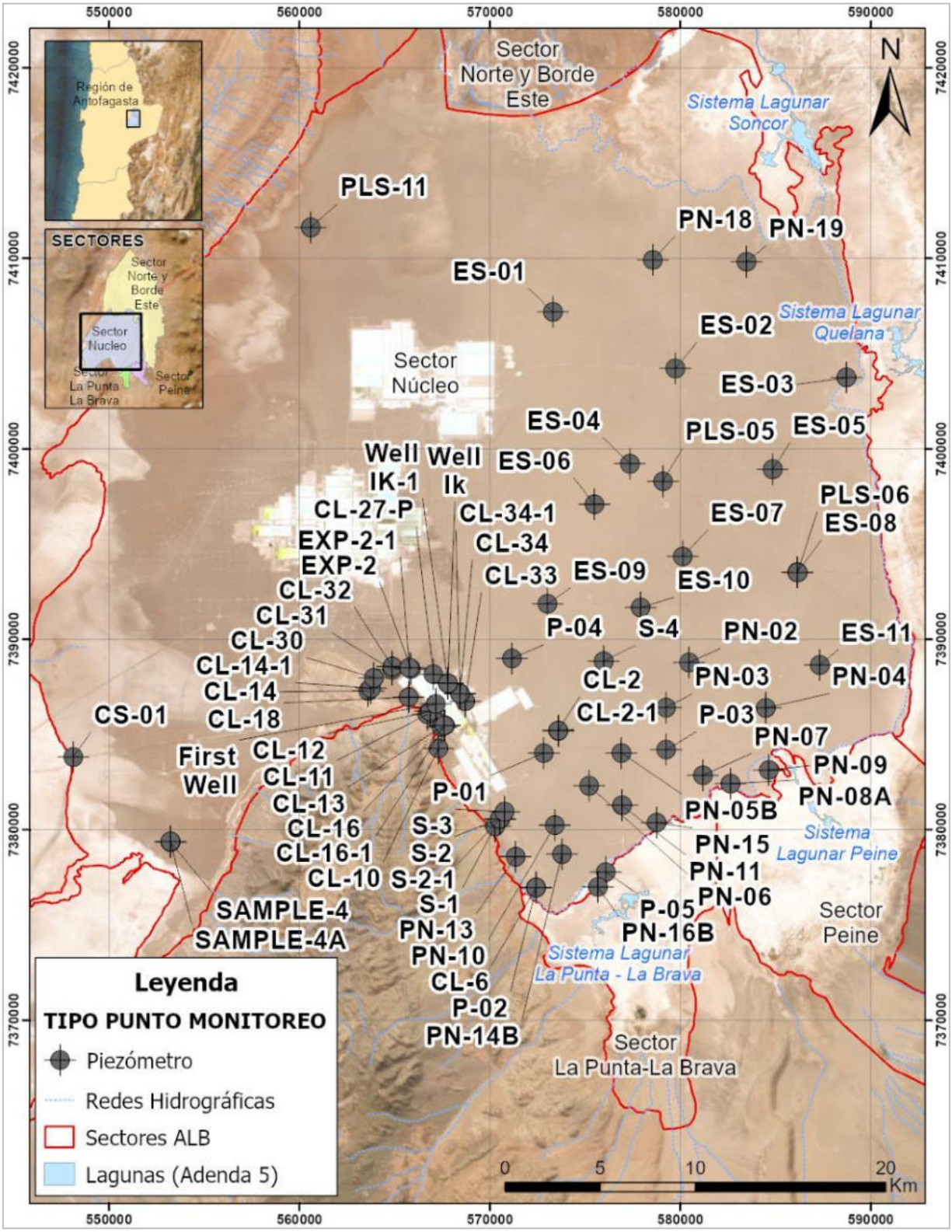
La red de monitoreo de este sector considera un total de 61 puntos para la medición mensual solamente de niveles piezométricos. En la Figura 4-10 se muestra la ubicación de cada uno de ellos.

La Tabla 4-9 muestra los puntos de monitoreo considerados en este sector indicando sus coordenadas y las variables que se miden en cada uno de ellos indicando. Los primeros 19 piezómetros corresponden a puntos que ya eran monitoreados y reportados a la autoridad en cumplimiento de autorizaciones ambientales anteriores (R.E. N° 092/00 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, y R.E. N°3132/06 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente), que actualmente forman parte también de las obligaciones de la RCA Nº21/2016.

En el monitoreo del núcleo no se incluye el monitoreo de la composición química de la salmuera en los pozos de extracción. Esta no inclusión está dada por la resolución de solicitud de interpretación de la RCA Nº21/2016, resuelta mediante la R.E. Nº1472 de fecha 27 de diciembre 2017 del SEA Dirección Ejecutiva. Dicha Resolución se lista en el Anexo M de este Informe. Por lo anterior es que no se presentan resultados asociados a química de los pozos de extracción de salmuera.

Respecto de la nomenclatura, cabe señalar que se utiliza la notación “PN” para representar a los piezómetros del Núcleo y “ES”, para identificar a los puntos que forman parte de la herramienta de verificación del Efecto Sinérgico de las extracciones en el Núcleo.

Figura 4-10 Puntos de Monitoreo Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-9 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM[1] (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar[1] (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
1	CL-2	573.582	7.385.213	2.300,95	Piezómetro			x		
	CL-2-1[2]	573.591	7.385.223	2.300,49						
2	CL-6	572.422	7.376.975	2.300,12	Piezómetro			x		
3	CL-10	567.294	7.384.280	2.300,28	Piezómetro			x		
4	CL-11	566.728	7.386.065	2.300,57	Piezómetro			x		
5	CL-12	566.856	7.386.218	2.300,16	Piezómetro			x		
6	CL-13	567.451	7.385.392	2.300,66	Piezómetro			x		
7	CL-14	563.624	7.387.299	2.300,24	Piezómetro			x		
	CL-14-1[3]	563.769	7.387.448	2.300,75						
8	CL-16	567.641	7.385.485	2.300,30	Piezómetro			x		
	CL-16-1[4]	567.614	7.385.472	2.301,26						
9	CL-17	565.711	7.386.853	2.300,26	Piezómetro			x		
10	CL-18	565.732	7.386.970	2.300,23	Piezómetro			x		
11	CL-26	564.419	7.387.956	2.300,63	Piezómetro			x		
	CL-26-1[5]	564.435	7.387.975	2.300,51						
12	CL-27-P[6]	567.043	7.388.162	2.300,04	Piezómetro			x		
13	CL-28	568.539	7.384.505	2.300,88	Piezómetro			x		
14	CL-29	569.513	7.383.212	2.300,85	Piezómetro			x		
15	CL-30	563.915	7.387.985	2.300,30	Piezómetro			x		
16	CL-31	564.860	7.388.412	2.300,28	Piezómetro			x		
17	CL-32	564.868	7.388.580	2.300,18	Piezómetro			x		
18	CL-33	568.710	7.386.741	2.300,33	Piezómetro			x		
19	CL-34	568.431	7.387.167	2.300,07	Piezómetro			x		
	CL-34-1[7]	568.432	7.387.160	2.300,31						
20	CS-01	548.122	7.383.820	2.300,86	Piezómetro			x		
21	ES-01	573.316	7.407.190	2.299,93	Piezómetro			x		
22	ES-02	579.742	7.404.217	2.299,77	Piezómetro			x		
23	ES-03	588.711	7.403.738	2.299,54	Piezómetro			x		
24	ES-04	577.358	7.399.233	2.299,87	Piezómetro			x		

Tabla 4-9 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM[1] (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar[1] (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
25	ES-05	584.854	7.398.928	2.299,76	Piezómetro			x		
26	ES-06	575.483	7.397.097	2.300,00	Piezómetro			x		
27	ES-07	580.131	7.394.358	2.300,02	Piezómetro			x		
28	ES-08	586.136	7.393.521	2.299,90	Piezómetro			x		
29	ES-09	573.027	7.391.861	2.300,21	Piezómetro			x		
30	ES-10	577.911	7.391.666	2.300,02	Piezómetro			x		
31	ES-11	587.315	7.388.648	2.299,59	Piezómetro			x		
32	EXP-2	565.861	7.388.442	2.299,87	Piezómetro			x		
	EXP-2-1[8]	565.777	7.388.513	2.300,60						
33	First well	567.158	7.386.604	2.300,08	Piezómetro			x		
34	P-01	572.834	7.384.032	2.300,63	Piezómetro			x		
35	P-02	572.433	7.376.977	2.300,44	Piezómetro			x		
36	P-03	579.260	7.384.212	2.300,71	Piezómetro			x		
37	P-04	571.158	7.389.005	2.300,55	Piezómetro			x		
38	P-05	576.091	7.377.780	2.299,84	Piezómetro			x		
39	PN-02	580.458	7.388.790	2.300,09	Piezómetro			x		
40	PN-03	579.258	7.386.428	2.299,52	Piezómetro			x		
41	PN-04	584.483	7.386.395	2.300,13	Piezómetro			x		
42	PN-05B	576.901	7.384.044	2.300,81	Piezómetro			x		
43	PN-06	575.214	7.382.305	2.300,49	Piezómetro			x		
44	PN-07	581.187	7.382.874	2.300,32	Piezómetro			x		
45	PN-08A	582.633	7.382.424	2.300,72	Piezómetro			x		
46	PN-09	584.650	7.383.143	2.299,65	Piezómetro			x		
47	PN-10	573.416	7.380.256	2.300,22	Piezómetro			x		
48	PN-11	576.928	7.381.292	2.300,41	Piezómetro			x		
49	PN-13	571.361	7.378.597	2.300,36	Piezómetro			x		
50	PN-14B	573.777	7.378.721	2.300,44	Piezómetro			x		
51	PN-15	578.762	7.380.378	2.300,37	Piezómetro			x		
52	PN-16B	575.663	7.377.001	2.300,42	Piezómetro			x		

Tabla 4-9 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM[1] (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar[1] (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Composición Química
53	PN-18	578.554	7.409.920	2.299,71	Piezómetro			x		
54	PN-19	583.463	7.409.811	2.299,45	Piezómetro			x		
55	S-1	570.270	7.380.179	2.300,51	Piezómetro			x		
56	S-2	570.521	7.380.563	2.300,33	Piezómetro			x		
	S-2-1[9]	570.522	7.380.565	2.300,33	Piezómetro					
57	S-3	570.775	7.380.949	2.300,49	Piezómetro			x		
58	S-4	575.984	7.388.860	2.300,21	Piezómetro			x		
59	Sample-4A	553.228	7.379.389	2.301,19	Piezómetro			x		
60	Well IK	567.801	7.387.700	2.299,88	Piezómetro			x		
	Well-IK-1[10]	567.802	7.387.699	2.300,53						
61	Zanja camino a Peine	588.696	7.383.905	2.300,26	Zanja			x		
					Total			**61**		

(1) Reemplaza a CL-2 desde julio de 2016;
(2) Reemplaza a CL-14 desde julio de 2016;
(3) Reemplaza a CL-16 desde julio 2016;
(4) Reemplaza a CL-26 desde julio 2016;
(5) Se modifica solo el nombre del punto, dado que existe un punto de bombeo que tiene el mismo nombre;
(6) Reemplaza a CL-34 desde julio 2016;
(7) Reemplaza a EXP-2 desde julio 2016;
(8) Reemplaza a S-2 desde junio 2019;
(9) Reemplaza a WELL-IK desde octubre 2016. Deja de ser operativo en septiembre 2017 y en octubre 2017 se reperfora y queda operativo.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Red de Monitoreo Pozos de Bombeo de Salmuera y de Agua Duce-Salobre

En la Tabla 4-10 se presentan los pozos de extracción de salmuera y agua dulce-salobre que Albemarle ha operado durante el año calendario 2025. En la Figura 4-11 se presenta su ubicación.

Tabla 4-10 Pozos de bombeo monitoreados año 2025, puntos de extracción de salmuera y puntos de extracción de agua dulce-salobre.

N	Punto	Coordenadas UTM (WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CL-9	564.577	7.386.801	Salmuera	A1
2	CL-19	563.132	7.386.157	Salmuera	A1
3	CL-22	566.850	7.386.202	Salmuera	A1
4	CL-59	555.731	7.380.459	Salmuera	A1
5	CL-60	557.531	7.382.960	Salmuera	A1
6	CL-65	558.828	7.383.840	Salmuera	A1
7	CL-75	567.669	7.383.668	Salmuera	A1
8	CL-78	556.046	7.380.948	Salmuera	A1
9	CL-79	556.639	7.381.750	Salmuera	A1
10	CL-82	568.327	7.388.254	Salmuera	A1
11	CL-91	567.715	7.382.838	Salmuera	A1
12	CL-92	567.680	7.385.933	Salmuera	A1
13	CL-97	558.413	7.383.460	Salmuera	A1
14	CL-100	563.437	7.386.040	Salmuera	A1
15	CL-101	557.123	7.382.092	Salmuera	A1
16	CL-106	568.797	7.388.505	Salmuera	A1
17	CL-112	559.160	7.385.094	Salmuera	A1
18	CL-113	560.156	7.384.585	Salmuera	A1
19	CL-114	568.672	7.388.530	Salmuera	A1
20	CL-116	568.622	7.388.530	Salmuera	A1
21	CL-117	568.747	7.388.530	Salmuera	A1
22	CL-119	568.474	7.388.527	Salmuera	A1
23	CL-120	568.791	7.388.180	Salmuera	A1
24	CL-121	568.485	7.388.497	Salmuera	A1
25	CL-122	568.786	7.387.900	Salmuera	A1
26	CL-124	568.790	7.387.786	Salmuera	A1
27	CL-125	568.786	7.387.923	Salmuera	A1
28	CL-126	568.785	7.388.056	Salmuera	A1
29	CL-127	568.789	7.388.097	Salmuera	A1
30	CL-130	568.559	7.388.109	Salmuera	A1

Tabla 4-10 Pozos de bombeo monitoreados año 2025, puntos de extracción de salmuera y puntos de extracción de agua dulce-salobre.

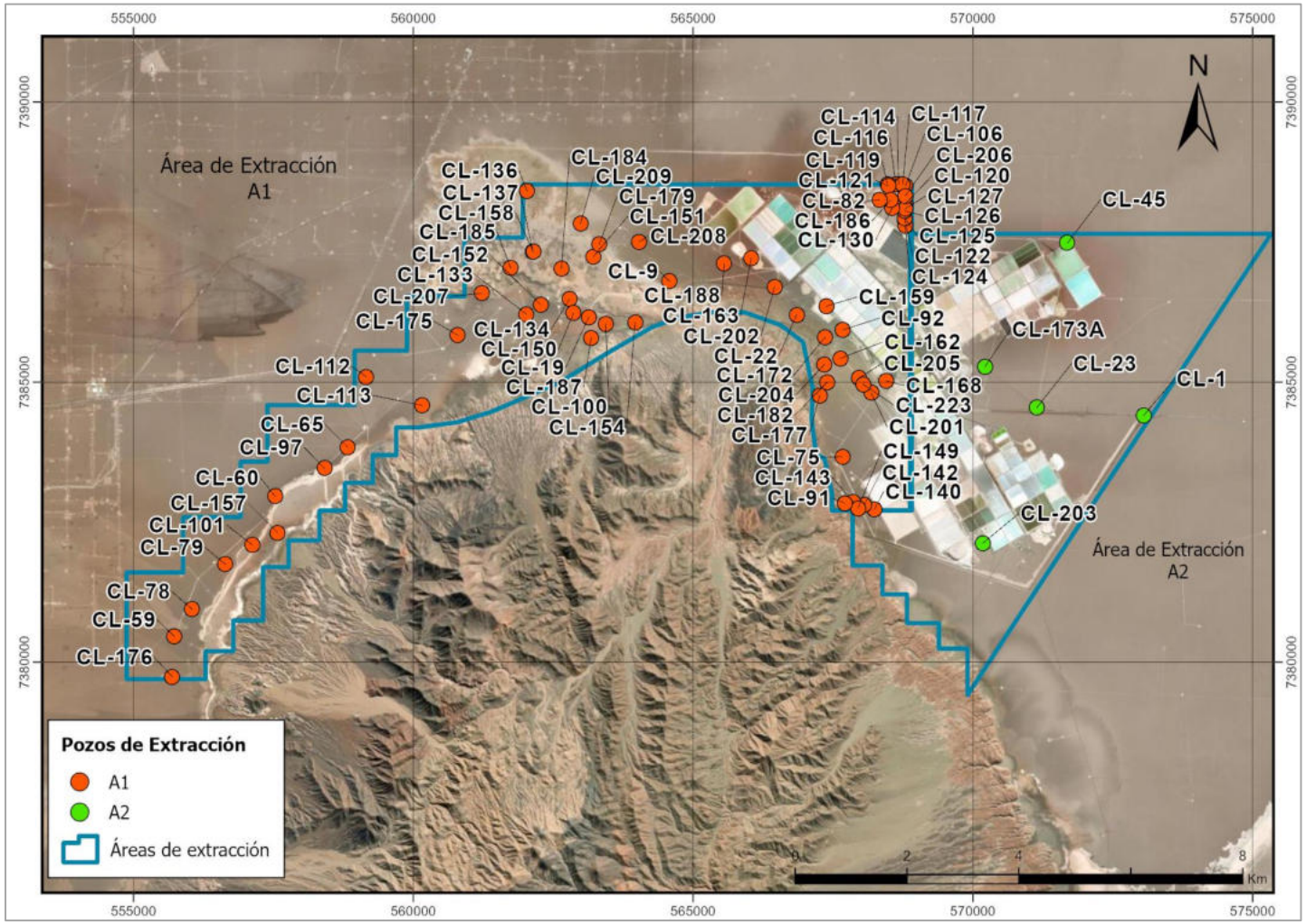
N	Punto	Coordenadas UTM (WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción
		Este (m)	Norte (m)		
31	CL-133	562.022	7.386.212	Salmuera	A1
32	CL-134	562.789	7.386.481	Salmuera	A1
33	CL-136	562.033	7.388.407	Salmuera	A1
34	CL-137	562.139	7.387.328	Salmuera	A1
35	CL-140	568.243	7.382.732	Salmuera	A1
36	CL-142	568.057	7.382.804	Salmuera	A1
37	CL-143	567.860	7.382.858	Salmuera	A1
38	CL-149	567.944	7.382.746	Salmuera	A1
39	CL-150	562.864	7.386.230	Salmuera	A1
40	CL-151	563.211	7.387.236	Salmuera	A1
41	CL-152	562.275	7.386.382	Salmuera	A1
42	CL-154	563.962	7.386.065	Salmuera	A1
43	CL-157	557.579	7.382.307	Salmuera	A1
44	CL-158	562.142	7.387.327	Salmuera	A1
45	CL-159	567.383	7.386.355	Salmuera	A1
46	CL-162	567.630	7.385.423	Salmuera	A1
47	CL-163	566.038	7.387.211	Salmuera	A1
48	CL-168	568.458	7.385.019	Salmuera	A1
49	CL-172	567.360	7.385.803	Salmuera	A1
50	CL-175	560.796	7.385.835	Salmuera	A1
51	CL-176	555.691	7.379.740	Salmuera	A1
52	CL-177	567.263	7.384.763	Salmuera	A1
53	CL-179	563.321	7.387.456	Salmuera	A1
54	CL-182	567.399	7.385.001	Salmuera	A1
55	CL-184	562.647	7.387.027	Salmuera	A1
56	CL-185	561.739	7.387.041	Salmuera	A1
57	CL-186	568.534	7.388.252	Salmuera	A1
58	CL-187	563.178	7.385.790	Salmuera	A1
59	CL-188	565.555	7.387.118	Salmuera	A1
60	CL-201	568.182	7.384.810	Salmuera	A1
61	CL-202	566.454	7.386.694	Salmuera	A1
62	CL-204	567.345	7.385.314	Salmuera	A1
63	CL-205	567.964	7.385.070	Salmuera	A1
64	CL-206	568.792	7.388.323	Salmuera	A1
65	CL-207	561.224	7.386.586	Salmuera	A1
66	CL-208	564.039	7.387.505	Salmuera	A1

Tabla 4-10 Pozos de bombeo monitoreados año 2025, puntos de extracción de salmuera y puntos de extracción de agua dulce-salobre.

N	Punto	Coordenadas UTM (WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción
		Este (m)	Norte (m)		
67	CL-209	562.989	7.387.830	Salmuera	A1
68	CL-223	568.041	7.384.958	Salmuera	A1
69	CL-1	573.049	7.384.403	Salmuera	A2
70	CL-23	571.141	7.384.543	Salmuera	A2
71	CL-45	571.689	7.387.482	Salmuera	A2
72	CL-173A	570.213	7.385.273	Salmuera	A2
73	CL-203	570.177	7.382.124	Salmuera	A2
74	Vertiente Tilopozo	577.715	7.369.511	Agua dulce-salobre	La Punta-La Brava
75	Tucúcaro	572.970	7.373.199	Agua dulce-salobre	La Punta-La Brava
76	Peine	593.721	7.381.894	Agua dulce-salobre	Peine

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-11 Ubicación Puntos de Bombeo Salmuera



Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Puntos de Activación del Plan de Alerta Temprana

El proyecto considera un Plan de Alerta Temprana (PAT), el cual tiene como objetivo detectar en forma anticipada (en el tiempo y en el espacio) desviaciones respecto a las proyecciones del comportamiento del componente hídrico, así como también activar medidas preventivas en caso de verificar desviaciones para así evitar afectación de los sistemas objeto de protección. Las medidas pueden ser preventivas intermedias, para entender el origen del desvío, y anticipadas, como por ejemplo la disminución o cese de la extracción para revertir un comportamiento no esperado del sistema antes de que pudiera generarse un efecto adverso.

Para ello, el PAT utiliza un subconjunto de puntos de monitoreo del PSAH, denominados “puntos de activación”, y establece variables de estado indicadoras del comportamiento del Proyecto y de los objetos de protección. Las Tabla 5-29, Tabla 5-30y Tabla 5-31, muestran los “niveles de activación” (umbrales) que permiten anticiparse a la generación de efectos no previstos de la operación del Proyecto o del efecto sinérgico de los proyectos en el Salar.

El Plan de Alerta Temprana considera los siguientes 3 sectores de Alerta (Tabla 4-11):

- Sector de Alerta Núcleo: se ubica en el Núcleo del Salar entre la explotación de ALB y los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava.
- Sector de Alerta Acuífero: se ubica en el acuífero de agua dulce-salobre alrededor de los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava.
- Sector de Alerta Norte: considera el sector del Núcleo frente los sistemas lagunares de Soncor y Aguas de Quelana.

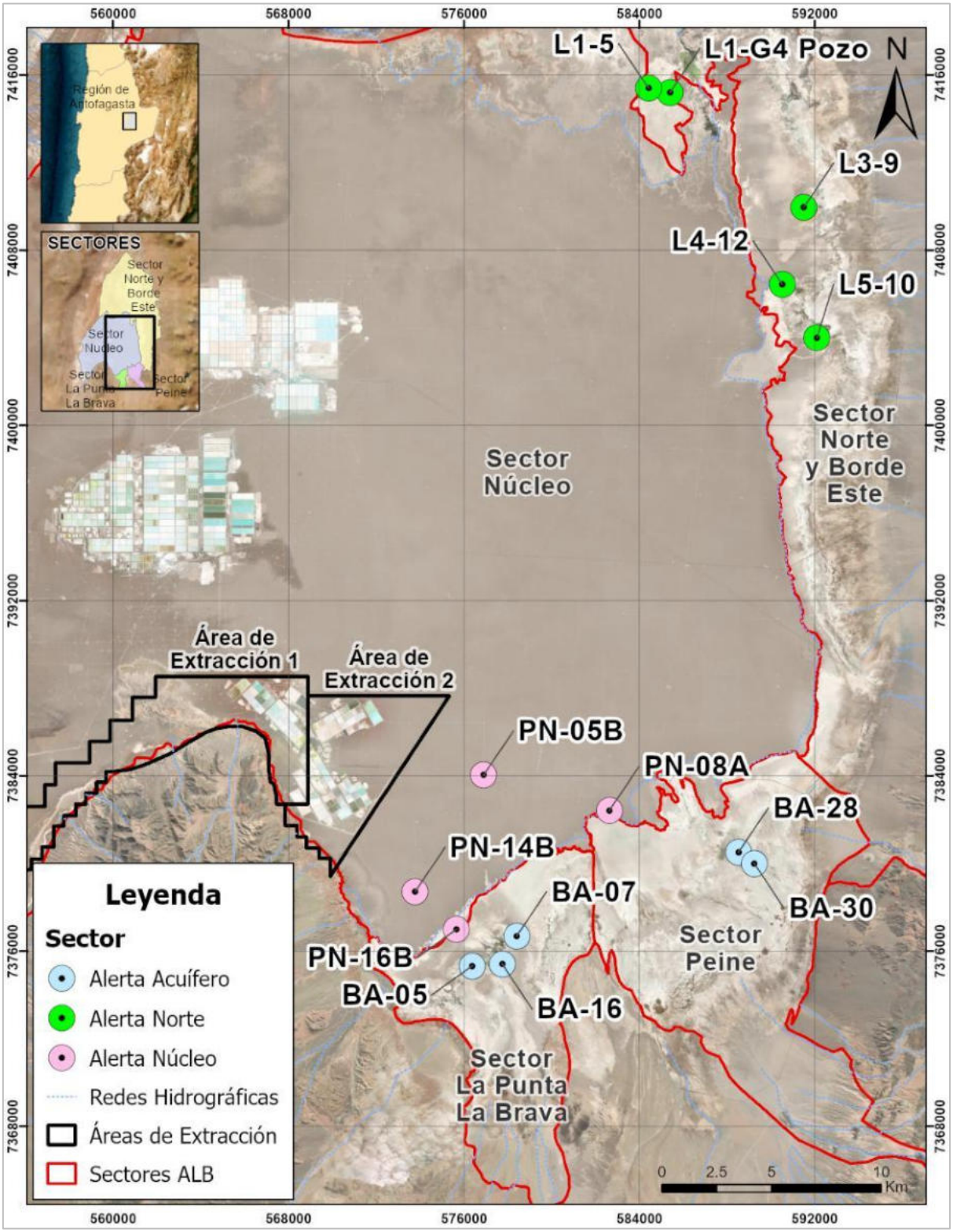
Tabla 4-11 Indicadores de estado del PAT

Sector de Alerta	Descripción	Indicador	Nº Puntos de Activación	Efectos previstos por el proyecto en la evaluación ambiental
Núcleo	Núcleo frente Peine y La Punta-La Brava	Nivel freático de la salmuera	4	SI
Acuífero	Acuífero alrededor de Peine y La Punta- La Brava	Nivel freático del agua dulce-salobre	5	NO
Norte	Núcleo frente a Soncor y Aguas de Quelana	Nivel freático de la salmuera	5	NO

Fuente: Tabla 4.1, Anexo 3 de la Adenda 5

Cada sector tiene sus puntos de activación, umbrales (más detalles en el capítulo 5, sección 5.10 del presente informe) y medidas de acción diferentes, que dicen relación con el comportamiento esperado de cada sector durante la fase de operación del Proyecto. Todo ello se describe resumidamente en la Tabla 4-12.

Figura 4-12 Ubicación Puntos PAT



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-12 Descripción del PAT para cada sector

PAT Sector Alerta Núcleo		
Fase	**Condición de Activación**	**Condición de Desactivación**
Fase I	Cuando el nivel registrado esté por bajo el umbral de Fase I durante 3 medidas consecutivas, en cualquier punto de activación.	Cuando el nivel registrado esté por sobre umbral de Fase I durante 3 meses consecutivos, en todos los puntos de activación.
Fase II	Cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral de Fase II durante 3 medidas consecutivas, en cualquier punto de activación.	Cuando el nivel registrado esté por encima de su umbral de Fase II durante 3 meses consecutivos en todos los puntos de activación.
Fase Final	Cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral de Fase Final por una sola vez en al menos uno de los puntos de activación, a excepción de los 3 últimos años de proyecto cuando se activará cuando en al menos uno de los puntos de activación, su nivel se registre por debajo de su umbral de Fase Final durante 3 meses consecutivos.	Cuando el nivel se registre por encima de su umbral de Fase II en todos los puntos de activación, durante 3 meses consecutivos.
PAT Sector Alerta Acuífero		
Fase	**Condición de Activación (1)**	**Condición de Desactivación**
Fase Única	Cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral durante 3 medidas consecutivos en al menos un punto de activación	Cuando el nivel registrado esté por encima su umbral durante 3 meses consecutivos en todos los puntos de activación
PAT Sector Alerta Norte		
Fase	**Condición de Activación**	**Condición de Desactivación**
Fase I	Albemarle toma conocimiento que los umbrales de la Fase I han sido superados. Sea por notificación por parte de la autoridad ambiental o porque los niveles se encuentran a disposición del público.	Albemarle toma conocimiento que los umbrales de la Fase I se encuentran por debajo de los niveles en todos los pozos, ya sea por notificación por parte de la autoridad ambiental o porque los niveles se encuentran a disposición del público.
Fase II	Albemarle toma conocimiento que los umbrales de la Fase II han sido superados. Sea por notificación por parte de la autoridad ambiental o porque los niveles se encuentran a disposición del público.	Albemarle toma conocimiento que los umbrales de la Fase II se encuentran por debajo de los niveles en todos los pozos, ya sea por notificación por parte de la autoridad ambiental o porque los niveles se encuentran a disposición del público.

(1) Albemarle de forma preventiva ha tomada las acciones asociadas al PAT cuando se han registrado 3 medidas bajo el umbral. No obstante, se entiende que la activación ocurre con 3 medidas mensuales consecutivas, independiente de cuantas mediciones se hayan realizado dentro de ese mes.

Fuente: Elaboración propia a partir de compromisos explicitados en numerales 4.3, 4.4 y 4.5 Anexo 3 de la Adenda 5.

Cuando se activa el PAT aumentan las frecuencias de medición de niveles freático, de la composición química e interfase salina, de mensual a quincenal en niveles freáticos y de trimestral a mensual en la composición química e interfase salina durante los 3 meses siguiente a la activación.

Respecto de los umbrales de activación, debe destacarse que para el sector de Alerta Acuífero se indicó en el Apéndice A del Anexo 3 de la Adenda 5 que, *"considerando que los puntos de activación son los que presentan los registros históricos más cortos, se propone que los umbrales de los pozos del acuífero sean recalculados con la información monitoreada en el propio pozo después de la 2ª actualización del modelo (4 años); donde se revisarán y realizarán todos los cálculos antes descritos usando la misma metodología. Esto, previa revisión y autorización de la Autoridad Ambiental"*. Este punto fue recogido en la RCA

Nº21/2016 en la condición 10.15 donde se indicó "*Respecto del cálculo de los umbrales para el sistema La Punta-La Brava, el titular deberá recalcular los umbrales indicados en la Tabla 3-5, pero restando sólo una desviación estándar y no dos desviaciones estándar como está propuesto"*. En Peine la estadística de registros que se utilizó para el cálculo de umbrales es más corta y corresponde actualizar con un período mayor de datos.

Con respecto a lo anterior, y luego de diversas comunicaciones con la autoridad, se recibió la Res. Ex. N°762 de la SMA de fecha 20 de mayo de 2024, con el pronunciamiento sobre la actualización de umbrales para el sistema La Punta- La Brava, los que se presentan en la Tabla 5-31y comenzaron a regir a partir de la fecha de notificación de 20 de mayo 2024.

4.3 Metodología y Materiales/Equipos de Muestreo, Medición y/o Análisis

En esta sección se describen las metodologías, los materiales y/o equipos utilizados en los muestreos, las mediciones y/o análisis de cada una de las variables ambientales, cuando corresponde, y se describen las metodologías de medición. En aquellos casos en los cuales deben realizarse cálculos para determinar el valor de la variable, también se describe la metodología de cálculo utilizada.

Además, se señala que las variables relacionadas con la caracterización de la composición química del agua se realizan procesos de medición, muestreo y análisis, por lo que se describen cada uno de los métodos y equipos utilizados.

4.3.1 Variables Meteorológicas

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos, utilizados para el monitoreo de la variable meteorológica.

4.3.1.1 Materiales y/o Equipos

La medición de las variables meteorológicas se realiza en la estación meteorológica denominada EM-Rockwood, la cual se encuentra ubicada en las instalaciones de la empresa en el Núcleo del Salar a 2.300 m s.n.m. Los equipos que conforman esta estación meteorológica se describen en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13 Equipos de Estación Meteorológica

Variable	Equipo	Marca	Modelo
Precipitación	Pluviómetro	RM Young	52202H
Presión Atmosférica	Barómetro	Vaisala	CS 106
Evaporación	Evaporímetro y Bandeja	Novalynx	255-100
Temperatura	Sensor de Temperatura	Campbell Scientific	CS 215

Estos equipos son los que cumplen los requerimientos de la DGA en sus Oficios Ordinarios Nº 603/2016 y Nº 276/2017.
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Metodología de Medición

Las variables que mide la estación meteorológica instalada corresponden a: precipitación diaria [mm]; evaporación en lámina libre o de bandeja [mm], temperatura atmosférica [ºC] y presión atmosférica [mbar]. Los valores son registrados directamente por el instrumental de la estación con transmisión electrónica de datos hacia una plataforma, desde donde se accede a ella para su descarga a través de un computador.

El instrumental instalado permite la medición de estas variables de manera continua, sin embargo, para efectos de reportabilidad los datos se integran a nivel diario, mediante una planilla Excel.

4.3.2 Evapotranspiración

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos, utilizados para el monitoreo de la variable de evapotranspiración.

4.3.2.1 Materiales y/o Equipos

La medición trimestral de evapotranspiración fue realizada en el 2025 a través de domos, método que consiste en instalar una semiesfera, o domo, de acrílico transparente de volumen conocido (de espesor igual o menor a 5 mm) sobre suelo con vegetación (para medición de evapotranspiración) o raso (para medición de evaporación), dependiendo de las características específicas del lugar a monitorear. En el interior de esta semiesfera, se instala un sistema de aireación constituido por 2 ventiladores y un sensor de humedad relativa y temperatura (psicrómetro), según la configuración que se muestra en la Figura 4-13.

Figura 4-13 Esquema de la cámara semiesférica dispuesta en terreno, con ventiladores y psicrómetro instalados

Fuente: PSAH (marzo de 2020).

Durante los monitoreos del año 2025 se usaron 8 domos, el SA-21, SA-23, SA-23, SA-24, SA-25, SA-26, SA-27, SA-29 y SA-30, en la Tabla 4-14 se detallan domos utilizados en relación con mes de campaña.

Tabla 4-14 Campañas realizadas en 2025 y los respectivos domos utilizados para medir EVT

Domo	Marzo	Junio	Septiembre/Octubre	Diciembre
SA-21	X	X	X	X
SA-23				X
SA-24	X	X	X	X
SA-25	X		X	
SA-26	X	X	X	X
SA-27		X	X	X
SA-29	X	X	X	X
SA-30		X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Las características de los domos utilizados en las mediciones trimestrales se presentan en la Tabla 4-15.

Tabla 4-15 Características domos utilizados para la medición de la EVT en 2025

Domo	Diámetro (m)	Altura (m)
SA-21	1,001	0,485
SA-23	1,001	0,504
SA-24	1,002	0,505
SA-25	1,001	0,506

Tabla 4-15 Características domos utilizados para la medición de la EVT en 2025

Domo	Diámetro (m)	Altura (m)
SA-26	1,004	0,510
SA-27	1,003	0,500
SA-29	1,003	0,500
SA-30	1,000	0,506

Fuente: Elaboración propia

Los siguientes equipos y materiales complementan el uso de domos para realizar las mediciones (Tabla 4-16):

Tabla 4-16 Equipos y materiales complementarios al uso de domos

Equipos y materiales	Parámetro de medición
(4 a 6) Ventiladores de 5 Volts	N/A
(3 o 4) Baterías portátiles de 5.000 y 10.000 miliamperios para alimentar los ventiladores	N/A
2 psicrómetros (Vaisala MI70)	Grado de humedad en el aire
Pozómetro para medición de niveles (Solinst WLM Level 101 / 30 m o Geotech ET WLM)	Profundidad del nivel de agua subterráneas

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2 Metodología de Medición

El procedimiento de medición en terreno se describe a continuación:

1) Una vez se llega al punto de monitoreo, se escoge el sitio de medición, teniendo en cuenta que sea representativo del área que se pretende caracterizar (suelo desnudo, suelo con vegetación o lámina libre de agua) y que la superficie del terreno esté lo menos alterada posible.

2) Antes y después de cada medición se limpia el domo de polvo y humedad, con un paño suave y seco, esto con el fin de que la suciedad no interfiera la acción de la radiación solar, ni tampoco exista humedad en el domo que pueda interferir en la medición.

3) Se prepara la superficie para que el contacto entre el perímetro del domo y la superficie quede sellado, es decir, que el aire acumulado al interior del domo no pueda escapar a la atmosfera libre durante la medición. Idealmente y siempre que se pueda, se debe ocupar material suelto del lugar para aislar los espacios entre el suelo y el domo, en el caso de no existir material suelto en el área, se deberá transportar de otro lugar (ver Figura 4-14).

4) En el caso de los puntos donde se mide la evaporación en lámina libre de agua, es suficiente que las paredes laterales del domo queden sumergidas alrededor de 5 cm en el agua, considerando que el agua que queda “encerrada” en el interior del domo disminuye el volumen de atmósfera que queda al interior de este.

5) El psicrómetro se preconfigura para que tome un dato cada 5 segundos durante 5 minutos, tomando un total de 60 registros, tiempo suficiente para medir zonas ya sean con vegetación o suelos secos. Antes de empezar con los registros en cada punto y mientras se preparan el domo y los ventiladores, el psicrómetro se deja encendido, al aire y a la sombra para ambientarlo, de manera que se estabilizan las mediciones de temperatura y humedad relativa ambiente.

6) Se instalan los ventiladores correspondientes en el terreno antes de situar el domo en la superficie de medición. Es importante que éstos queden opuestos entre sí y que no estén direccionados directamente al sensor del psicrómetro, tal como se muestra en la Figura 4-14.

7) Con la cámara aún no instalada en la superficie de medición, se encienden los ventiladores, acto seguido se instala el domo en el terreno e inmediatamente se parte con el registro de datos con el psicrómetro, asegurando de que no quedan espacios entre la base del domo y el terreno.

8) Una vez terminada la medición, se apaga el psicrómetro, se retira del domo, se apagan los ventiladores y se levanta el domo permitiendo que la atmósfera contenida al interior de este sea liberada, se limpia y se preparan los equipos para la siguiente medición, ya sea en el mismo punto o en otro.

9) Para cada día de medición se registra como referencia, siempre que se pueda, el nivel freático más cercano al punto de monitoreo de evaporación.

10) Todos los registros de nivel, horas de medición, variables atmosféricas relevantes y otras observaciones son anotados en la correspondiente ficha de terreno.

Figura 4-14 Preparación del terreno e instalación del domo

Fuente: PSAH (marzo de 2020)

Todos los puntos de monitoreo se miden durante 2 días (jornadas dobles), en horario diurno, con una frecuencia de medición de una a dos horas, dependiendo de las distancias que se encuentran los puntos de medición y las condiciones de los caminos, considerando ambas jornadas (esto significa de 5 a 8 mediciones al día por punto). Entre los 2 días de medición, en la medida de lo posible, no se repite el mismo horario de medidas en un mismo punto de manera que al final de la campaña de terreno se cuenta con 10 a 16 mediciones en diferente horario y así contar con una mejor cobertura horaria por punto.

4.3.2.3 Metodología de Cálculo de tasa de evaporación diaria

Las mediciones del psicrómetro reflejan el aumento de la densidad de vapor de agua en el interior del domo, cuya tasa de incremento es proporcional a la evapotranspiración o evaporación, según corresponda. El ajuste de una recta en la sección de mayor pendiente entrega un valor puntual de evapotranspiración a la hora de la medición (Figura 4-15) que es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$ET(mm/d) = \frac{86{,}4 * M * V}{\mathrm{A} * \mathrm{C}}$$

Dónde:

ET	:	Tasa de evaporación instantánea
M	:	Tasa de cambio de la densidad de vapor de agua en el Domo, calculado como la pendiente máxima de la curva de la Figura 4-15 (g/m3*s)
V	:	Volumen del domo (m3)
A	:	Área superficial cubierta por el domo (m2)
C	:	Factor de calibración por hidrofilia del domo (adimensional)*
86,4	:	Factor de conversión a mm/d.

* Como Factor de calibración C se utilizó un valor de 1,0.

El factor 86,4 es un factor de conversión de unidades, que convierte gramos de agua por metro cúbico por segundo a milímetros por día. Las dimensiones de los domos utilizados para el monitoreo son las que se indicaron precedentemente.

El cálculo del volumen para los domos se realizó según las siguientes formulas:

$$Area\ basal_{Domo} = A_{Domo} = \pi \cdot \left(\frac{Diámetro_{Domo}}{2}\right)^2$$

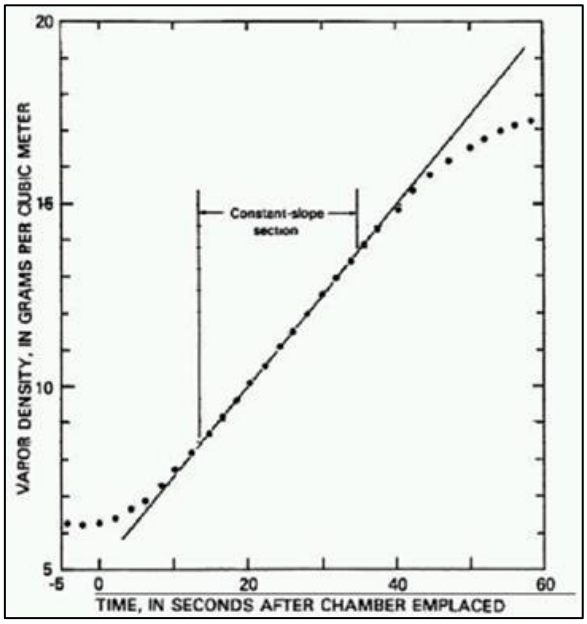
$$Volúmen\ interior_{Domo} = V_{Domo} = \frac{4}{3}\pi \cdot h_{Domo} \left(\frac{Diámetro_{Domo}}{2}\right)^2 \cdot 0{,}5$$

Donde:

h_{Domo} : Altura del Domo [m]

$Diámetro_{Domo}$: Diámetro del domo [m]

Figura 4-15 Densidad de vapor de agua al interior de la cámara semiesférica



Fuente: Stannard (1988).

La tasa de evaporación calculada con la metodología anterior debe ser multiplicada por un factor de corrección que depende de las dimensiones del domo, puesto que la plataforma de cálculo considera las dimensiones de un domo estándar ($Diámetro_{Domo}$ = 100 cm y h_{Domo} = 50 cm), y estas pueden variar levemente dependiendo del domo utilizado. El cálculo de este factor se realizó tal y como se indica en el numeral 4.5.1 del Apéndice J del Anexo 1 de la Adenda 5. Para los domos utilizados durante 2025, los factores de corrección por forma utilizados se muestran en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17 Factor de corrección por forma

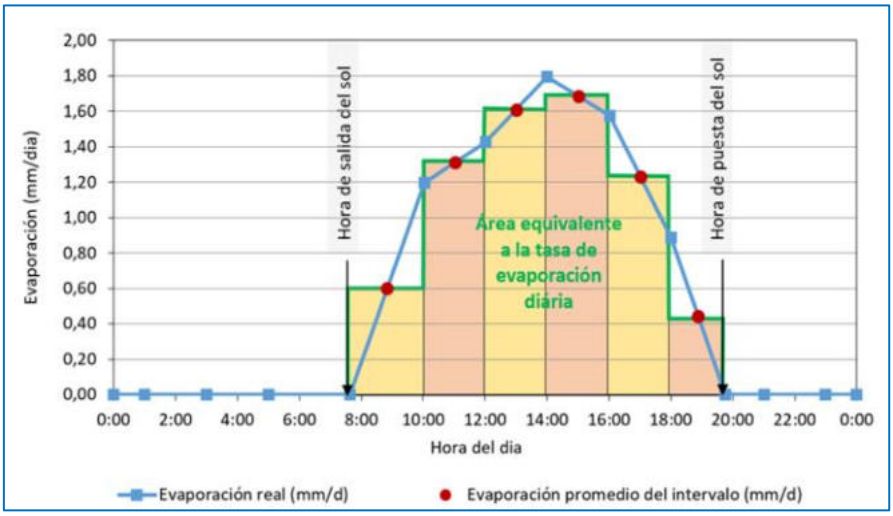
Domo	Área basal (m^2)	Volumen interior (m^3)	Factor Corrección
SA-21	0,787	0,251	0,967
SA-23	0,787	0,265	1,025
SA-24	0,789	0,267	1,027
SA-25	0,790	0,263	1,011
SA-26	0,792	0,271	1,041
SA-27	0,790	0,263	1,011
SA-29	0,790	0,263	1,011
SA-30	0,785	0,267	1,031

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.4 Metodología de Cálculo de evaporación diaria

Debido a que la evaporación depende de la radiación solar, se define una tasa igual a 0 mm/día desde la hora en la que se pone el sol y hasta la hora que amanece, estas horas varían en función de la época del año en que se realizan las medidas. Luego, con el fin de obtener el área bajo la curva, se calcula el promedio de la tasa de evaporación entre cada par de medidas consecutivas de ambos días de medición y se multiplica este valor por el intervalo de tiempo transcurrido entre las 2 medidas. De esta manera, se obtiene un valor de evaporación para cada intervalo de tiempo, tal y como se muestra en la Figura 4-16, cuyo ejemplo se presenta para las mediciones de un solo día. Finalmente, y para obtener la tasa diaria de evaporación, se suma todos los valores promedios obtenidos.

Figura 4-16 Ejemplo de cálculo de evaporación diaria



Fuente: Elaboración propia

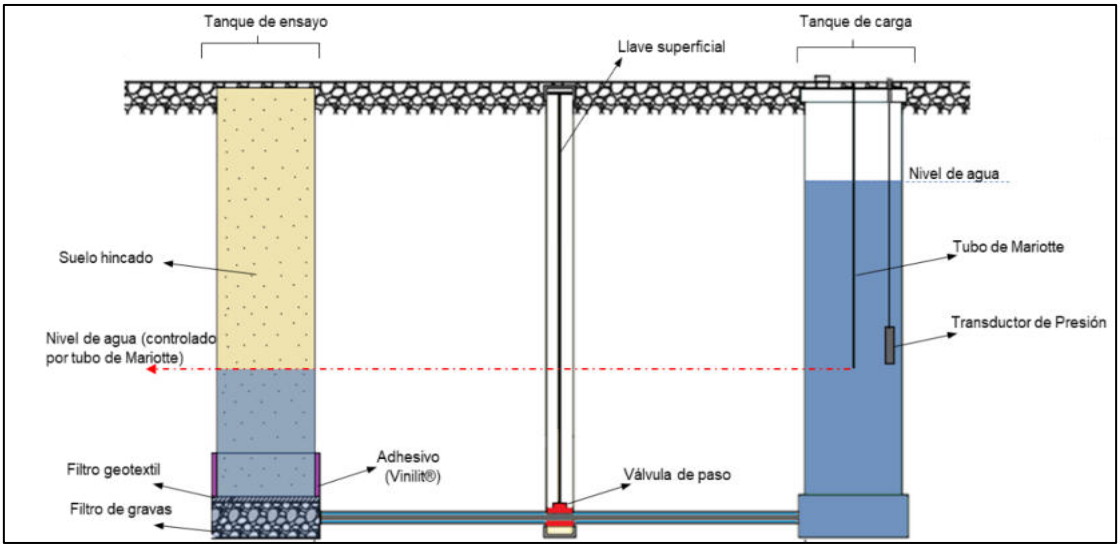
Cabe mencionar que, en cuanto a los lisímetros, cada uno se compone de un tanque de ensayo conectado a un tanque de carga mediante una tubería flexible, la cual trasfiere el agua/salmuera desde un tanque al otro (debe ser la misma agua/salmuera del sector). La finalidad de la instalación de un tubo de Mariotte en el tanque de carga es mantener constante el nivel de agua/salmuera dentro del tanque de ensayo, para lo cual el tanque de carga debe generar vacío en su interior para lograr este efecto. El esquema de funcionamiento del lisímetro se presenta en la Figura 4-17.

Para complementar los datos, la estación fue equipada con un pluviómetro que tiene como función principal cubrir la necesidad de cuantificar, de manera continua los aportes de agua a la cuenca, a través de los diferentes eventos de precipitación, estos datos son reportados y analizados dentro de este informe.

Finalmente, de manera complementaria, también se instaló un piezómetro para monitorear las fluctuaciones del nivel de agua/salmuera. Además de su función de monitoreo, el piezómetro

servirá como fuente de abastecimiento de agua/ salmuera para recargar el lisímetro, además de que la data se utiliza para complementar el análisis por sector en este informe.

Figura 4-17 Esquema funcionamiento lisímetro



Fuente: Albemarle – Suez, 2019

4.3.3 Superficie Lagunar

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos, utilizados para el monitoreo de la variable de superficie lagunar.

4.3.3.1 Materiales y/o Equipos

La variable ambiental de superficie cubierta por las lagunas se mide a partir del análisis de imágenes satelitales multiespectrales de alta y mediana resolución con validación en terreno, a las que se suma el sobrevuelo de un dron para complementar la información de los sectores sin acceso a pie, lo que se realiza cada vez que se mide a menos que se cuente con una restricción por CONAF y/o Comunidad en cuestión.

Las imágenes de alta resolución se obtuvieron del sensor Pleiades 1-A (píxel de 2 x 2 m de resolución, resolución pancromática de 50 cm), mientras que las imágenes de mediana resolución se obtuvieron del sensor público Landsat 8 (píxel de 30 x 30 m de resolución). Complementariamente, el dron que se utilizó es modelo DJI modelo *Mavic Pro* con cámara de 12 mega pixeles.

4.3.3.2 Metodología de Medición

Las imágenes de alta resolución (AR) se focalizan en aquellas áreas de mayor interés y se adquieren, de acuerdo con los compromisos de la RCA Nº21/2016, en agosto 2025 y diciembre 2025 y enero 2026[12].

Además, con el objetivo de generar una correlación de estas imágenes de alta resolución con la serie histórica disponible de imágenes satelitales Landsat, de menor resolución, se realiza en forma simultánea un análisis y correlación con una imagen de baja resolución disponible del sensor Landsat 8, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición. Como se mencionó previamente, de forma complementaria se utiliza (en los casos que es posible) un dron con vuelo programado en los sistemas lagunares de difícil acceso.

Las etapas metodológicas empleadas durante la medición y análisis se resumen a continuación. El detalle de cada etapa se encuentra en el Anexo C de este Informe.

i. Trabajo en terreno para validación del tipo de recubrimiento de suelo existente, como "cuerpo de agua" u "otro recubrimiento", para cada punto de validación y por sistema lagunar de estudio. Para esta validación se utilizan los mismos puntos de réplicas estacionales de las campañas de invierno y verano de años previos (desde agosto y diciembre 2016 hasta agosto y diciembre 2025) en zonas representativas de cuerpos de agua permanentes y zonas que presentan diferencias inter e intranuales.

   En los casos donde no es posible el acceso para la colecta de datos, se reemplaza por el análisis fotointerpretativo, técnica que se realiza en base a imágenes satelitales de alta resolución (Pleiades 1-A, 8bits) o imágenes de dron (cuando están disponibles), en que se les asigna a estos puntos el tipo de recubrimiento de suelo que presentan.

ii. Obtención de las imágenes satelitales de alta resolución (Pleiades 1-A) y de media resolución (Landsat 8), paralelo a la campaña de terreno y el sobrevuelo de dron, lo que se realiza cada vez que se mide a menos que se cuente con una restricción por CONAF y/o Comunidad de la zona.

iii. Procesamiento digital de imágenes satelitales, considerando correcciones radiométricas y atmosféricas, ortorrectificación para eliminar distorsiones geométricas y en el caso de las imágenes de alta resolución Pleiades 1-A, fueron unidas conformando mosaicos dentro del área de estudio.

iv. Desarrollo y validación del modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales en base a la metodología "Modificada del Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (NDWI

[12] Debido a condiciones de nubosidad que impedían obtener imágenes adecuadas para su análisis durante diciembre de 2025, se llevó a cabo una nueva captura en enero de 2026. Esta acción tuvo como objetivo asegurar una cobertura libre de nubes, garantizando así la calidad, consistencia y confiabilidad del procesamiento y de la interpretación posterior de los datos.

por su sigla en inglés), la cual fue empleada en el estudio desarrollado en la Adenda 5 del Proyecto.

La clasificación supervisada de imágenes satelitales se emplea para la identificación y delimitación de los cuerpos de agua. El método se inicia con el establecimiento, mediante criterio de experto, de los umbrales de clasificación para cada uno de los parámetros espectrales de evaluación que tienen una respuesta determinada ante la presencia de un cuerpo de agua.

Posteriormente, en un modelo de árbol de decisiones se estiman los cuerpos de agua, utilizando la combinación de los criterios definidos en el paso anterior y se evalúa el ajuste mediante la validación con los datos de terreno. Los parámetros evaluados durante la clasificación supervisada en el presente estudio fueron 5 y se indican en el siguiente Acápite ("Metodología de cálculo").

v. Finalmente, se realiza una depuración cartográfica, con lo cual se obtienen las coberturas de lagunas por sector. Este proceso consiste en primer lugar en transformar los datos de formato *raster* a entidades de polígonos en formato *shape*, seguido de un proceso de suavizado de contornos. Finalmente se realiza una depuración a los *shapes* para reducir errores de clasificación aleatorios. Como resultado final se obtiene un archivo en formato *shape* de cada sistema lagunar (La Punta - La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor).

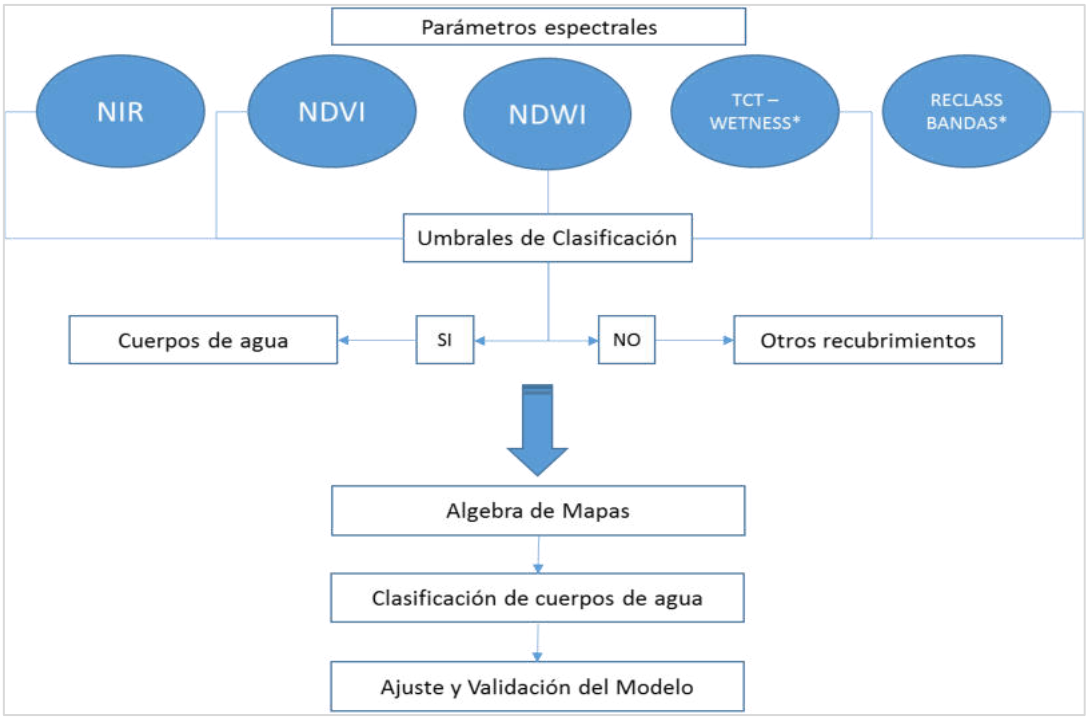
4.3.3.3 Metodología de Cálculo

La metodología de cálculo para la estimación de las superficies lagunares es la que se describe en los puntos iv y v anteriores, la que considera la aplicación del modelo de clasificación supervisada de cuerpos de agua.

La clasificación supervisada de imágenes satelitales se emplea para la identificación y delimitación de los cuerpos de agua. El método se inicia con el establecimiento, mediante criterio de experto, de los umbrales de clasificación para cada uno de los parámetros espectrales en evaluación y que tienen una respuesta determinada ante la presencia de un cuerpo de agua.

Posteriormente, en un modelo de árbol de decisiones, se estiman los cuerpos de agua, utilizando la combinación de los criterios definidos en el paso anterior y se evalúa el ajuste y la precisión del modelo mediante la comparación con los datos validados por fotointerpretación previa. En la Figura 4-18 se presenta esquemáticamente el árbol de decisiones, los parámetros que se calculan, etc.

Figura 4-18 Árbol de decisiones usado para la clasificación supervisada de cuerpos de aguas con imágenes satelitales



* La transformación "*Tasseled Cap" Wetness* se pudo utilizar sólo en el caso de Landsat 8, dado el mayor número de bandas que ofrece este sensor. En su reemplazo, para las imágenes de alta resolución Pleiades 1A se utilizó la Reclasificación de bandas (Reclass Bands).
Fuente: Elaboración Propia en base a metodología "Modificada del Índice Normalizado de Diferencia de Agua" (MNDWI) en Anexo 3 de Adenda 5 elaborado por Rockwood Lithium-SGA (2015b).

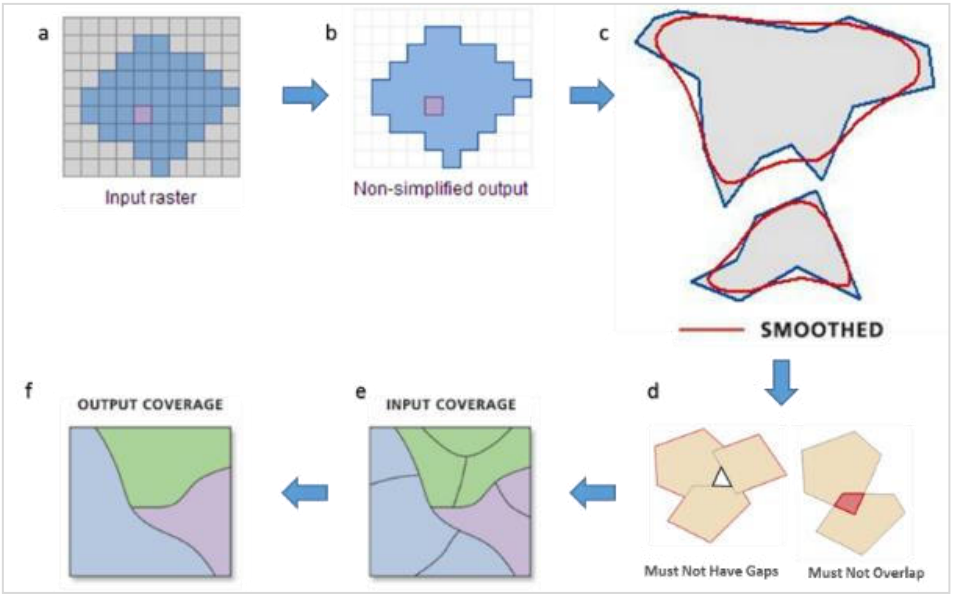
Dentro del cálculo de los parámetros espectrales del modelo de clasificación se utilizan los 5 indicados: NIR (reclasificación de la banda infrarroja), el índice NDVI; el índice NDWI; la transformación "*Tasseled Cap*" (*Wetness*; Kauth &Thomas, 1976), utilizada para el caso de Landsat 8, dado el mayor número de bandas que ofrece este sensor; y la reclasificación de bandas espectrales (B1<B2) y (B3 > B4), usada en el modelo de imágenes de alta resolución Pleiades 1-A.

Cabe señalar que el seguimiento de lagunas incorpora 2 parámetros espectrales adicionales, NDVI y "*Tasseled Cap*" (*Wetness*), con el fin de robustecer el modelo ya desarrollado, considerando que los suelos salinos usualmente presentan distintos tipos y concentraciones de sales, afectando la reflectancia del suelo en distintos grados y puede conducir a errores significativos durante interpretaciones espectrales (Wang et al., 2012). En el Anexo C de Área de Lagunas se entrega el detalle de la metodología de cálculo y análisis aplicado.

El proceso termina con la depuración cartográfica, el que consiste primero en la transformación de los datos desde formato ráster a polígonos en formato vectorial. El resultado se somete a un proceso de suavizado por la presencia de ángulos cerrados en sus contornos, para mejorar la calidad estética de la cartografía y su aproximación al contexto real (Figura 4-19)

El resultado de estas operaciones origina una clasificación binaria (cuerpos de agua / otros recubrimientos), que son fusionados con parámetros con igual codificación, y ajustados a los polígonos que delimitan las áreas de estudio. El resultado final corresponde a un archivo en formato *shape* de cada sistema lagunar (La Punta - La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor) con el cual se tiene el área de la superficie lagunar para la fecha de la imagen. El detalle de cada una de las metodologías señaladas se presenta en el Anexo C del presente Informe.

Figura 4-19 Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (ráster) a polígonos (shape)



Dónde: **a**: Ingreso Ráster; **b**: transformación a formato shape; **c**: suavizado de polígonos; **d**: corrección de errores topológicos; **e**: generación de entidades poligonales; **f**: fusión de polígonos.
Fuente: Cedrem Consultores en base a imágenes ESRI.

4.3.4 Aforos de Caudales Superficiales

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos utilizados para el monitoreo de la variable de aforos de caudales superficiales.

4.3.4.1 Materiales y/o Equipos

Para el cálculo de caudales superficiales se realizan mediciones de la velocidad de agua en una sección del cauce. Para ello se utiliza un equipo diseñado específicamente para la medición de escurrimientos en zonas de baja magnitud, correspondiente a un molinete pigmeo, de marca Gurley Precision Instruments, modelo “Gurley Meter Manual 625D Pygmy-Digital” que tiene un rango de lectura de 0,02 a 0,9 m/s, con una precisión del 2%, pudiendo ser utilizado para profundidades de escurrimiento superiores a 4 cm

Cuando la altura de escurrimiento del agua en una sección es menor a 4 cm, no se puede medir la velocidad del flujo con el molinete. En estos casos, se hace la prueba con la técnica del flotador para determinar si existe flujo y, si corresponde, realizar una estimación gruesa del caudal.

Cabe mencionar que esto es realizado por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) ANAM durante el año 2025.

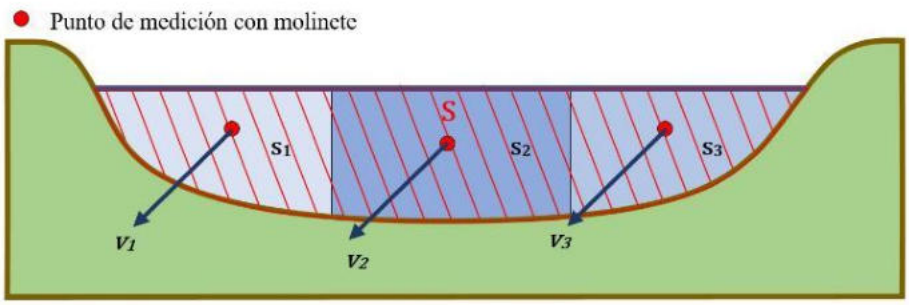
4.3.4.2 Metodología de Medición

Para realizar la medida del aforo del caudal superficial, se divide el cauce en 2, 3 o más áreas transversales o secciones, dependiendo de la geometría y ancho de éste, de manera de medir velocidades en diferentes secciones de escurrimiento con velocidades uniformes en ellas.

Las secciones se miden a través de su componente vertical, que es la altura promedio total de escurrimiento comprendida desde el lecho hasta el nivel superficial del agua y su componente horizontal que corresponde a la longitud distancia entre 2 puntos que dividen las secciones, a veces marcados con estacas en terreno. En el caso de las estaciones Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, se considera una única sección debido a que la velocidad de escurrimiento en toda su área es suficientemente uniforme por lo que no se considera necesario subdividir la sección.

La medición y registro de velocidades de escurrimiento se ejecuta colocando el molinete al 60% de profundidad y al centro, en la horizontal, de cada sección asignada (Figura 4-20 y Figura 4-21). El logger del molinete informa las mediciones de velocidad cada 4 segundos, las que se anotan en la libreta de terreno. El profesional verifica que estas medidas sean relativamente uniformes, y que se mantengan dentro de un mismo rango de magnitud. Si esto ocurre, el dato de velocidad que se toma como característico de la sección medida es aquél que se repite al menos 3 veces dentro del tamaño de muestra representativo de cada sección, que puede variar generalmente entre 6 y 9 mediciones consecutivas anotadas en la libreta.

Figura 4-20 Esquema de medición de caudal de aforo



$$Q_S = \sum_{i=1}^{n} v_i \cdot s_i$$

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-21 Aforo con molinete

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.3 Metodología de Cálculo

El caudal total de escurrimiento de cada punto de aforo se calcula como la sumatoria de los caudales de cada subsección establecida en terreno. El caudal de cada sección (q_i) se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$q_i = velocidad_i\ (m/s)\ \times área\ sección_i\ (m^2)$$

En el caso de secciones rectangulares, el área de la sección *i* es comprendida como la altura de la profundidad de escurrimiento por la longitud horizontal del flujo de agua en la misma:

$$área\ sección_i\ (m^2) = Longitud\ horizontal_i\ (m)\ \times\ \ Altura\ profundidad\ de\ escurrimiento_i\ (m)$$

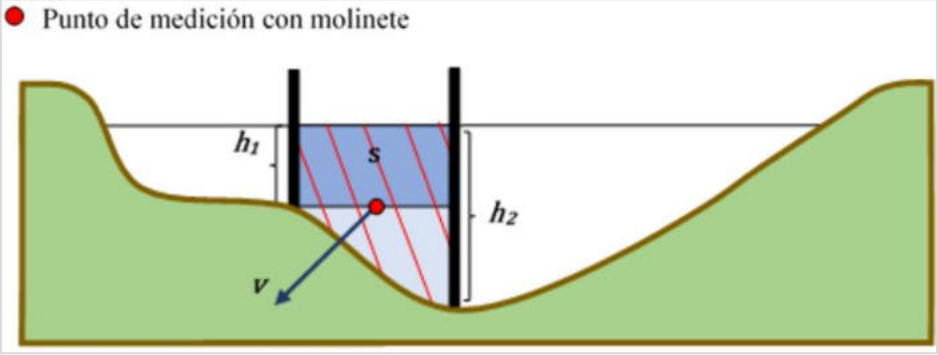
En el caso de secciones triangulares, el área se calculará de la siguiente manera:

$$área\ sección_i\ (m^2) = \frac{1}{2} x\ Longitud\ horizontal_i\ (m)\ \times\ \ Altura\ profundidad\ máxima\ de\ escurrimiento_i\ (m)$$

En el caso de secciones compuestas por más de un polígono (normalmente un rectángulo y un triángulo rectángulo, Figura 4-22), el área de la sección *i* se calcula como la suma del área de ambos polígonos, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$área\ sección_i\ (m^2) = h_1\ (m)\ \times Long.horizontal\ (m) + \frac{1}{2} \times \big(h_2(m) - h_1(m)\big) \times Long.horizontal\ (m)$$

Figura 4-22 Esquema de sección de aforo con 2 polígonos



Fuente: Elaboración propia.

Cuando la altura de escurrimiento del agua en una sección es menor a 4 cm, no se puede medir la velocidad del flujo con el molinete. En estos casos, y si las condiciones climáticas lo permiten, se hace la prueba con la técnica del flotador, que consiste en medir cuánto tiempo tarda un flotador en recorrer una distancia definida, calculándose la velocidad como la división entre la distancia y el tiempo transcurrido. De no tener condiciones climáticas óptimas, se le asigna a la sección la mínima velocidad de escurrimiento, de 0,04 m/s, que es la velocidad mínima que puede cuantificar el equipo en modo automático, y se calcula el caudal estimado

de la sección. En caso de que no se detecte flujo, se asigna una velocidad de 0 m/s a la sección.

4.3.5 Nivel Limnimétrico de las Lagunas

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos utilizados para el monitoreo de la variable de nivel limnimétrico de las lagunas.

4.3.5.1 Materiales y/o Equipos

La variable de nivel de las lagunas se mide a través de las reglas limnimétricas o estacas instaladas en los puntos de medición. Las reglas limnimétricas instaladas por Albemarle son de 1 cm de precisión, mientras que la medición para la obtención de la elevación de la lámina de agua o altura limnimétrica se realiza con el uso de una cinta métrica de precisión 1 mm.

4.3.5.2 Metodología de Medición

La medición se realiza en terreno midiendo la distancia (*h*) desde el punto de referencia (punta de la estaca donde va amarrada la reglilla) hasta el espejo de agua (ver Figura 4-23). Posteriormente, durante el procesamiento de los datos en gabinete, se calcula la elevación del nivel del espejo de agua en m s.n.m., para cada medición, restando a la cota del punto de referencia la altura o distancia *h* (en metros) medida con la cinta métrica.

La medida (*h*), tomada en terreno, se mide al menos 3 veces, registrando la medida definitiva en la libreta de terreno luego de verificar que entre cada medida no exista una diferencia mayor a 1 cm. Se destaca que producto del viento y el pequeño movimiento que éste genera en los niveles superficiales de agua, el error de medición de esta variable es efectivamente mayor a la del instrumento de medición (cinta métrica).

Cabe indicar que para todos los puntos medidos se dispone de la elevación del punto de referencia en m s.n.m. (cota de referencia) obtenida mediante levantamiento topográfico de precisión.

Figura 4-23 Medición de nivel en reglilla

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6 Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua Dulce-Salobre

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos utilizados para el monitoreo de la variable de niveles freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre. Cabe mencionar que los niveles freáticos de los puntos PAT han sido realizados por la Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) ANAM durante el año 2025.

4.3.6.1 Materiales y/o Equipos

La medición de la profundidad del nivel del agua en pozos, piezómetros, piezómetros someros (barrenos) y zanjas fue realizada manualmente con pozómetros marca Solinst Modelo 101 (de distintas longitudes).

4.3.6.2 Metodología de Medición

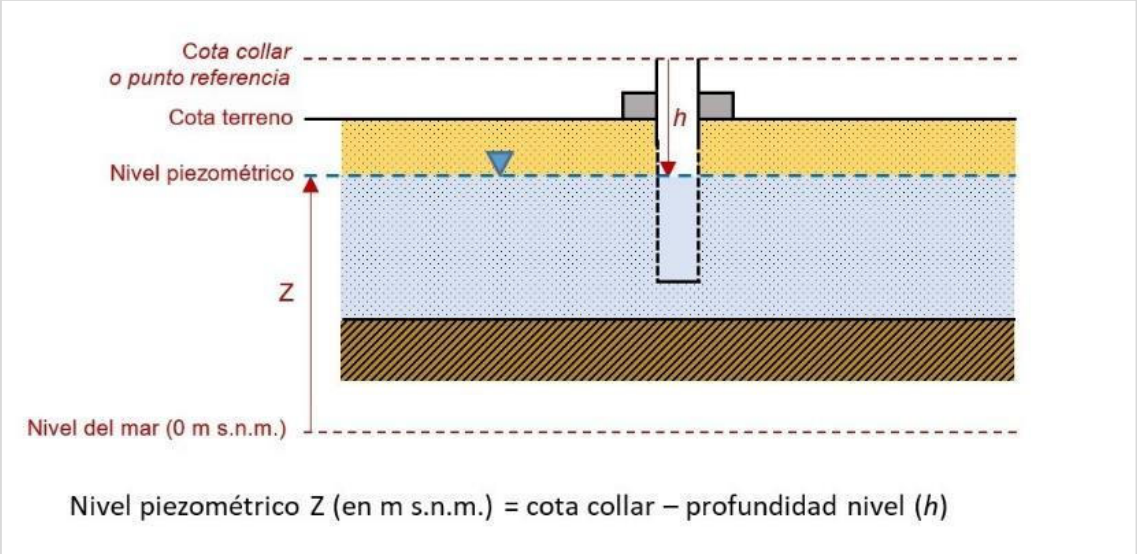
Previo a cada campaña de monitoreo, se verifica el correcto funcionamiento del equipo, para esto se comprueba que el equipo emite una señal sonora y/o luminosa al entrar en contacto con el agua.

La medición de profundidad de nivel de agua se realiza desde un punto de referencia prefijado para cada piezómetro/pozo que normalmente es el collar de su brocal (Figura 4-24), el cual cuenta con una cota conocida (m s.n.m.) obtenida mediante levantamiento topográfico de

precisión. En algunos casos, debido a que la perforación no tiene brocal o al hecho de que se trata de pozos con bomba y línea instalada, la medición se toma desde otro punto de referencia, pudiendo ser ésta la cota de terreno u otro punto predefinido. Así pues, las medidas de profundidad del nivel registradas en la libreta de terreno representan la profundidad en metros (h) de la lámina de agua/salmuera medida desde el punto de referencia.

Para el caso de las zanjas, éstas tienen una tabla de madera con una marca que corresponde a la cota de referencia desde donde se mide la profundidad del nivel.

Figura 4-24 Medición de Nivel de Agua/Salmuera en Piezómetros



Fuente: Elaboración propia.

La profundidad del nivel del agua (h) se mide al menos 3 veces, registrando la última medición como medida definitiva en la libreta de terreno luego de verificar que entre cada medida no exista una diferencia mayor a 1 cm. En particular, los pozómetros cuentan con una precisión de 1 a 2 milímetros, por lo tanto, su variabilidad es menor al 0,1% de dispersión de datos. Es importante destacar que cada vez que se utiliza el pozómetro, éste se lava con agua destilada y se seca con toalla de papel antes y después de efectuar cada medición.

Posteriormente, durante el procesamiento de los datos en gabinete, se calcula la cota del nivel de agua en m s.n.m. para cada medición, restando la profundidad medida del nivel de agua (*h*) a la cota de referencia. Cabe indicar que para todos los puntos medidos se dispone de la elevación del punto de referencia en m s.n.m.

Para la interpretación de la información de cotas de nivel freático que genera el PSAH, en el presente documento se ha calculado el descenso neto del nivel freático desde el inicio de los registros de cada punto.

El descenso neto se define como la diferencia entre de la cota de nivel del agua del año de apertura de la serie (año inicial) y el año de control (año final: 2025 o 2024[13]), calculada sobre el mismo mes calendario para anular el sesgo de estacionalidad. Si el resultado de esta diferencia da positivo significa que descendió el nivel neto, si el resultado es negativo significa que ascendió el nivel neto. Las reglas de cálculo usadas son las siguientes:

- Se utiliza el registro mensual histórico completo de cada punto, considerando solo 1 dato mensual, en caso de existir múltiples mediciones en un mismo mes se selecciona el valor mínimo mensual de la cota de nivel.
- Para definir el par de comparación, se analiza el último trimestre de 2025 en relación con el año inicial. El proceso busca una coincidencia mensual entre ambos años, comenzando por diciembre; si alguna de las dos mediciones no está disponible, el criterio se aplica de forma descendente para los meses de noviembre, octubre y septiembre, hasta obtener un par válido.
- Cuando se obtiene el par válido se calcula el descenso neto como se explica anteriormente.
- Si no se obtiene un par válido en 2025 v/s año inicial, se repite el proceso utilizando los datos del año 2024 v/s año inicial como cierre.
- Si tras agotar la búsqueda en 2025 y 2024 no se encuentra una coincidencia mensual con el año inicial, el pozo se descarta del análisis.

Esta información proporciona una idea general de cuanto ha descendido el nivel en cada punto y su medida se presenta en metros. Cabe mencionar que esto corresponde a un cálculo puntual y no necesariamente a una tendencia.

Por otra parte, la amplitud promedio (diferencia entre los niveles máximos y mínimos anuales) se calcula sólo para puntos con fluctuación estacional. Se toman los valores de los años válidos (aquellos con 9 meses con al menos un dato), se calcula promediando las amplitudes anuales. Este cálculo permite determinar la influencia de la evaporación en el punto de medición. Su medida se presenta en metros.

4.3.7 Posición de la Interfase Salina

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos utilizados para el monitoreo de la variable de posición de la interfase salina.

[13] Se considera el año 2024 para aquellos puntos que no cuentan con información del mes correspondiente para el año 2025.

4.3.7.1 Materiales y/o Equipos

La variable de la posición de la Interfase Salina se mide a través de perfiles de conductividad y temperatura en pozos y/o piezómetros ranurados en toda su longitud. Los equipos utilizados durante el año fueron sondas marca SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3 (Figura 4-25) de 100 m y 250 m de largo.

4.3.7.2 Metodología de Medición

El monitoreo de la posición de la Interfase Salina se realiza a través de la medición manual de perfiles de conductividad eléctrica con la sonda (ver Figura 4-25) en piezómetros habilitados con tubería ranurada en toda su extensión. Los resultados se reportan como datos y gráficos de profundidad versus conductividad eléctrica. Para conocer la cota altimétrica [m s.n.m.] de la posición de la interfase, se cuenta con la cota collar o de referencia para cada uno de los puntos de monitoreo.

Figura 4-25 Sonda SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3

Fuente: SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG.

Previo al inicio de los trabajos en terreno se realiza la calibración de la sonda y, antes de iniciar la toma de las mediciones en cada punto, se verifica su correcto funcionamiento.

En el punto de medición se inicia el descenso de la sonda por el pozo, hasta que la sonda detecta el nivel del agua dentro de la perforación. Desde esa profundidad, se registran las lecturas de conductividad (mS/cm) y temperatura (ºC) a medida que se desciende la sonda

por la columna de agua/salmuera en intervalos de descenso definidos, esperando que estas medidas se estabilicen y se muestre el mismo valor en la pantalla durante 30 segundos.

Los intervalos de descenso están sujetos a la variación de la conductividad. Cuando se detectan valores por sobre 100.000 µS/cm, indicativo de que se está cerca de la zona de interfase entre agua salobre y salmuera, la medición se realiza descendiendo la sonda cada 0,2 – 0,5 m. Luego que los registros de conductividad se estabilizan en torno al valor característico de la salmuera durante al menos 3 intervalos, se pasa de nuevo a registrar la conductividad eléctrica cada 1 o 2 metros.

Las lecturas realizadas por la sonda se observan en una pantalla al costado del tambor del equipo; para cada profundidad de medición, una vez estabilizadas, son anotadas inmediatamente en la libreta de terreno por el supervisor encargado del monitoreo.

Una vez finalizado el perfil de conductividad y temperatura de la columna de agua del punto, se extrae la sonda y se lava el instrumento con agua destilada.

4.3.8 Composición Química de las Aguas

La composición química de las aguas se determina a través de la medición de parámetros físicoquímicos *in situ* y de la toma de muestras que son analizadas posteriormente en un laboratorio químico. Al corresponder estas actividades al muestreo, medición y análisis por cumplimiento de una RCA, éstas se realizan con un laboratorio certificado como ETFA (Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental) por la SMA. Durante el año 2025, la ETFA encargada del muestreo de aguas superficiales y subterráneas, desde enero a diciembre 2025, fue ANÁLISIS AMBIENTALES (ANAM) (Código ETFA 011-01), cumpliendo así con lo señalado por la autoridad ambiental. Estos monitoreos fueron asistidos y acompañados en terreno por personal de Albemarle.

A continuación, se presenta la metodología utilizada por la ETFA, la cual se rige por normativas NCh. 411 para el muestreo y medición en terreno de las muestras. Desde enero a diciembre 2025 (tercerizado por ANAM), los parámetros boro disuelto, boro total, estroncio disuelto, estroncio total, potasio disuelto, potasio total, y silicio total, fueron medidos por el Centro Ecología Aplicada (CEA) (Código ETFA 017-01).

4.3.8.1 Materiales y/o Equipos

Para la variable de calidad fisicoquímica de las aguas se realiza: medición de parámetros *in situ,* toma de muestras de agua para envío a laboratorio y análisis en laboratorio.

a) Materiales y equipos para la medición *in situ*

En la Tabla 4-18 indican los materiales equipos necesarios utilizados para las mediciones *in situ* utilizados por ANAM.

Tabla 4-18 Materiales y Equipos para la medición de parámetros in situ ANAM

Equipo	Parámetros
Multiparámetro Hanna HI98194	- Temperatura - pH - Conductividad eléctrica - Solidos disueltos totales - Oxígeno disuelto
Conductivímetro HANNA HI98192	- Conductividad eléctrica - Sólidos disueltos totales

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4-19 y Tabla 4-20 presenta las especificaciones técnicas (resolución y rangos de medición) del fabricante del equipo multiparámetro utilizado por la ETFA en el monitoreo fisicoquímico *in situ*.

Tabla 4-19 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98194

Parámetro	Rango medición	Resolución	Precisión
pH	0,00 a 14,00 pH	0,01; a 0,1 mV	± 0,02; ± 0,5mV
Conductividad eléctrica (CE)	0 uS/cm a 200 mS/cm	1 uS/cm a 1 mS/cm	± 1% de la lectura; ± 1 µS/cm lo que sea mayor
Temperatura	-5,00 a 55,00 ºC	0,01ºC	± 0,15 ºC
Solidos Disueltos Totales (SDT)	0 a 400.000 ppm (mg/L) según factor TDS	1 ppm (mg/L) a 0,1 ppt (g/l)	± 1% de la lectura; ± 1 ppm (mg/L) lo que sea mayor
Oxígeno Disuelto (O.D.)	0,00 a 50,0 (mg/L) (O.D. real Lmax 14,6 mg/L)*	0,1%; 0,01 ppm (mg/L)	0,00 a 30 mg/L; ± 1,5% de la lectura o ±0.10 ppm (mg/L), lo que sea mayor

*O.D. Límite máximo en aguas naturales (14,6 mg/L)

Fuente: Manual de instrucciones del equipo ANAM.

Tabla 4-20 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98192

Parámetro	Rango medición	Resolución	Precisión
Conductividad eléctrica (CE)	0,000 µs/cm a 1000 ms/cm con compensación de temperatura	0,01 uS/cm a 0,1 mS/cm	±1% de lectura (±0,01 µs/cm o 1 dígito, el que sea mayor)
Solidos Disueltos Totales (SDT)	0,00 ppm (mg/l) a 400 ppt (g/l) (mg/L)	0,01 mg/L (ppm) a 0,1 ppt (g/l)	±1% de lectura (±0,05 mg/L (ppm) o 1 digito, la que sea mayor)

Fuente: Manual de instrucciones del equipo ANAM.

Los datos de conductividad eléctrica en terreno que superan los 200.000 µS/cm, quedan fuera del rango de medición del equipo multiparámetro HI 98194, por lo que su conductividad

eléctrica se calcula a partir del valor de conductividad absoluta aplicándole un factor de corrección que es función de la temperatura de la muestra.

En el caso del Conductivímetro HI98192, el equipo está diseñado para medir valores de conductividad eléctrica hasta los 400 mS/cm (400.000 µS/cm) con compensación de temperatura, esto quiere decir que el equipo compensara la conductividad según la temperatura medida en el momento de realizar la medición.

Los registros de calibración diaria del equipo multiparamétrico utilizado por la ETFA para el monitoreo *in situ* se presentan en el Anexo H-5 de este informe.

b) Materiales y equipos para la toma de muestras

En la Tabla 4-21 se indican los materiales y equipos necesarios para la toma de muestras.

Tabla 4-21 Materiales y Equipos para la Toma de Muestras por ANAM

Material/Equipo	Objetivo
Envases de Laboratorio	Analitos comprometidos para muestras de aguas superficiales y subterráneas
Muestreador abierto	Para muestras de agua superficial
Pozómetro marca Solinst Modelo 101	Para muestras de agua subterránea (toma de nivel)
Bomba “Waterra”	Para muestras de agua subterránea
Bailer simple	Para muestras de agua subterránea

Nota: Para la estabilización de parámetros se utilizan los equipos multiparámetros.
Fuente: Elaboración propia

c) Materiales y equipos para análisis de laboratorio

Se indican los materiales necesarios para el almacenamiento y traslado de muestras, según laboratorio ANAM en la Tabla 4-22.

Tabla 4-22 Materiales y equipos reactivos para almacenamiento y traslado de muestras Laboratorio ANAM

Equipo Materiales y Reactivos	Parámetros
Envase de HDPE(1) - 250 ml	- Boro total
	- Estroncio Total
	- Potasio total
	- Silicio Total
	- Boro Disuelto
	- Estroncio Disuelto
	- Potasio disuelto
Envase de HDPE(1) - 1 l	- Conductividad
	- Densidad (20°C)
	- pH 25°C Laboratorio

Tabla 4-22 Materiales y equipos reactivos para almacenamiento y traslado de muestras Laboratorio ANAM

Equipo Materiales y Reactivos	Parámetros
	- Bicarbonato (CaCO3)
	- Sólidos Disueltos totales
	- Nitrato (NO3)
Envase de HDPE(1) - 250 ml	- Cloruro
	- Sulfato
Envase de PP(2) - 60 ml	- Aluminio total (Al)
	- Arsénico total (As))
	- Calcio total (Ca)
	- Hierro total (Fe)
	- Litio total (Li)
	- Magnesio total (Mg)
	- Sodio total (Na)
Envase de PP(2) - 120 ml	- Calcio disuelto (Ca)
	- Litio Disuelto (Li)
	- Magnesio disuelto (Mg)
	- Sodio disuelto (Na)

(1) HDPE: Polietileno de Alta Densidad
(2) PP: Polipropileno

Fuente: Laboratorio ANAM.

Todos los envases son conservados en un cooler a una temperatura de 4 ± 2 °C hasta su llegada al laboratorio. Una vez en él, se ingresan a un CARDEX para mantener su temperatura hasta el momento de su análisis mediante el uso de acumuladores de frío.

Según el analito a determinar, el Laboratorio ANAM proporciona envases previamente preparados e identificados, los cuales ya incluyen el preservante requerido para cada parámetro. De esta manera, el operador responsable de la actividad se dedica únicamente a la recolección de la muestra, asegurando las condiciones de conservación definidas por procedimiento y/o metodología. La descripción de los preservantes utilizados para cada analito se presenta en la Tabla 4-23.

Tabla 4-23 Características de preservación de muestras, laboratorio ANAM

Analito (s) de interés	Preservación del Analito en terreno	¿Tratamiento durante el muestreo?
Cationes mayoritarios disueltos (Ca^{2+}, Mg^{2+} y Na^{+})	Sin preservante	No
Cationes mayoritarios disueltos (K^{+})	Sin preservante	No
Aniones mayoritarios disueltos (Cl^{-}, $SO_4^{=}$, $CaCO_3^{-}$ y NO_3^{-})	Sin preservante	No

Tabla 4-23 Características de preservación de muestras, laboratorio ANAM

Analito (s) de interés	Preservación del Analito en terreno	¿Tratamiento durante el muestreo?
Elementos mayoritarios totales (Ca^{2+}, Mg^{2+} y Na^{+})	Envase previamente acidificado (HNO_3)	No
Elementos mayoritarios totales (K^{+})	Envase previamente acidificado (HNO_3)	No
Elementos minoritarios y trazas disueltos (B y Sr) (1)	Sin preservante	No
Elementos minoritarios y trazas disueltos (Li)	Sin preservante	No
Elementos minoritarios y trazas totales (B, Si y Sr) (1)	Envase previamente acidificado (HNO_3)	No
Elementos minoritarios y trazas totales (Al, As, Fe y Li)	Envase previamente acidificado (HNO_3)	No
Parámetros Fisicoquímicos de laboratorio (pH, C.E., SDT y Densidad)	Sin preservante	No

(1) Muestra se toma sin preservante en terreno, al recepcionar en el laboratorio se filtra, se preserva y pasa a proceso.
Fuente: Laboratorio ANAM.

La preservación en terreno, como se indicó anteriormente, depende del analito a determinar. En el caso de los elementos disueltos, estos no se preservan durante el proceso de toma de muestra, ya que se busca mantener la integridad original de la matriz acuosa. La adición de agentes acidificantes en esta etapa podría inducir la solubilización de especies inicialmente presentes en forma particulada o insoluble, alterando la representatividad de la fracción disuelta.

Lo anterior no excluye que la muestra reciba un tratamiento previo a su cuantificación. Dicho tratamiento puede variar según la metodología analítica empleada, la cual puede estar basada, por ejemplo, en Standard Methods 3120B, EPA 200.8 y/o ISO 11885. De manera general, las muestras destinadas a la determinación de elementos totales requieren un proceso de digestión, seguido de filtración (habitualmente mediante un filtro de membrana de 0,45 µm) y una etapa de adecuación para su análisis, que puede incluir la acidificación. En cambio, para la determinación de elementos disueltos, se omite la etapa de digestión, dado que la fracción de interés corresponde exclusivamente a las especies ya solubles presentes en la muestra original.

Los registros de las cadenas de custodia de las muestras tomadas se presentan en el Anexo H-6 de este informe.

4.3.8.2 Metodología de toma de muestras

- Aguas superficiales: En el caso de las muestras de aguas naturales superficiales, su procedencia puede ser lagunar, de canal o vertiente, las que se obtienen directamente del punto de muestreo. Los envases de las muestras sin preservantes se ambientan 3 veces con el agua del mismo punto de muestreo y luego se toma la muestra. Es relevante indicar

que, al momento de tomar la muestra, se procura no levantar sedimentos del lecho, para no alterar la representatividad de la muestra, evitando así la sobreestimación de la química presente en los cuerpos de aguas monitoreados. Para las muestras con preservantes se llenan con agua a partir de recipientes ambientados, con precaución de no derramar muestra y preservante.

- Aguas subterráneas: El muestreo de aguas subterráneas en pozos y piezómetros se realiza mediante extracción con bailer o una bomba Waterra. Para asegurar la representatividad de la muestra se utilizó el método de estabilización de parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y temperatura), para de esta manera asegurar que la muestra obtenida es representativa del acuífero y no del almacenamiento en el propio piezómetro. Los criterios de estabilización de parámetros adoptados por ANAM en terreno son los indicados en la Tabla 4-24 y los registros de la estabilización de parámetros fisicoquímicos para cada muestreo se presentan en el Anexo H-7 de este informe.

  El día de muestreo y medición, en el punto de monitoreo, se introduce la bomba y se comienza la purga, una vez los parámetros se estabilizan, se procede a registrar la medida de parámetros *in situ* en la libreta de terreno tomada desde un recipiente ambientado 3 veces con el agua del mismo punto de muestreo y se realiza el muestreo.

Tabla 4-24 Criterio estabilización de parámetros in situ para el muestreo de aguas

Criterios de Aceptación	
pH	± 0.1 pH
Temperatura	± 0.2 °C
Cond. Eléctrica	± 3%
Oxígeno Disuelto	± 10%

Fuente: Laboratorio ANAM.

4.3.8.3 Metodologías de medición y análisis

A continuación, se especifican 2 metodologías, la primera para la medición de parámetros *in situ* y la segunda de análisis de aguas en Laboratorio.

a) Metodología para la medición de parámetros *in situ*

Los parámetros fisicoquímicos *in situ* de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y temperatura se miden con un equipo multiparamétrico (Hanna, Modelo HI 98194) propiedad de la ETFA. Al inicio de cada jornada de trabajo, personal de Albemarle chequea que las mediciones de este equipo son concordantes con las mediciones realizadas con el equipo multiparamétrico propiedad de Albemarle (Hanna, Modelo HI 98194). Adicional a lo anterior, para verificar las mediciones de las muestras de salmuera se utiliza el equipo

medidor (conductivímetro), donde se mide la temperatura, CE y TDS. Luego, durante las mediciones de parámetros fisicoquímicos, Albemarle contrasta cada medición realizada por ANAM con mediciones propias realizadas con el equipo multiparamétrico propiedad del titular.

Para el caso de aguas superficiales, los parámetros se miden en muestras extraídas directamente de los cuerpos de agua, desde recipientes sin preservantes ambientados 3 veces con el agua del mismo punto de muestreo.

Para el caso de aguas subterráneas, estas mediciones se registran una vez se detecta que los valores de los parámetros fisicoquímicos *in situ* se estabilizan dentro del recipiente de muestreo.

b) Metodologías de análisis de aguas en Laboratorio

Los métodos analíticos y características de éstos utilizados por el laboratorio para la medición de parámetros fisicoquímicos y concentración de analitos se indican Tabla 4-25.

Una vez ingresa al laboratorio el lote de envases y acorde al proceso del analito que se quiera analizar, se realiza el filtrado y preservación de la muestra en el laboratorio antes del análisis.

Tabla 4-25 Métodos de análisis en laboratorio

Parámetro/analito	Método analítico (Standard Method)	ANAM		
		Unidades	Cód. Método	Límite de detección
Conductividad Eléctrica	Conductividad Eléctrica	µS/cm	SM Ed. 23° Met. 2510 B	1
Densidad (20ºC)	Método interno	g/cm3	MQI000076 Rev01	---
pH (25ºC)	Método Electrométrico	Unidad pH	SM 4500-H B 22º Ed	---
Bicarbonato (CaCO3)	Método de la Titulación	mg/L	SM 2320 B Ed. 23	1
Sólidos Disueltos Totales	Método Sólidos Disueltos Totales secados a 180°C	mg/L	SM 2540 C Ed.23/2017	7
Aluminio (Al)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,062
Arsénico (As)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,01
Boro (B)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2	0,004
Boro Disuelto (B)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2	0,004
Calcio Total (Ca)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,209
Calcio Disuelto (Ca)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,209
Cloruros (Cl)	Determinación de aniones mediante cromatografía iónica	mg/L	SM 4110 B Ed. 23	0,101

Tabla 4-25 Métodos de análisis en laboratorio

Parámetro/analito	Método analítico (Standard Method)	ANAM		
		Unidades	Cód. Método	Límite de detección
Estroncio (Sr)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2,	0,0003
Estroncio Disuelto (Sr)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2	0,0003
Hierro (Fe)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,005
Litio (Li)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,007
Litio Disuelto (Li)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,007
Magnesio (Mg)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,35
Magnesio Disuelto (Mg)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,35
Nitrato (NO_3)	Nitrato como N en Agua Método ISE	mg/L	SM 4500 NO3D	0,14
Potasio (K)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2	0,03
Potasio Disuelto (K) (1)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2	0,03
Silicio (Si) (1)	Metales totales y disueltos por Emisión de plasma (ICP)	mg/L	DI-259 versión 2	0,01
Sulfato (SO_4)	Determinación de aniones mediante cromatografía iónica	mg/L	SM 4110 B Ed. 23	0,112
Sodio (Na)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,175
Sodio Disuelto (Na)	Metales por espectroscopia de emisión de plasma	mg/L	SM 3120 B Ed.23	0,175

Fuente: Laboratorio ANAM.

4.3.8.4 Validación de resultados, cálculo del Balance Iónico y otras verificaciones

Si bien el muestreo, las mediciones y los análisis químicos los ha realizado un laboratorio certificado como ETFA por la SMA (ANAM), una vez que se reciben los certificados de laboratorio, se revisan los valores entregados para cada muestra y parámetro con el objetivo de validar los resultados.

Una de las verificaciones más importantes para el control de calidad de los resultados de laboratorio es el cálculo del error de balance iónico a partir de la siguiente expresión, para la que comúnmente se consideran solamente los cationes y aniones mayoritarios (Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Cl^-, HCO_3^{2-}, SO_4^{2-} y NO_3^-), pero que también pueden considerarse otras especies disueltas si éstas se encuentran en concentraciones elevadas:

$$error\ de\ balance\ (\%) = 100 \times \frac{suma\ de\ cationes - suma\ de\ aniones}{suma\ de\ cationes + suma\ de\ aniones}\ (en\ meq/L)$$

Este cálculo mide la calidad global de los análisis de laboratorio ya que las aguas subterráneas y superficiales deben mostrar siempre un equilibrio entre las cargas eléctricas de sus especies disueltas. Los errores admitidos (en valor absoluto) son en general hasta un máximo de un 5%, aunque en ocasiones para aguas muy dulces, con conductividades menores a 200 µS/cm, pueden aceptarse errores un poco mayores, así como también para aguas muy salinas, en que el análisis de laboratorio es más complejo por las interferencias que se generan entre los diferentes parámetros disueltos y/o en suspensión.

Los errores de balance negativos indican 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 sus concentraciones. El error de balance positivo, indica lo contrario.

En relación con el cálculo del balance iónico (B.I.) de las muestras, en el considerando 10.8 de la RCA Nº21/2016, se indica textual: "*10.8. Monitoreo físico- químico de las aguas: en los respectivos Informes de Seguimiento se deberán presentar los resultados de los balances iónicos de las muestras ejecutadas. Al respecto, se deberán considerar los lineamientos de la "Guía del Servicio de Evaluación Ambiental para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012), para efectos de contar con referencias vigentes sobre los valores de errores admisibles para diferentes conductividades eléctricas del agua. Además, deberán cumplirse los lineamientos que dicte la SMA respecto al organismo que analice las muestras (laboratorio)*."

Respecto a la fórmula de cálculo del error de balance iónico que indica la *"Guía del Servicio de Evaluación Ambiental para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA" (SEA, 2012)*, en su acápite A3.4.1.1, ésta es la misma mencionada anteriormente, pero se indica de utilizar los 8 iones mayoritarios Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Cl^-, HCO_3^{2-}, SO_4^{2-} y NO_3^-. Sobre este punto, y considerando las características químicas generales de la mayor parte de las aguas salobres y salmueras de la cuenca del Salar es que para este Proyecto, al igual que lo realizado en su tramitación de Adenda 5, se han utilizado en el cálculo del error de balance las concentraciones disueltas de los cationes Estroncio (Sr^{2+}), Litio (Li^+) y Boro (B^{+3}). Esto, dado que, en determinadas muestras, los miliequivalentes por litro de estas especies son importantes y contribuyen al equilibrio eléctrico de las muestras.

En relación con los errores de balance iónico admisibles para diferentes conductividades eléctricas del agua, debe destacarse que la guía de SEA (2012) es de *"carácter indicativo y referencial"* (ver Tabla 5 de Anexo A3 de dicha referencia), presenta una tabla modificada de Custodio y Llamas, aplicable para aguas dulces de 0 a 4.000 µS/cm, indicando los errores de

balance admisibles cada vez menores para los rangos de conductividad de 50 a 199 µS/cm con un error admisible de 15%, de 200 a 499 µS/cm con un error admisible de 5%, de 500 a 1.999 µS/cm con un error admisible de 4%, y >2.000 µS/cm con un error admisible de 2%.

En este sentido, en la IV actualización del modelo, citada previamente, se ha realizado la caracterización de las aguas presentes en el salar en función de las correlaciones entre las mediciones de conductividad, densidad y solidos disueltos, así como los índices de saturación de halita y yeso, el comportamiento de los niveles y las unidades hidrogeológicas. Lo anterior permitió identificar cuatro zonas hidroquímicas en el Salar de Atacama (Figura 4-27)

Tabla 4-26: Zonas hidroquímicas, características principales y relación con unidades geológicas

Zona Hidroquímica	CE(1) (µS/cm)	IS(2) Yeso	IS Halita	Unidad geológica	Comportamiento niveles
Dulce	<5.000	<0	<0	Depósitos aluviales	Tendencia al descenso, menos acusada al aproximarse a zona Salobre
Salobre	Entre 5.000 y 50.000	<0	<0	Carbonatos y limos	Estacionalidad más acusada al aproximarse a zona intermedia
Intermedia	Entre 50.000 y 200.000	≈0	<0	Sulfatos y cloruros	Estacionalidad, leve tendencia al descenso más acusada y con menor estacionalidad al aproximarse a Salmuera.
Salmuera	>200.000	≈0	≈0	Halita superior	Descenso e influencia de precipitaciones

(1) Conductividad Eléctrica
(2) Índice de Saturación

Fuente: Elaboración propia

Según esta clasificación, las muestras que forman parte del PSAH son en su mayoría aguas salobres, intermedias y salmueras con conductividades mayores a 5.000 µS/cm y una gran proporción con valores mayores a los 50.000 µS/cm, por lo que la referencia de la guía de SEA (2012) no se considera adecuada para las aguas de altas conductividades del Salar de Atacama. En los análisis de muestras salobres y salmueras, las dificultades técnicas de los laboratorios en conseguir errores de balance bajos recaen en las interferencias que se producen entre las concentraciones de cada elemento durante su análisis, siendo difícil cumplir sistemáticamente y para todas las muestras con errores menores al 5% en error absoluto (carta ANAM R14/2025 enero 2025, ver Anexo M).

Es por lo que la verificación y validación de los resultados del laboratorio consiste en calcular el error de balance iónico de cada muestra, y verificar las tendencias históricas de cada parámetro, muestra por muestra, solicitando realizar las repeticiones necesarias al laboratorio para conseguir que la mayoría de las muestras cumpla con el error de balance inferior al 10%; valor que es consistente con lo empleado en la literatura y en otros estudios (Garcés, y otros,

1996; SQM, 2023). Las estadísticas de cumplimiento se describen en el Capítulo 5 de resultados en la sección 5.8 composición química del agua superficial y subterránea.

Además, se han depurado los datos anómalos o “outliers” de la composición química del agua de acuerdo al listado y metodología presentada en el anexo H-8, con la finalidad de generar gráficos y estadísticos que sean útiles para analizar la mantención de los parámetros dentro de la variabilidad natural. Cabe destacar que estos datos anómalos no fueron eliminados de la base de datos.

4.3.9 Caudales y Volúmenes Bombeados de Salmuera y de Agua Dulce-Salobre

A continuación, se describen las metodologías y los materiales y/o equipos utilizados para el monitoreo de la variable de posición de caudales y volúmenes bombeados de salmuera y de agua dulce-salobre.

4.3.9.1 Materiales y/o Equipos

Los equipos instalados en cada pozo para la medición del caudal extraído por las bombas instaladas corresponden a los caudalímetros o flujómetros que se indican en la Tabla 4-27. Estos equipos miden el flujo que pasa a través de la tubería en unidades de m^3/h.

Tabla 4-27 Materiales y Equipos para la medición de Volúmenes Bombeados

Equipo	Parámetros
Caudalímetro o Flujómetro Arkon, modelo MAG X2	Volumen y Caudal

Fuente: Elaboración propia

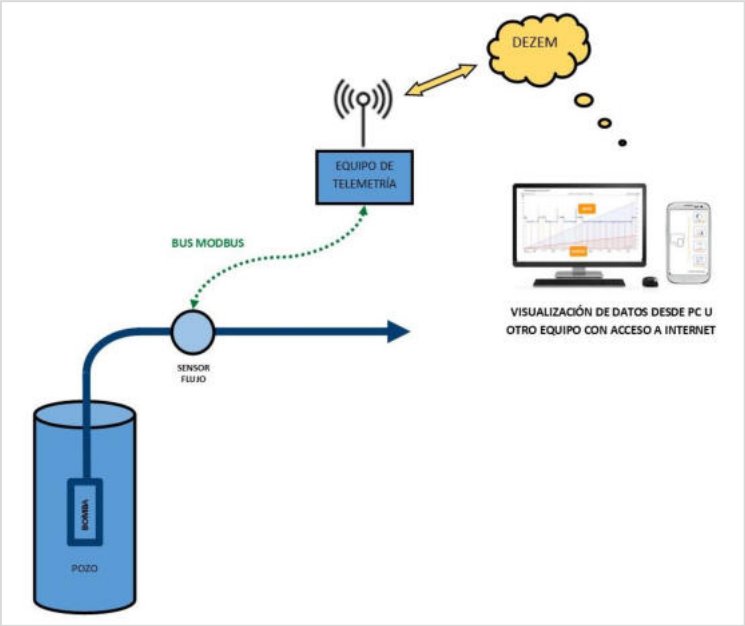
4.3.9.2 Metodología de Medición

En cada pozo existe instalado un flujómetro electromagnético que, como su nombre lo indica, utiliza como principio de funcionamiento el electromagnetismo para medir la velocidad del fluido que pasa por su interior y, al tener claramente definido el diámetro interior del equipo (y por ende su área), se puede obtener el caudal instantáneo con una precisión de hasta el 0,2%. El mismo flujómetro, en base a su tecnología electrónica interior, se encarga de totalizar el caudal instantáneo generando un registro adicional denominado totalizador o volumen acumulado interno.

Posteriormente, un segundo equipo de telemetría se encarga de interrogar al flujómetro en sus 2 variables principales, caudal instantáneo y volumen acumulado (totalizador), y transmite estas variables (entre otras) a la plataforma web deZem, en dónde se almacenan los datos instantáneos generando un registro histórico que permite analizar comportamiento y consumos en el tiempo.

Finalmente, desde deZem se descargan los datos de interés para obtener los totalizadores mensuales unitarios para cada pozo y, además, el acumulativo de todos los pozos en conjunto. En base a estos valores globales se realizan los cálculos para obtener los caudales promedios mensuales del sistema completo (Figura 4-26). En el anexo M se presenta detalle de la medición, transmisión y sus desafíos.

Figura 4-26 Esquema de medición, telemetría y visualización de bombeos.



Fuente: Elaboración propia

Tal como se indicó en el Anexo 3 de la Adenda 5, los caudales de extracción están disponibles en línea en tiempo real desde 6 meses después de la aprobación del Proyecto, por lo cual se remitió a la autoridad (SMA y DGA) el enlace para el acceso a la información.

La información se presenta en línea, a través de la plataforma “Dezem”, donde aparecen los pozos de extracción (salmuera y agua industrial), sus coordenadas, flujo y volumen en tiempo real. El usuario y clave de acceso se le entregó a la autoridad ambiental en el año 2016 y en febrero de 2019 se envió el cambio de clave.

4.4 Fechas de campañas 2025 e incidentes

4.4.1 Fechas Campañas 2025

Las fechas de muestreo y/o medición que se reportan en este Informe Anual PSAH son las que se indican en la Tabla 4-28 detallando los meses en los cuales se realizaron las campañas, y cuyas fechas exactas se presentan en las tablas de resultados de cada una de las variables, en el Capítulo 5 “Resultados y Análisis por Variable”.

Tabla 4-28 Fechas de Muestreo y Medición durante el año 2025

Variable Ambiental	Frecuencia Medición	Mes de Campaña realizada											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Variables Meteorológicas	Continuo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evapotranspiración	Trimestral			X			X			X			X
Superficie Cubierta por lagunas	Semestral								X				X
Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aforos de Caudales superficiales	Trimestral	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Mensual	X(1)	X(1)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Posición de la Interfase Salina	Trimestral	X(1)	X(1)			X			X			X	
Composición química del agua en agua superficial y subterránea	Trimestral	X(1)	X(1)		X			X			X	X(2)	
Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(1) Los meses de enero, febrero, existe aumento de frecuencia de monitoreo, como indica la Tabla 4-29 debido a activación del PAT, según se explica en la sección 6.1.10
(2) Se monitorean algunos puntos en noviembre por falta de acceso en octubre.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los meses que hubo activación de PAT, el aumento de frecuencia de las variables ambientales mencionadas se puede ver en la Tabla 4-29.

Tabla 4-29 Aumentos de Frecuencia de Muestreo y Medición adicionales asociadas a Activación Fase Única, PAT Sector Alerta Acuífero y Núcleo 2025

Variable Ambiental	Frecuencia Medición	Mes de Campaña	
		Ene.[1]	Feb.[1]
Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Quincenal	X	X
Posición de la Interfase Salina	Mensual	X	X
Composición química del agua en agua superficial y subterránea	Mensual	X	X

(1) Los meses de enero y febrero la frecuencia de medición fue quincenal debido a que en noviembre 2024 se registraron 3 medidas quincenales consecutivas bajo el umbral, por lo cual Albemarle de manera preventiva activó las medidas asociadas al PAT fase única sector Acuífero activándose el mismo en el mes de diciembre cuando registró su tercera medida mensual consecutiva bajo el umbral lo cual fue informado mediante la carta ALB-GMA-2024-SMA-070.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-30 Listado de variables por mes sin monitoreo

Variable Ambiental	Mes de Campaña realizada											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Variables Meteorológicas			9									
Evapotranspiración	3,4	3,4,7, 8	10,3,4	3,4		18			24	24	24	24
Superficie Cubierta por lagunas												
Nivel Limnimétrico de las Lagunas	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	14, 15, 16	17, 18, 31, 44	41, 42	21, 22	23, 24, 43	24, 26, 37, 38	24, 27, 37, 38	24, 29, 37, 38
Aforos de Caudales superficiales	3, 4	3, 4	3, 4	3, 4	12	17, 18			23, 24	24	24, 27	24
Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	3, 4, 36	3, 4, 6, 7, 8	3, 4	3, 4, 39, 40	11, 14, 15, 16, 30, 34	17, 18, 31	19, 20, 33	22, 35	23, 24, 25	24, 26	24, 27	24, 29
Posición de la Interfase Salina		6			14, 15, 16				23			
Composición química del agua en agua superficial y subterránea	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4					24	24	24	24
Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre												

1, **2** “Carta Oficial Nº 55/2024 (complementaria con Res. N 12/2025 ampliación ingreso a Sector Soncor RNLF)”: No realizado por cierre temporal instruido por CONAF para el Sector Soncor, según Carta Oficial Nº 55/2024 desde septiembre de 2024, y extendido hasta fines de abril de 2025 según Resolución N°12/2025 (Anexo L).

3, **4** “Carta Oficial N°94/2024 (complementaria con Carta Oficial N°111/2025)”: No realizado por restricción de acceso al sistema lagunar por parte de la comunidad de Peine, según Carta Oficial N°94/2024 hasta segunda quincena de marzo 2025, y extendido hasta fines de abril según Carta Oficial N°111/2025 (Anexo L).

5 “RE CALENDARIO SOCAIRE TALABRE CAMAR”: Monitoreo sujeto a calendario de ingreso comunitario para Socaire, Talabre y Camar. Verificador en correo 'RE CALENDARIO SOCAIRE TALABRE CAMAR' (Anexo L).

6 “RE: CALENDARIO SOCAIRE”: Monitoreo cancelado ante falta de respuesta de la comunidad de Socaire sobre coordinación. Verificador en correo ‘RE: CALENDARIO SOCAIRE’ (Anexo L).

7 “RE: Suspensión puntos”: Suspensión de monitoreo debido a trabajos de mejoramiento de caminos. Verificador en correo ‘RE: Suspensión puntos’ (Anexo L).

8 “Re: Suspensión puntos”: Suspensión de monitoreo debido a trabajos de mejoramiento de caminos según comunidad de Peine. Verificador en correo ‘Re: Suspensión puntos’ del 27-Feb (Anexo L).

9 “ALB-GMA-2025-SMA-033”: Sin dato por problemas con la descarga de datos durante la actualización de la estación meteorológica. Se informa por medio de la carta ALB-GMA-2025-SMA-033 (Anexo M).

10 “Re: Solicitud de monitoreos II trimestre 2025 Coyo”: Monitoreo no realizado por falta de personal por parte de la comunidad de Coyo en la gestión de permisos. Verificador en correo ‘Re: Solicitud de monitoreos II trimestre 2025 Coyo’ (Anexo L).

11 “Cierre de acceso a puntos LPLB”: No realizado por cierre de caminos de acceso, por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo ‘Cierre de acceso a puntos LPLB’ (Anexo L).

12 “20250506_SSI_AFOROS”: Puntos AFP-01 y AFP-02 no realizados por decisión de los monitores de la comunidad de Peine. Verificador en acta de terreno ‘20250506_SSI_AFOROS’ (Anexo K).

13 “20250508 ARREGLOS CAMINOS”: Monitoreo afectado por trabajos de mejoramiento de caminos (Anexo K).

14, **15** "Re: Coordinación 12-05-2025 Hídrico (complementaria con acta de terreno 20250512_SUSPENSION_SSI)": Acceso restringido por la comunidad de Peine, indican caminos en mal estado. Verificador en correo 'Re: Coordinación 12-05-2025 Hídrico' (Anexo L) y acta de terreno '20250512_SUSPENSION_SSI' (Anexo K).

16 "Re: Coordinación 23-05-2025 Hídrico": Acceso restringido por la comunidad de Peine, indican caminos en mal estado. Verificador en correo 'Re: Coordinación 23-05-2025 Hídrico' (Anexo L).

17 "Re: Coordinación 03-06-2025": Restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo 'Re: Coordinación 03-06-2025' (Anexo L).

18 "Re: Coordinación 06-06-2025": Restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo 'Re: Coordinación 06-06-2025' (Anexo L).

19 "20250731 PAT": No se realizaron los puntos por no contarse con condiciones climáticas óptimas. Verificador en acta de terreno '20250731 PAT' (Anexo K).

20 "ALB-GMA-2025-SMA-072": No realizado por condiciones climáticas. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-072 (Anexo M).

21 "20250801_LP-LB SSI": No se realizó el punto LM-05 por presencia de flamencos alrededor del punto. Verificador en acta de terreno '20250801_LP-LB SSI' (Anexo K).

22 "ALB-GMA-2025-SMA-087": Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-087 (Anexo M).

23 "ALB-GMA-2025-SMA-094": Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M).

24 "Carta Oficial N°147/2025": No realizado por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. La comunidad declara cierre de las lagunas Salada, Saladita e Interna desde octubre hasta abril de 2026, según Carta Oficial N°147/2025 (ver Anexo L).

25 "20250930 Manifold PAT": Puntos de monitoreo no autorizados por la comunidad de Peine. Verificador en acta de terreno '20250930 Manifold PAT' (Anexo K).

26 "ALB-GMA-2025-SMA-102": Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102 (Anexo M).

27 "ALB-GMA-2025-SMA-111": Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine y Toconao. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-111 (Anexo M).

28 "ALB-GMA-2026-SMA-001": Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine. Se constata en carta ALB-GMA-2026-SMA-001 (Anexo M).

29 "ALB-GMA-2026-SMA-002": Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine, y restricciones por época de reproducción de flamencos en RNLF. Se constata en carta ALB-GMA-2026-SMA-002 (Anexo M).

30 "20250530_PAT": Puntos BA-21, BA-22, BA-28 y BA-30 no realizados por caminos en mal estado. Verificador en acta de terreno '20250530_PAT' (Anexo K).

31 "20250625_Soncor_Camar-Toconao-CONAF": Puntos LM-11, LM-12, BA-31, LM-13, LM-14, EM-LS-03 y EM-LS-04 no realizados por condiciones climáticas (viento). Verificador en acta de terreno '20250625_Soncor_Camar-Toconao-CONAF' (Anexo K).

32 "20250321_LPLB": Punto LM-02 no realizado por presencia de flamenca en el sector a visitar. Verificador en acta de terreno '20250321_LPLB' (Anexo K).

33 "20250702_SSI2": Puntos LM-07 y LM-08 no realizado debido a la presencia de flamencos en el sector, LM-10 en estado seco. Verificador en acta de terreno '20250702_SSI2' (Anexo K).

34 "Re Coordinacion 20-05-2025": Punto BA-27 no realizado por mal estado del camino. Verificador en correo 'Re Coordinacion 20-05-2025' (Anexo L).

35 "RV SUSPENSION ACTIVIDADES COMUNIDAD TOCONAO-ALBEMARLE": Punto BA-31 no realizado por suspensión de acceso al territorio de Toconao. Verificador en correo 'RV SUSPENSION ACTIVIDADES COMUNIDAD TOCONAO-ALBEMARLE' (Anexo L).

36 "RE: CALENDARIO SOCAIRE TALABRE CAMAR": Monitoreo cancelado ante falta de respuesta de la comunidad. Verificador en correo 'RE: CALENDARIO SOCAIRE TALABRE CAMAR' (Anexo L).

37, 38 "Carta Oficial N°49/2025 de CONAF (complementaria con Res. N°72/2025 restricción de ingreso por temporada reproductiva de flamencos en Soncor RNLF)": No realizado por cierre temporal instruido por CONAF para los cuerpos lacustres

del Sistema Hidrológico de Soncor, según Carta Oficial N°49/2025, que remite y comunica la Resolución N°72/2025, la cual establece restricción de ingreso entre el octubre de 2025 y febrero de 2026 (Anexo L).

39, 40 "20250429_NUCLEO_PN-04": Restricción de acceso por parte de la Comunidad de Peine. Verificadores en actas de terreno '20250429_NUCLEO_PN-04' y '20250429_NUCLEO_PEINE3 1' (Anexo K).

41 "20250724_CONAF-TOCONAO": Suspendido por comunidad Toconao. Verificador en acta de terreno '20250724_CONAF-TOCONAO' (Anexo K).

42 "20250711_CONAF-SOCAIRE-CAMAR_QUIMICA ETFA": Punto LM-13 no realizado por presencia de flamencos en el sector. Verificador en acta de terreno '20250711_CONAF-SOCAIRE-CAMAR_QUIMICA ETFA' (Anexo K).

43 "Re_ Actividades monitoreo 24 y 25 de Septiembre 2025": Restricción de acceso por CONAF. Verificador en correo 'Re_ Actividades monitoreo 24 y 25 de Septiembre 2025' (Anexo L).

44 "20250613_CONAF_CAMAR": No realizado por presencia de flamencos y fuertes ráfagas de viento. Verificador en acta de terreno '20250613_CONAF_CAMAR' (Anexo K).

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Incidentes Campañas 2025

A continuación, se mencionan incidentes ocurridos el año 2025 importante a tener en consideración:

- **Punto PN-08A**: mediante la carta ALB-GMA-2023-SMA-044 (24 de agosto de 2023) , se informa que el pozo PN-08A había sido chocado y se presentan propuestas de Albemarle. El 30 de octubre 2023, se entrega el primer análisis mediante la carta ALB-GMA-2023-SMA-055), indicando que "…se concluye que PN-08A quedó con un sesgo de -28,5 mm en la medición del nivel freático después del choque. Para corregir este sesgo, se debe aplicar una corrección de +28,5 mm a todas las mediciones de nivel (m s.n.m) del PN-08A y de -28,5 mm a todas las mediciones de profundidad de salmuera del PN-08A posteriores al 24 de agosto 2023". Luego, el 16 de diciembre 2024 se presentó un segundo análisis, extendiendo la data (hasta febrero 2024), el cual fue informado mediante la carta ALB-GMA-2024-SMA-074 y se pudo concluir que "…PN-08A quedó con un sesgo de - 22,0 mm en la medición del nivel freático después del choque. Para corregir este sesgo, se debe aplicar una corrección de +22,0 mm a todas las mediciones de nivel (m s.n.m.) del PN-08A y de -22,0 mm a todas las mediciones de profundidad de salmuera del PN-08A, posteriores al 24 de agosto 2023". Por último, el 22 de enero de 2025 se envía carta ALB-GMA-2025-SMA-008, donde se entrega el último informe de análisis estadístico realizado (tercer análisis, incluye datos hasta diciembre 2024), que concluye: "se puede mantener la aplicación de una corrección de +22,0 mm al valor de la cota nivel o de -22,0 mm a los valores de profundidad para todas las mediciones de PN-08A posteriores al 24 de agosto 2023". En la Figura 4-27, se muestran los niveles medidos originales, junto con la data histórica y las actualizaciones aplicadas a estos datos, en la gráfica se observa la buena relación que existe entre los datos actualizados ajustando la cota y el periodo histórico, al observar los datos no ajustados (reales medidos) resulta evidente el efecto del choque. Este pozo continúa siendo medido normalmente y se reporta con y sin la corrección mencionada a los datos medidos.

- **Punto PN-16B**: Mediante carta ALB-GMA-2024-SMA-025 (ver en Anexo M), se da aviso a la SMA sobre un comportamiento anómalo en el punto PN-16B, debido a que el equipo de terreno se percató que el tubo de PVC (habilitación del pozo) y el brocal (tubo de hierro protector del pozo) habían tenido un distanciamiento los últimos meses. Se incluyen medidas que se proponen implementar. Luego, en julio de 2025, mediante carta ALB-GMA-2025-SMA-063, se informa a la autoridad la ejecución de las acciones propuestas previamente, recopilando antecedentes sobre el estado del punto PN-16B:
  - Se constató un incremento progresivo del distanciamiento entre el tubo de PVC y el brocal desde 2022, lo que ha generado un aumento atípico en el nivel de salmuera observado.
  - Según la geología del pozo y los perfiles de conductividad, los primeros 8 metros de halita superior son susceptibles a disolverse por ingreso de agua dulce o salobre, lo que habría provocado el descenso del nivel de salmuera y el relleno por agua salobre.
  - El análisis hidrogeoquímicas, confirma que el punto PN-16B se encuentra en la zona intermedia y no en el núcleo, y que, de acuerdo con los perfiles de conductividad eléctrica, no corresponde a una columna completa de salmuera, por lo que se recomienda reemplazar el punto PAT por otro que se encuentre en el núcleo.
  - Adicionalmente, un estudio histórico InSAR (febrero 2015 - julio 2024) evidenció una tasa de descenso del terreno del orden de 4,8 mm/año, coherente con los procesos de disolución en el entorno.
  - Por todo lo anterior, en carta ALB-GMA-2025-SMA-063 se propone un punto alternativo de monitoreo, como piezómetro de reemplazo del PN-16B, planteando 2 alternativas;
    1. Utilizar el pozo existente PN-11
    2. Construir un nuevo pozo en las coordenadas WGS84 UTM X:573985 e Y: 7377047.
  - A la fecha ninguna de las alternativas se ha implementado.

- **Punto MP-12A:** En carta ALB-GMA-2024-SMA-018 se informan medidas implementadas en el punto de monitoreo MP-12A (por choque de un vehículo menor contra el pozo el 24 de noviembre 2023, informado en la carta ALB-GMA-2023-SMA 063 (ver Anexo M), las que incluyen informe de levantamiento topográfico georreferenciado e informe de reparación de brocal y dado de cemento del punto. Además, con fecha 14 de enero de 2025, a través de la carta ALB-GMA-2025-SMA-003, se envía informe de análisis estadístico para actualización de niveles. Finalmente, en carta ALB-GMA-2025-SMA-007, se vuelve a enviar informe, rectificando las recomendaciones señalando que "*se recomienda aplicar una corrección de +0.018 metros a los datos de nivel (msnm) o una corrección de -0.018 metros a los datos de profundidad del pozo MP-12A obtenidos entre 13 de diciembre 2023 y 19 de febrero 2024 para ajustar los niveles y obtener una serie de tiempo homogénea*". Cabe mencionar, que el día 9 de marzo, se efectuó la reparación del

dado de cemento y brocal del pozo, luego del choque. Es posible que dicha intervención sea la causa del valor escapado que se observa en la serie de diferencias para 9 de marzo (Ver Figura 4-28, donde también se muestran los niveles medidos originales y actualizaciones aplicadas a estos datos en el punto MP-12A, para el periodo comprometido, desde el 13 de diciembre de 2023 hasta el 19 de febrero 2024. En febrero del presente año (2026) se hizo un nuevo análisis estadístico que fue reportado a la SMA por la carta ALB-GMA-2026-SMA-016, este análisis indica: "*Para el periodo desde 6 de abril 2025 en adelante, aplicar una corrección de +0.034 metros a los datos de nivel (msnm) o una corrección de -0.034 metros a los datos de profundidad del pozo MP-12A*.

- **Punto CL-26-1:** En carta ALB-GMA-2024-SMA-026 se informa que los técnicos de terreno de Albemarle, al momento de llegar al punto de monitoreo CL-26-1, se percatan que el pozo había sufrido una colisión por terceros. Además, se informa las medidas que se proponen implementar como medidas de acción. A través de la carta ALB-GMA-2025-SMA-009, de fecha 22 de enero de 2025, se carga en plataforma el informe de análisis estadístico que concluyó que "*Con base en estos resultados, no se recomienda aplicar ninguna corrección a las observaciones de CL-26-1 tras el choque del 8 de abril de 2024".* Este punto sigue siendo medido normalmente.

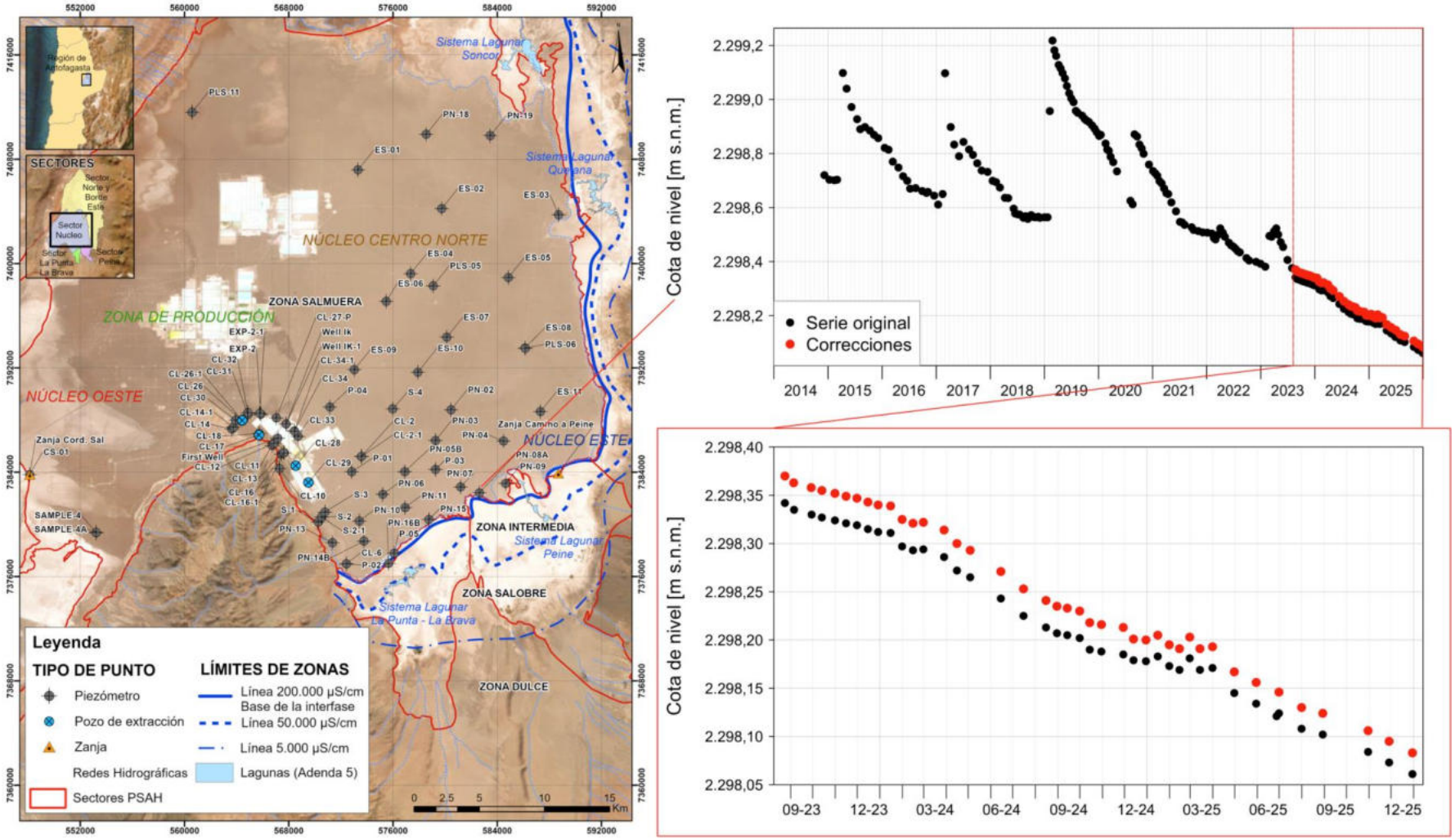
- **Punto MP-04:** En junio de 2023 se informó mediante carta ALB-GMA-2023-SMA-067, que puntos de plataforma del MP-04 fueron colisionados (MP-04B y MP-04C), se proponen medidas, las que fueron implementadas. Se envía carta ALB-GMA-2025-SMA-004, donde se informa que no hubo inconvenientes en poder seguir monitoreando la posición de la interfase salina y no existieron cambios en el comportamiento de los niveles.

- **Punto PP-02:** Mediante carta ALB-GMA-2025-SMA-015 se informan las acciones comprometidas referente al incidente ocurrido en el pozo PP-02 (pozo chocado). Se ejecutó un análisis estadístico de niveles, que indicó "(…) no es posible proponer una corrección a los datos, ya que el efecto del choque no resulta evidente" y, además, se presentó el set fotográfico de la evolución del estado de la plataforma.

- **Punto LM-17**: En carta ALB-GMA-2025-SMA-022, se informan las medidas comprometidas en cuanto al incidente ocurrido en el punto LM-17 (informado en carta ALB-GMA-2022-SMA-031). Se ejecuta un análisis estadístico del punto, que indica: "se recomienda restar 0.13 metros a todas las mediciones realizadas a partir de julio de 2022 en la cota nivel (msnm) y/o sumar 0.13 metros en la medida de profundidad (metros), asegurando así la coherencia con los registros históricos de monitoreo. En la Figura 4-29, se muestran los niveles medidos originales y las actualizaciones aplicadas a estos datos en el punto LM-17, para el periodo comprometido, desde julio de 2022 en adelante. Cabe

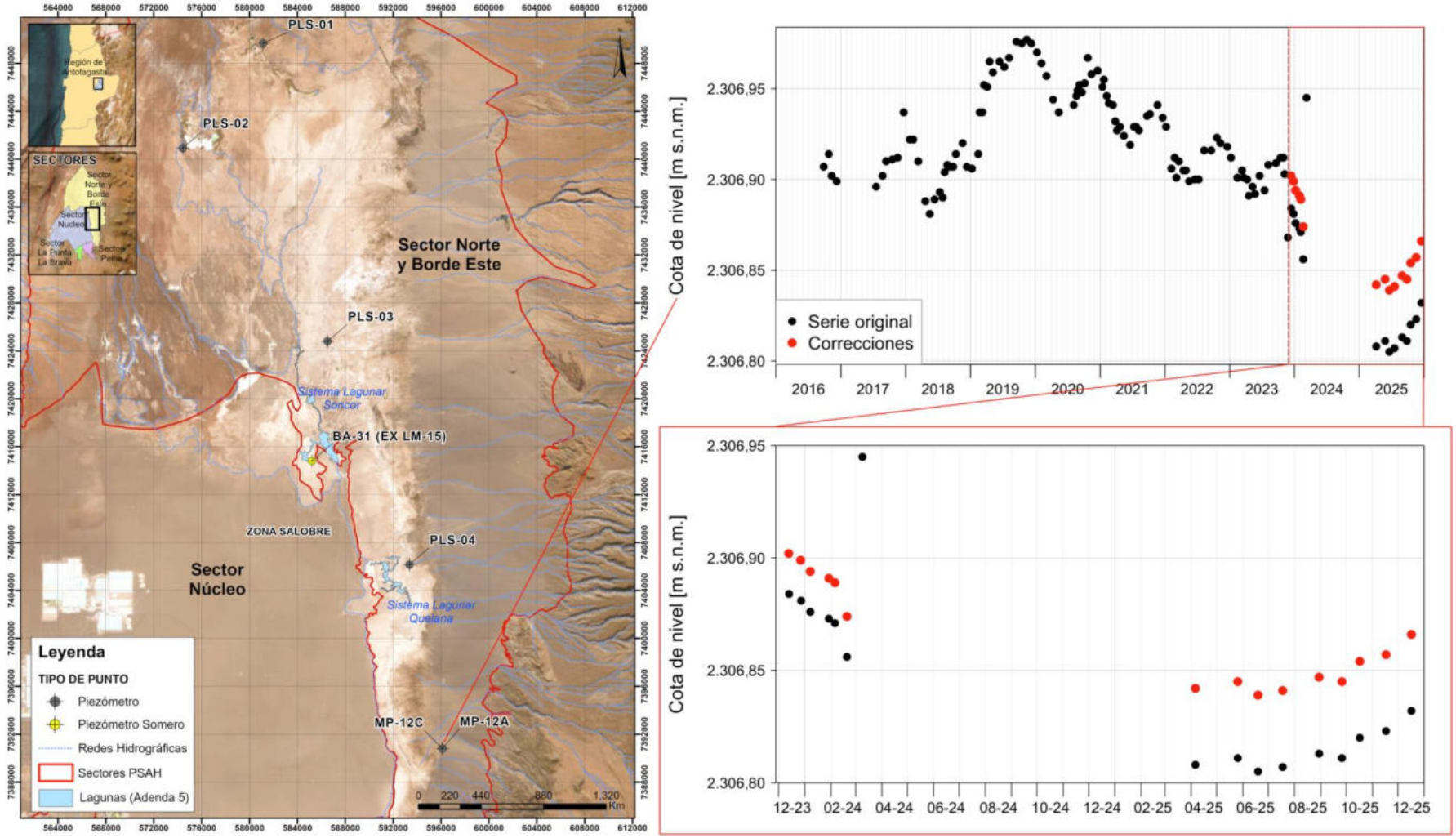
mencionar que para el año 2025 no se cuenta con registros de datos para este punto seco y por restricción de acceso por la comunidad de Peine.

Figura 4-27 Niveles originales y actualizados Punto de monitoreo PN-08A



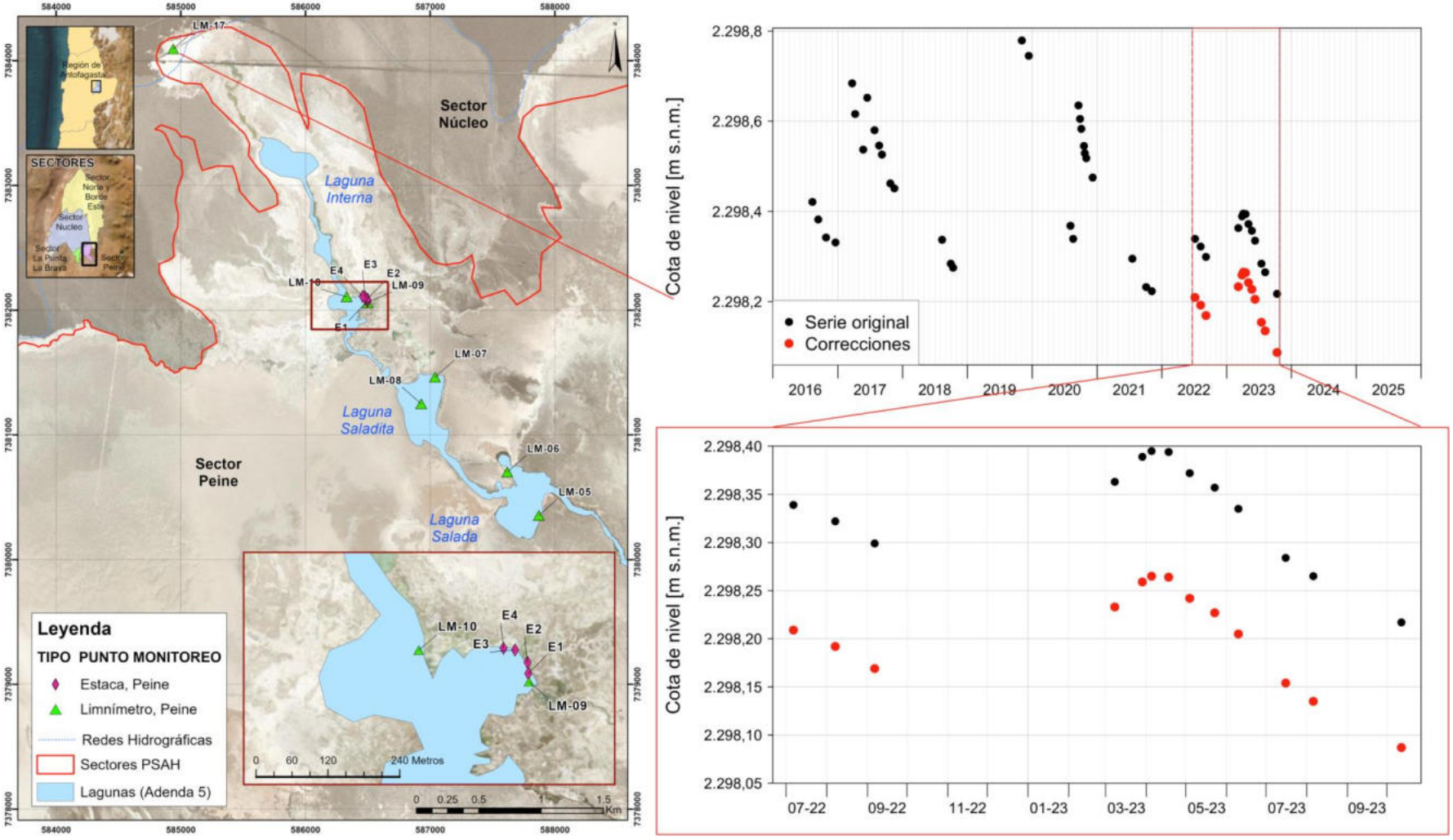
Fuente: Elaboración propia

Figura 4-28 Niveles originales y actualizados Punto de monitoreo MP-12A



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-29 Niveles originales y actualizados Punto de monitoreo LM-17



Fuente: Elaboración propia.

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Variables meteorológicas

En el presente subcapítulo, se presentan los registros de variables meteorológicas de la estación EM-Rockwood (Albemarle) para el año 2025, la cual reporta datos de precipitación, temperatura atmosférica (mínima y máxima), presión atmosférica y evaporación de lámina libre, las cuales se presentan en la Tabla 5-1, Tabla 5-2, Tabla 5-3, Tabla 5-4 y Tabla 5-5.

Asimismo, y según la información pública disponible de terceros para el año 2025, se analizan las variables de precipitación, presión atmosférica, temperatura del aire y la evaporación de lámina libre en las estaciones EM-Chaxa y EM-KCL, dado que estas cuentan con datos para el año 2025 (en análisis histórico se incluirá datos de mayor número de estaciones meteorológicas para analizar evolución).

Cabe señalar que, considerando lo comprometido en el PSAH "*La información generada se integrará y complementará con la de las estaciones de la DGA y de terceros en la cuenca a medida que esta información esté disponible",* lo cual se integra en la sección 6.1.1 del presente informe.

Tabla 5-1 Precipitación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2025

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	(*)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	(*)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	(*)	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	-	0,0	-	0,0	-	3,2	0,0	-	0,0	-	0,0
Total Mensual	**0,0**	**1,2**	**0,4**	**0,0**	**0,0**	**1,0**	**3,2**	**0,1**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Total Anual	**5,9**											

Nota: (-) Fecha inexistente en el mes.
(*) Sin medición. Se informa por medio de la carta ALB-GMA-2025-SMA-033, problemas con la descarga de datos por la actualización de la estación meteorológica.

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-2 Temperatura mínima diaria [°C] en EM-Rockwood, año 2025

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	10,7	13,2	14,5	9,4	7,1	1,7	2,2	8,3	2,1	5,0	6,4	9,1
2	12,4	14,8	13,8	9,3	5,0	2,9	1,2	4,5	1,0	5,3	6,9	11,7
3	12,0	15,3	14,4	8,7	4,1	2,2	0,7	3,9	8,6	6,5	6,5	11,7
4	14,2	17,9	12,9	10,2	6,2	3,3	2,5	4,8	2,5	6,2	8,3	12,6
5	14,7	15,2	13,4	11,3	6,2	4,4	2,2	4,1	7,1	5,6	9,1	14,6
6	15,0	15,9	13,4	9,2	5,8	5,3	2,5	3,3	9,8	5,5	9,6	11,4
7	13,8	15,9	14,0	9,9	5,5	3,5	2,4	2,5	11,4	6,3	7,1	10,4
8	13,4	15,1	11,2	10,1	9,8	2,6	1,5	4,6	5,0	6,3	7,2	10,1
9	13,0	18,6	13,4	8,6	4,2	3,7	0,9	1,6	3,8	6,1	8,5	10,7
10	11,6	15,4	12,4	8,5	2,9	1,8	0,3	1,8	4,9	7,2	9,4	10,7
11	11,8	16,4	11,1	7,7	6,2	2,3	0,6	2,0	3,7	6,9	7,9	11,6
12	12,2	16,4	12,4	9,1	7,4	3,6	1,5	2,9	4,7	9,1	8,8	10,0
13	10,4	15,7	11,9	7,9	5,8	4,2	1,8	3,3	5,6	9,4	9,7	8,0
14	10,3	16,1	12,1	7,4	7,1	2,7	3,2	3,6	8,9	8,4	8,3	9,4
15	10,6	17,1	8,5	7,4	7,0	2,8	2,7	3,7	7,2	6,8	8,2	9,3
16	12,8	16,6	10,6	7,5	7,7	1,7	1,2	3,9	7,5	8,2	8,4	8,5
17	11,4	16,6	11,2	5,4	8,0	1,1	2,0	3,7	5,7	10,3	7,4	10,9
18	11,4	15,0	11,1	6,7	4,9	0,1	1,8	4,0	4,6	9,1	8,9	11,6
19	12,7	14,7	11,4	7,2	4,1	-0,9	3,2	3,1	5,9	10,1	11,2	13,2
20	13,7	15,1	10,3	12,5	3,9	2,9	2,6	3,7	4,8	9,0	9,6	9,8
21	12,8	16,0	11,3	15,6	4,1	1,9	1,7	3,2	5,4	8,2	9,6	9,8
22	11,9	16,2	10,7	12,8	4,7	-1,3	1,5	1,9	5,3	8,2	10,3	9,6
23	12,9	16,7	(*)	11,5	5,8	0,4	1,6	0,5	6,3	9,4	9,2	9,2
24	13,1	15,7	(*)	8,4	6,3	-1,0	1,0	-0,3	6,7	8,6	9,2	10,7
25	14,6	16,9	(*)	7,6	6,0	1,9	2,4	-2,1	7,4	10,8	8,6	11,6
26	14,8	14,9	18,2	6,3	6,0	-0,6	6,7	1,1	10,3	9,1	9,2	13,7
27	13,6	15,0	13,0	5,8	3,2	4,1	5,1	4,8	7,9	8,3	9,6	14,2
28	13,4	15,2	11,5	5,5	3,7	6,8	3,3	3,2	7,9	8,2	11,4	15,8
29	13,1	-	11,1	5,3	1,9	0,6	3,6	3,9	6,2	8,6	11,9	12,6
30	12,9	-	11,0	5,5	2,5	-0,1	4,4	4,2	7,2	8,1	9,8	11,4
31	12,9	-	9,2	-	2,4	-	8,6	0,5	-	9,2	-	11,4
Temperatura Mínima Promedio Mensual [°C]	**12,7**	**15,8**	**12,1**	**8,6**	**5,3**	**2,2**	**2,5**	**3,0**	**6,2**	**7,9**	**8,9**	**11,1**

(-) Fecha inexistente en el mes.
(*) Sin medición. Se informa por medio de la carta ALB-GMA-2025-SMA-033, problemas con la descarga de datos por la actualización de la estación meteorológica.
Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-3 Temperatura máxima diaria en EM-Rockwood, año 2025

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	29,1	31,8	29,6	27,0	23,0	21,0	19,4	18,6	22,4	25,8	24,6	28,5
2	30,1	30,6	29,8	26,7	23,1	19,8	21,1	20,1	23,5	25,4	26,2	29,0
3	28,7	30,9	30,3	27,7	24,0	20,1	22,2	20,9	22,3	26,9	26,7	30,7
4	29,0	31,4	30,6	28,0	23,6	22,2	22,3	22,4	22,2	25,4	26,6	26,5
5	30,5	33,4	29,4	27,7	24,5	21,0	23,3	23,1	22,2	25,8	28,6	27,4
6	31,1	34,6	28,3	27,1	22,9	21,8	22,2	22,9	23,9	26,7	26,2	27,9
7	31,2	31,0	28,0	27,2	23,6	20,8	21,4	22,2	18,5	26,0	26,9	27,1
8	31,1	34,3	29,4	26,9	19,4	20,1	21,2	22,1	19,7	25,5	28,2	28,1
9	30,3	35,6	30,1	26,3	21,9	20,0	20,4	21,0	25,4	25,6	28,5	29,3
10	29,8	31,7	27,8	25,0	23,8	20,5	20,0	21,5	26,6	26,8	29,2	30,1
11	30,5	28,9	27,2	23,6	27,3	21,2	21,6	22,8	28,0	26,6	28,4	27,5
12	28,5	28,3	29,1	23,8	26,7	20,0	20,4	23,4	29,0	27,2	29,1	26,3
13	26,5	28,0	28,8	24,4	25,6	17,7	21,7	23,6	26,6	26,7	28,0	27,0
14	27,3	26,0	27,1	23,1	22,9	16,2	22,1	23,2	28,1	26,2	28,7	28,4
15	27,3	27,0	26,6	23,4	26,3	18,1	22,5	21,6	27,6	27,7	28,2	27,9
16	28,4	30,1	28,1	24,7	24,3	18,9	21,5	21,2	27,6	29,7	27,1	29,8
17	29,2	30,1	30,2	25,0	21,8	19,3	20,9	21,2	25,1	28,9	26,9	28,2
18	30,5	29,2	30,9	26,4	21,5	19,7	22,2	18,5	24,5	30,0	28,6	28,6
19	30,8	29,6	30,5	26,5	22,5	18,8	23,2	16,2	25,3	29,2	27,9	27,7
20	30,4	28,7	30,6	23,7	22,8	20,0	21,2	21,8	24,3	28,8	27,0	27,0
21	29,6	31,7	29,6	21,5	23,2	20,7	20,9	21,9	23,9	28,5	29,1	27,7
22	29,2	33,8	28,7	24,1	25,0	18,1	21,8	19,7	26,1	28,2	29,6	27,5
23	30,0	33,5	(*)	19,4	24,2	18,3	21,4	19,5	27,2	28,3	29,3	29,3
24	32,3	33,2	(*)	22,7	23,4	18,3	21,3	18,4	28,6	27,6	28,7	29,1
25	32,5	33,4	(*)	24,9	23,7	12,3	21,3	21,3	29,0	27,0	28,9	28,2
26	32,6	32,4	28,2	24,1	22,6	15,0	20,0	23,5	26,2	25,9	29,6	26,8
27	33,7	28,8	27,4	24,4	20,2	18,0	19,0	22,6	26,1	26,5	29,8	24,8
28	34,2	28,1	28,3	24,2	21,2	17,0	22,0	23,9	28,2	26,0	29,6	26,7
29	32,7	-	28,9	25,1	20,9	16,2	23,0	21,3	25,9	26,7	29,5	28,9
30	31,9	-	26,7	17,8	21,5	11,2	22,5	20,1	26,0	26,5	28,9	30,4
31	34,0	-	20,2	-	14,7	-	15,4	16,9	-	25,8	-	31,9
Temperatura Máxima Promedio Mensual [°C]	**30,4**	**30,9**	**28,6**	**24,7**	**23,0**	**18,7**	**21,3**	**21,2**	**25,3**	**27,0**	**28,2**	**28,2**

Nota: (-) Fecha inexistente en el mes.
(*) Sin medición. Se informa por medio de la carta ALB-GMA-2025-SMA-033, problemas con la descarga de datos por la actualización de la estación meteorológica.

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-4 Presión atmosférica diaria [mbar] en EM-Rockwood, año 2025

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	773,8	771,7	773,1	773,2	775,4	777,9	777,1	776,9	775,0	775,3	774,2	773,0
2	773,3	771,8	773,5	773,9	775,8	779,5	777,2	777,3	774,7	774,8	773,8	772,1
3	774,0	771,5	773,0	774,0	774,7	778,3	776,6	775,9	774,4	774,3	774,8	771,2
4	773,9	771,5	771,5	774,4	774,9	776,7	777,1	775,9	774,5	775,3	775,7	772,9
5	773,2	771,2	771,4	774,3	774,8	777,3	776,8	777,4	774,6	775,2	775,3	772,3
6	772,6	770,8	774,0	774,8	775,2	777,3	776,6	777,5	775,1	773,0	774,2	773,2
7	773,2	772,8	775,0	773,3	774,0	778,7	776,0	776,0	775,3	772,1	772,4	774,3
8	773,0	772,1	774,3	773,4	775,1	777,8	776,3	775,0	777,1	773,0	771,5	772,7
9	772,3	771,9	774,1	775,0	776,4	776,5	777,1	776,3	775,9	774,7	773,5	771,2
10	772,5	772,6	774,5	775,5	775,4	777,3	776,2	777,1	776,0	775,1	773,7	770,6
11	772,1	771,6	774,9	774,5	775,8	778,8	775,5	775,4	775,1	774,2	774,3	771,5
12	773,3	772,6	774,6	774,9	775,3	778,0	776,7	774,5	773,8	773,2	773,1	771,4
13	774,4	774,4	773,8	774,8	774,5	775,5	777,3	774,5	774,9	772,8	772,8	772,1
14	774,8	774,3	774,2	775,2	774,0	778,2	777,4	775,2	773,0	773,3	773,4	773,2
15	774,9	772,4	775,5	774,5	773,5	779,1	775,7	775,8	773,7	773,2	773,0	772,6
16	774,7	771,9	775,8	773,8	774,5	777,5	774,5	775,0	773,3	771,8	773,3	771,5
17	774,8	772,5	775,2	773,6	776,7	776,3	774,9	773,2	775,0	772,5	772,8	771,9
18	775,1	771,6	774,3	774,2	776,3	776,2	775,1	771,8	775,0	773,2	773,6	771,3
19	773,5	772,3	774,0	774,1	775,4	778,2	775,3	775,1	775,8	774,1	773,1	772,7
20	772,0	773,4	774,1	773,6	775,3	778,9	776,5	774,9	776,5	773,9	773,1	773,6
21	772,9	774,0	774,4	773,2	774,9	777,9	776,0	773,7	774,7	772,9	772,4	772,9
22	774,2	774,0	773,7	773,0	774,5	776,6	775,4	774,1	773,3	773,1	772,3	772,5
23	773,6	773,2	(*)	774,2	775,0	776,3	775,4	774,4	774,2	773,2	771,9	771,9
24	772,4	772,4	(*)	774,6	775,1	775,8	775,3	773,7	775,7	773,3	771,9	771,9
25	773,0	773,0	(*)	773,7	775,1	777,2	774,6	775,1	775,1	773,0	773,0	771,4
26	772,8	772,8	773,5	774,0	775,7	778,1	773,1	775,2	775,5	772,5	772,1	771,8
27	771,3	773,6	774,1	774,4	776,8	776,1	775,7	775,6	774,3	772,5	771,9	772,6
28	771,8	772,7	773,0	774,5	777,1	779,1	776,8	775,3	773,9	774,3	772,1	773,1
29	773,0	-	772,7	774,4	776,6	779,3	776,1	772,6	775,4	775,0	772,0	772,8
30	772,8	-	773,3	774,9	776,5	778,3	775,3	772,0	774,9	774,7	772,9	772,7
31	771,7	-	773,6	-	776,9	-	776,7	773,3	-	774,1	-	773,3
Presión Atm. Promedio Mensual [mbar]	**773,3**	**772,5**	**773,9**	**774,2**	**775,4**	**777,6**	**776,0**	**775,0**	**774,9**	**773,7**	**773,1**	**772,3**

Nota: (-) Fecha inexistente en el mes.
(*) Sin medición. Se informa por medio de la carta ALB-GMA-2025-SMA-033, problemas con la descarga de datos por la actualización de la estación meteorológica.

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-5 Evaporación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2025

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	13,9	14,8	10,6	9,0	6,6	4,0	3,2	5,8	6,6	9,7	10,0	12,9
2	13,9	13,1	11,1	8,3	5,6	4,3	4,3	4,7	7,9	7,9	10,8	14,2
3	13,6	(1)	(1)	9,1	6,6	4,2	3,8	6,4	9,2	10,3	11,0	13,7
4	12,3	17,4	15,0	8,7	5,0	5,6	4,1	5,2	7,3	9,6	11,1	12,1
5	13,0	16,4	14,1	8,8	7,3	4,6	4,5	5,5	8,4	9,2	12,5	13,3
6	14,3	16,3	12,6	8,4	5,7	6,4	4,5	5,2	9,0	9,4	10,7	12,1
7	(1)	12,7	12,9	(1)	6,8	4,6	4,3	6,3	7,9	10,5	10,7	10,7
8	18,3	16,4	12,8	8,8	5,1	4,2	5,0	6,9	6,8	9,2	12,1	12,8
9	16,3	17,7	12,5	8,1	4,6	4,0	4,3	5,7	6,5	9,5	11,6	13,2
10	14,4	(1)	(1)	8,2	4,7	4,8	4,2	5,1	7,3	10,9	13,4	14,7
11	14,3	14,7	12,1	8,1	6,4	5,5	4,2	5,1	7,6	9,7	11,6	13,4
12	15,3	10,1	11,9	6,8	6,3	5,2	4,0	5,7	9,2	11,9	11,9	12,0
13	(1)	8,7	11,7	7,0	5,4	6,9	4,1	5,7	8,4	11,0	11,8	11,5
14	12,9	7,6	12,6	6,8	4,8	4,8	4,6	6,7	9,3	11,5	12,0	11,4
15	13,0	11,4	11,0	7,2	6,7	4,3	5,6	7,3	8,7	11,2	11,9	12,6
16	13,9	14,2	10,6	6,8	7,3	5,8	5,1	5,7	10,9	11,8	11,2	13,7
17	13,0	(1)	(1)	7,1	6,7	6,5	4,2	9,0	9,1	12,3	10,9	12,7
18	13,2	14,6	14,6	7,6	4,3	6,2	4,8	12,5	8,6	12,8	12,6	13,1
19	13,2	14,1	13,7	7,9	4,4	3,2	5,3	5,6	9,1	12,1	13,2	12,7
20	(1)	11,9	12,6	6,3	6,3	4,3	4,8	5,7	8,9	12,3	13,0	11,9
21	15,9	13,4	11,8	4,6	4,7	5,3	4,2	8,7	9,3	11,6	12,2	13,5
22	14,4	14,4	11,4	(1)	5,3	4,3	4,3	8,9	8,3	11,3	12,5	12,8
23	13,1	14,5	(*)	4,8	5,6	4,6	4,7	7,2	9,4	11,6	11,8	13,4
24	14,1	14,6	(*)	5,4	4,6	4,6	5,9	6,6	9,3	11,6	12,0	13,7
25	15,6	12,5	(*)	7,9	6,0	5,6	4,6	5,3	9,4	11,5	14,0	13,2
26	15,1	13,5	16,9	6,8	6,3	2,8	7,1	7,0	11,0	10,8	13,4	13,7
27	(1)	11,4	9,1	6,9	4,7	5,9	5,9	6,9	8,6	10,6	13,7	11,4
28	17,2	11,1	9,4	6,5	4,3	7,6	7,1	6,2	10,2	11,8	13,1	12,9
29	15,9	-	9,1	6,8	3,9	3,7	5,3	7,2	9,7	11,4	14,3	12,0
30	15,6	-	8,8	6,0	4,2	1,7	6,2	11,1	9,4	11,4	13,3	13,2
31	16,1	-	9,2	-	4,2	-	1,2	3,6	-	11,8	-	14,3
Evaporación Total Mensual [mm]	**391,9**	**337,2**	**298,0**	**204,7**	**170,4**	**145,5**	**145,4**	**204,5**	**261,3**	**338,2**	**364,3**	**398,8**

Nota:(-) Fecha inexistente en el mes.
(*) Sin medición. Se informa por medio de la carta ALB-GMA-2025-SMA-033, problemas con la descarga de datos por la actualización de la estación meteorológica.
(1) Sin registro de evaporación diaria por limpieza y relleno de salmuera.

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Cabe indicar que la estación EM-Rockwood reemplazó la estación EM-SCL ubicada en Planta Salar a partir de mayo 2016[14] por lo que, para efecto de la evolución del comportamiento, las variables registradas por ambas estaciones son analizadas de manera continua en una sola serie de datos por variable. A continuación, se realiza la descripción de los resultados del registro de variables meteorológicas de EM-Rockwood, perteneciente a Albemarle, junto con las variables de dos estaciones cercanas, EM Chaxa y EM-KCL, ambas pertenecientes a SQM.

5.1.1 Precipitación

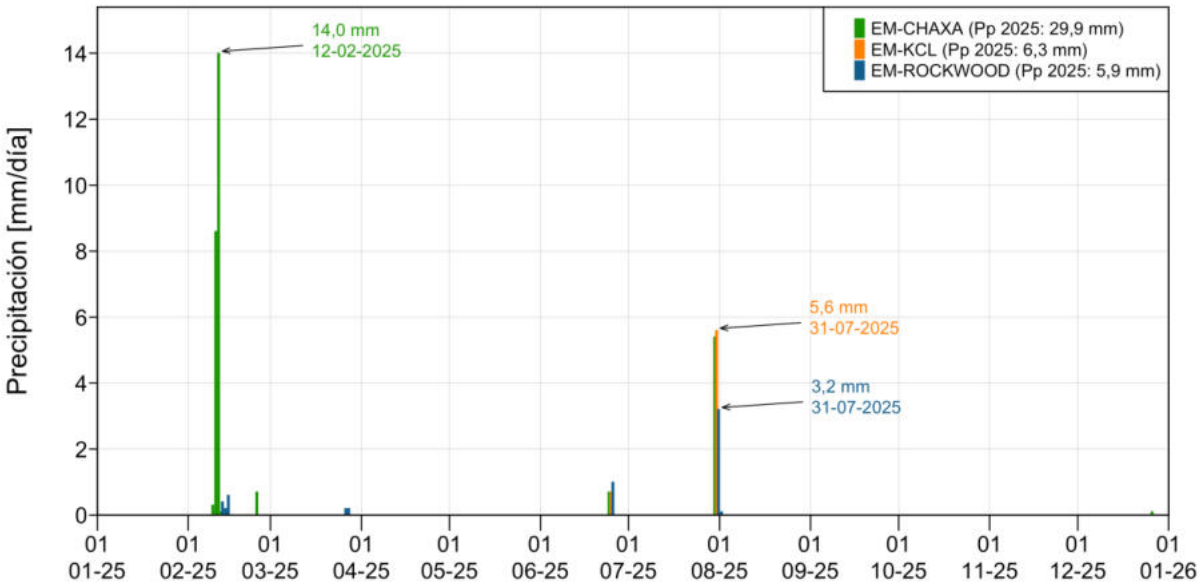
En la Figura 5-1 se presenta el registro de las precipitaciones diarias de 2025 para las estaciones EM-Chaxa, EM-KCL y EM-Rockwood. Dentro de este conjunto, se observa que las precipitaciones de la estación EM-Rockwood son menores durante el año 2025.

De acuerdo con estas estaciones, en 2025 el mayor registro de precipitación diaria corresponde a la estación EM-Chaxa, con 14,0 mm el día 12 de febrero, donde el día previo (11 de febrero) ya se habían registrado 8,6 mm. En esta misma estación se registran otros eventos de menor magnitud, destacando 5,4 mm el 31 de julio, mientras que el resto de los registros diarios no supera 0,7 mm/día. Por su parte, la estación EM-KCL presenta un máximo diario de 5,6 mm el 31 de julio 2025 y un registro de 0,7 mm el 25 de junio. Por último, en la estación EM-Rockwood (Figura 5-1) los registros diarios son de menor magnitud, con un máximo diario de 3,2 mm el 31 de julio de 2025 seguido por 1,0 mm el 25 de junio, mientras que el resto de los registros diarios corresponde a eventos aislados inferiores a 0,6 mm/día.

En la Figura 5-2 se grafica el registro de precipitaciones mensuales para el año 2025 en las estaciones EM-Chaxa, EM-KCL y EM-Rockwood. En dicha figura se observa que el mayor registro mensual corresponde a la estación EM-Chaxa, con 23,7 mm en febrero. Le siguen los registros de julio de 2025 con 5,6 mm en EM-KCL, 5,4 mm en EM-Chaxa y 3,2 mm en EM-Rockwood. En el caso de EM-Rockwood (Figura 5-2) se observan los registros de precipitaciones mensuales de menor magnitud los meses de febrero, marzo, junio y agosto de 2025, con valores iguales o inferiores a 1,2 mm/mes. En general, el resto de los meses del año 2025 no presenta precipitaciones o estas corresponden a eventos aislados de muy baja magnitud.

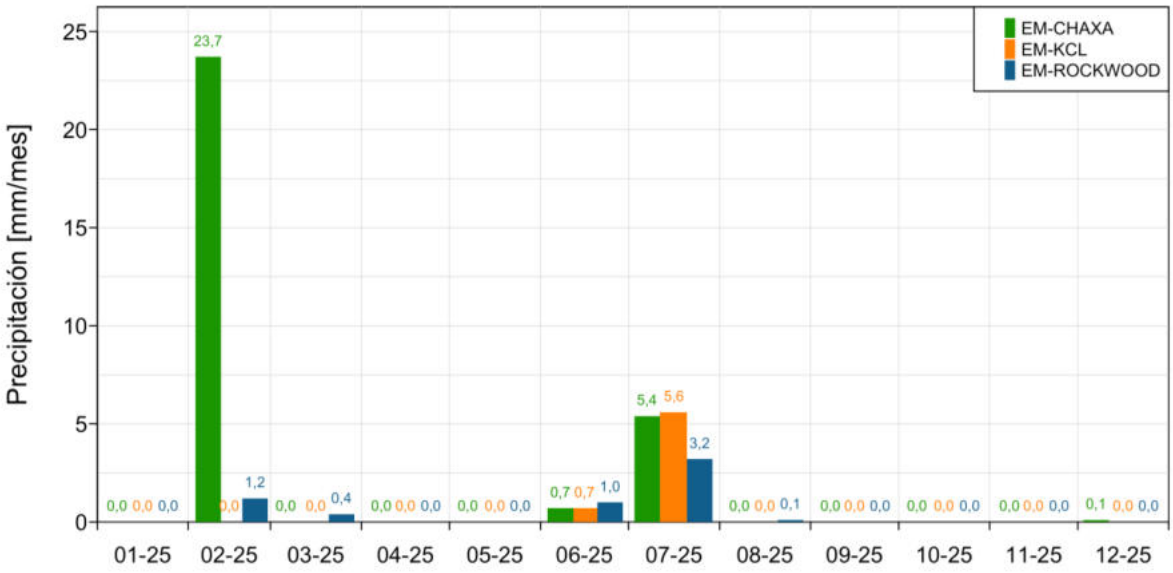
[14] El registro histórico de las variables meteorológicas de las estaciones de Albemarle considera la integración de los datos obtenidos por la EM-SCL desde enero 2009 hasta abril 2016 junto a los datos obtenidos por la EM-Rockwood desde mayo 2016 hasta diciembre 2025. Esta nueva estación se ubica a una distancia de 750 m al noreste de la estación que reemplaza.

Figura 5-1 Precipitación diaria EM-Rockwood, EM-KCL y EM-CHAXA, 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-2 Precipitación mensual EM-Rockwood, EM-KCL y EM-CHAXA, 2025

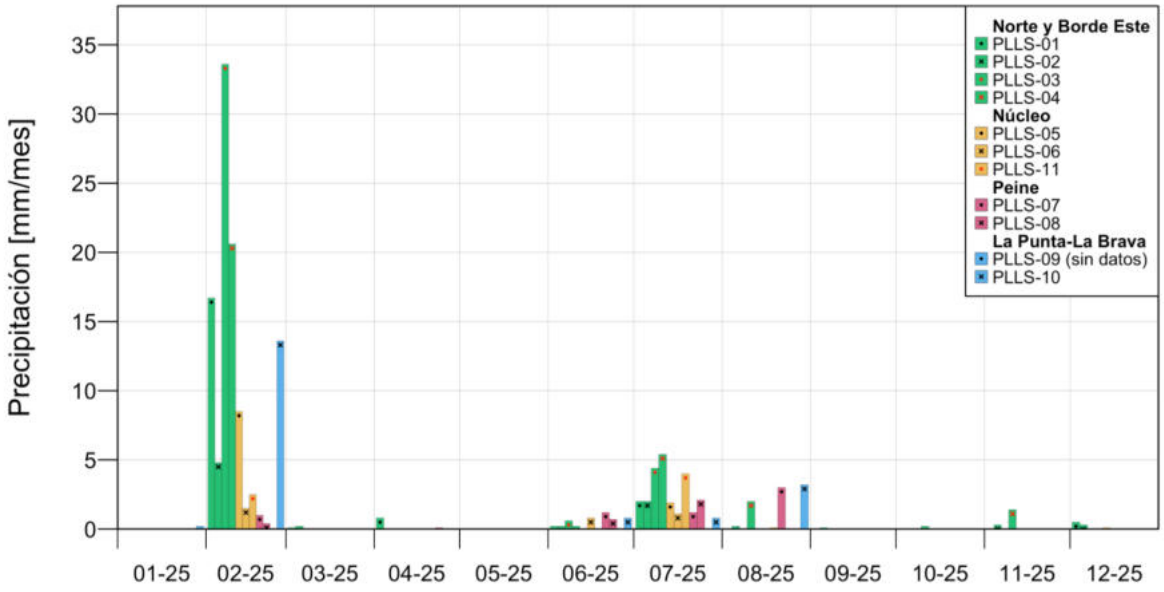


Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la Figura 5-3 se grafica la precipitación mensual registrada durante el año 2025 en la red complementaria de pluviómetros PLLS, observándose un comportamiento consistente con lo descrito previamente para las estaciones meteorológicas (sobre todo EM-CHAXA), con un máximo en febrero; por ejemplo, 33,6 mm en PLLS-03 del sector Norte y Borde Este; 13,6 mm en PLLS-10 en La Punta La Brava; 8,5 mm en PLLS-05 en el sector Núcleo; y solo 1,0 mm en PLLS-07 en Peine, evidenciando en este último sector una condición

relativamente más seca. En julio se registra un segundo evento de menor magnitud; 5,4 mm en PLLS 04 en Norte y Borde Este; 4,0 mm en PLLS-11 en el sector Núcleo; 2,1 mm en PLLS-08 en Peine; y 0,8 mm en PLLS-10 en La Punta-La Brava. En el resto de los meses los máximos puntuales mensuales son considerablemente menores.

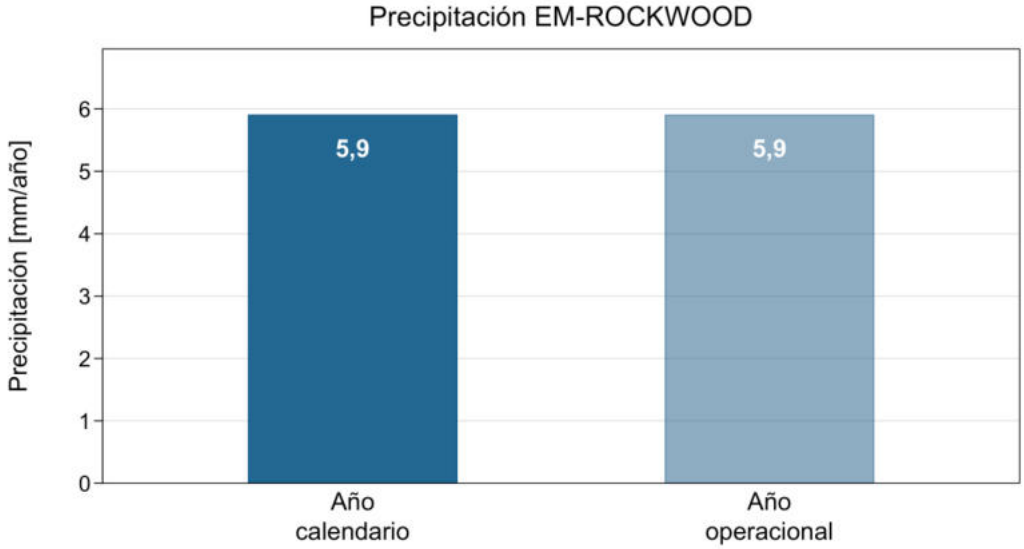
Figura 5-3 Precipitación mensual en pluviómetros PLLS



Fuente: Elaboración propia

La Figura 5-4 presenta la precipitación total acumulada de EM-Rockwood para el año calendario del salar de Atacama (ene-dic 2025) y año operacional del Proyecto (oct 2024-sept 2025). Para este período ambos valores coinciden.

Figura 5-4 Precipitación para el año calendario y para el año operacional, EM-Rockwood, 2025



Nota: El año operacional 2025 comprende desde octubre 2024 hasta septiembre 2025, mientras que el año calendario comprende desde enero hasta diciembre 2025.

Fuente: Elaboración propia

En la sección 6.1.1 se analiza la evolución histórica de la precipitación, a partir de los datos obtenidos de la estación EM-SCL/EM-Rockwood, junto con las estaciones de terceros.

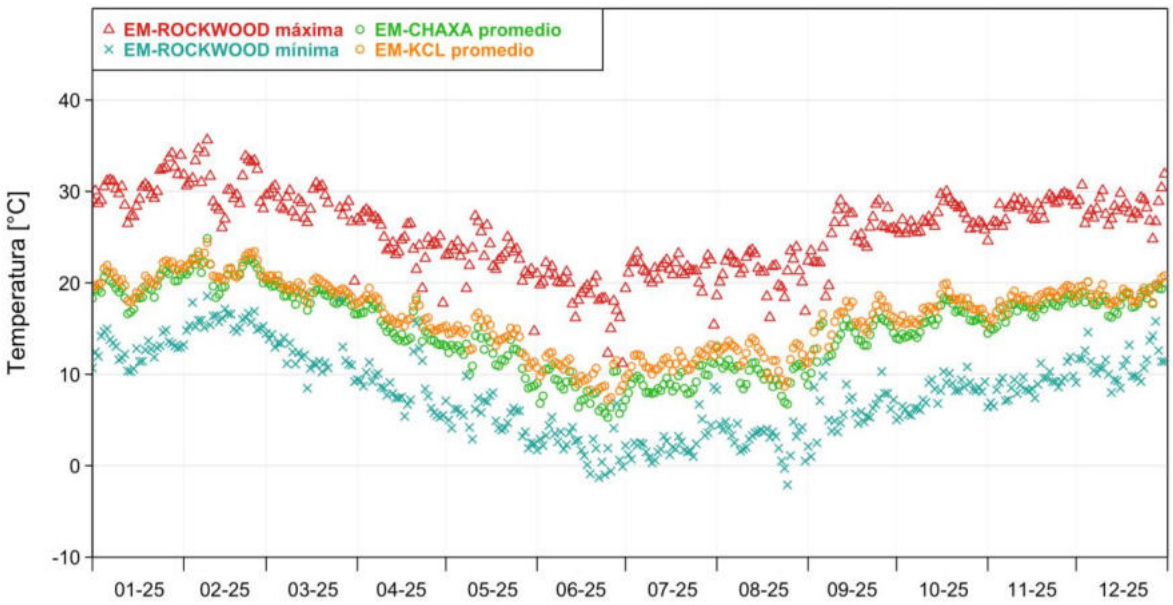
5.1.2 Temperatura

En la Figura 5-5 se presenta el registro de las temperaturas extremas diarias, obtenidas desde la estación EM-Rockwood durante el año 2025. En dicha figura se observa una variación estacional, donde las temperaturas mínimas se registran en los meses invernales (estaciones frías), mientras que las temperaturas máximas se registran entre los meses estivales (estaciones cálidas).

Durante el año 2025, en la estación EM-Rockwood la temperatura mínima diaria registrada alcanzó los -2,1°C el 25 de agosto, mientras que la temperatura máxima diaria alcanzó 35,6°C el 16 de febrero. La oscilación térmica diaria promedio (diferencia entre temperatura máxima y temperatura mínima) durante 2025 fue de 17,6 °C (el detalle de los datos se puede ver en el Anexo A).

Además, en la misma Figura 5-5 se observa la evolución de la temperatura media diaria de las estaciones EM-Chaxa y EM-KCL, observándose un comportamiento temporal coherente con el ciclo estacional descrito por EM-Rockwood, dentro del rango de los máximos y mínimos que presenta la estación.

Figura 5-5 Temperaturas extremas diarias [°C], 2025



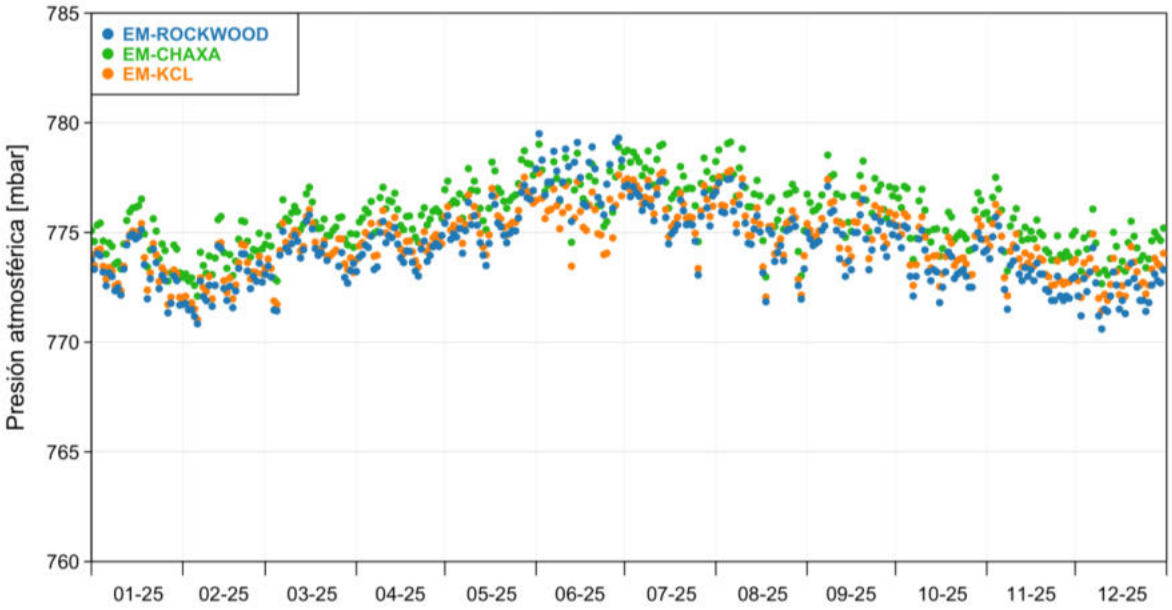
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Presión atmosférica

En la Figura 5-6 se presenta el registro de presión atmosférica diaria para el año 2025. Los registros de presión atmosférica muestran variación estacional, observándose un aumento progresivo desde los meses estivales hacia el periodo invernal, para volver a una disminuir hacia el periodo estival. En la estación EM-Rockwood, el valor mínimo se registró el 10 de diciembre, con 770,6 mbar, mientras que el valor máximo diario alcanzó 779,5 mbar el 2 de junio de 2025.

Al comparar EM-Rockwood con los datos de las estaciones EM-Chaxa y EM-KCL, se observa un comportamiento sincrónico y similar de la presión atmosférica en los tres puntos, presentando la estación EM-Chaxa valores levemente mayores.

Figura 5-6 Presión atmosférica diaria, 2025



Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Evaporación

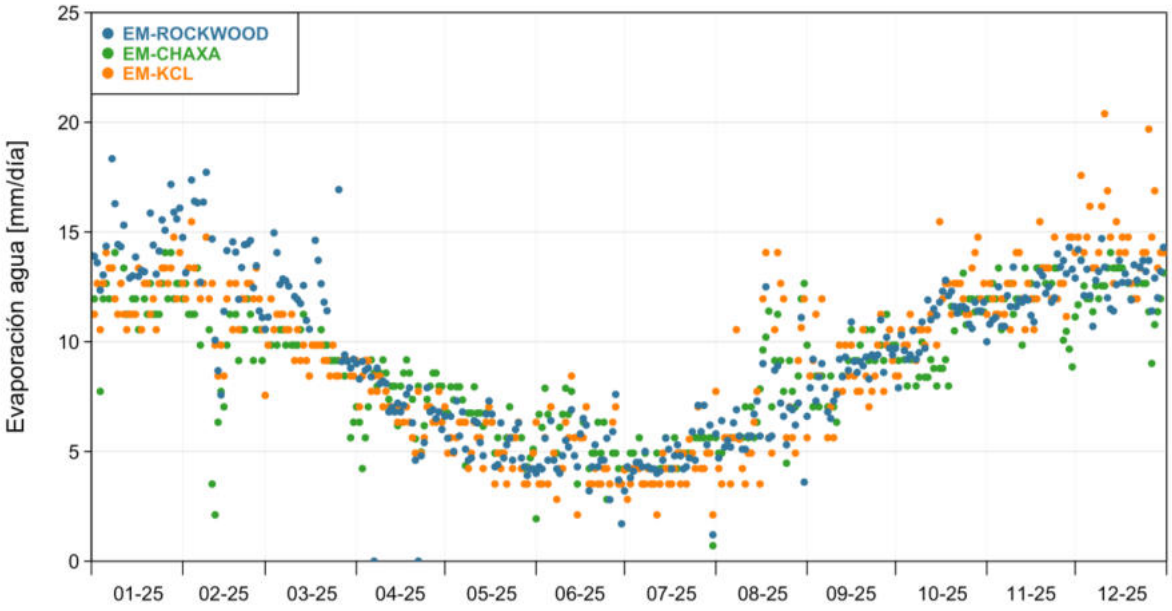
En la Figura 5-7 se presenta el registro de evaporación de agua en lámina libre a escala diaria para el año 2025. Los datos muestran una variación estacional, con mayores tasas de evaporación durante la temporada cálida (octubre a marzo) y menores valores durante la temporada fría (abril a septiembre). En la misma Figura 5-7 se presentan también los datos de las estaciones EM-Chaxa y EM-KCL, donde se observa que la evaporación presenta un comportamiento sincrónico y similar en las tres estaciones, siendo levemente mayor en EM-Rockwood.

Cuantitativamente, las menores evaporaciones se registran en la temporada fría con un promedio de 6,2 mm/día (promedio calculado para los meses entre abril y septiembre 2025),

con valores mínimos los meses de julio y junio, con una evaporación diaria de 4,7 mm/día y 4,9 mm/día, respectivamente (los datos cercanos a 0 se consideran anómalos). Las mayores evaporaciones se registran en los meses cálidos, con valores promedio de 12,6 mm/día (promedio calculado considerando los meses enero a marzo y octubre a diciembre 2025), registrándose el valor máximo el día 8 de enero, con una evaporación diaria de 18,3 mm/día.

La relación de este comportamiento con otras variables será analizada posteriormente en el capítulo 6 de discusión.

Figura 5-7 Evaporación diaria, 2025



Fuente: Elaboración propia

5.2 Evapotranspiración

En la presente sección se muestran los resultados de las campañas de medición de la tasa de evapotranspiración (EVT) realizadas durante el año 2025, mediante el método del domo, para los puntos comprendidos en la red de monitoreo del PSAH (Figura 4-5).

La presentación de los resultados de las mediciones de evaporación se realiza por los siguientes sectores PSAH:

- Sector La Punta - La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este
- Sector Núcleo

En la Tabla 5-6 se muestran los 22 puntos de monitoreo para la evapotranspiración, agrupados según el sector, donde se detalla el periodo de registro a la fecha.

Los resultados registrados durante las campañas de monitoreo del año 2025 se muestran entre la Tabla 5-7 y Tabla 5-10 para cada sector.

Al igual que los años anteriores, las campañas se realizan con frecuencia trimestral, este año en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre. El dato trimestral se calcula mediante la misma metodología de la Adenda 5, es decir, a partir del promedio de dos datos diarios obtenidos en el mes del trimestre (la metodología de la evapotranspiración se detalla en la sección 4.3.2).

Tabla 5-6 Resumen información puntos de medición de evapotranspiración

Sector	Punto de Monitoreo	Equivalencia futura	Periodo de registro	
		Red de Monitoreo Lisímetros		
Norte y Borde Este	EVT-1	-	01-05-2013	12-2025
	EVT-2	-	01-05-2013	12-2025
	EVT-3	LS-01	01-05-2013	12-2025
	EVT-4	LS-02	01-05-2013	12-2025
	EVT-5	-	01-05-2013	12-2025
	EVT-6	LS-03	01-05-2013	12-2025(3)
	EVT-7	-	01-05-2013	12-2025(3)
	EVT-8	-	01-05-2013	12-2025(3)
	EVT-11	-	01-05-2013	12-2025
	EVT-12	-	01-05-2013	12-2025(3)
Núcleo	EVT-9	LS-05	01-05-2013	12-2025
	EVT-10	LS-06	01-05-2013	12-2025
	EVT-13	-	01-05-2013	12-2025
Peine	EVT-15	-	01-05-2013	12-2025(5)
	EVT-16	-	01-05-2013	12-2025(5)
	EVT-17	LS-07	01-05-2013	12-2025
	EVT-18	-	01-05-2013	09-2024(1,2,3,4)
	EVT-23	LS-08	01-08-2013	09-2024(1,2,3,4)
La Punta-La Brava	EVT-19	-	01-05-2013	12-2025(3)
	EVT-20	LS-10	01-05-2013	12-2025(3)
	EVT-21	-	01-05-2013	12-2025(3)
	EVT-22	LS-09	01-08-2013	12-2025(3)

Nota: Es importante mencionar que los lisímetros LS-04 y LS-11, de los sectores Norte y Borde Este y Núcleo respectivamente, no cuentan con un punto equivalente de medición con el método del domo.

(1) Marzo 2025 (primer trimestre) sin acceso al sector por época de reproducción de flamencos, según Carta Oficial N°94/2024 (Anexo L).
(2) En junio 2025, restricción por mal estado de caminos de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo "Re: Coordinación 03-06-2025" y "Re: Coordinación 06-06-2025" (Anexo L).
(3) En septiembre 2025, restricción de ingreso por comunidades Peine, Toconao y Talabre (carta ALB-GMA-2025-SMA-094, ver Anexo M).
(4) En diciembre, sin acceso por época de reproducción de flamencos, según carta N°147/2025 (ver Anexo L).
(5) Medición de septiembre se realiza el 01 de octubre.

Fuente: Elaboración propia

5.2.1 Sector La Punta-La Brava

En el Sector La Punta-La Brava, existen 4 puntos de monitoreo de medición de evaporación, estos son: EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22, la ubicación de los puntos se presenta en el mapa de la Figura 5-8 y los resultados de las mediciones para el año 2025, se presentan en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector La Punta - La Brava

Punto de Monitoreo	Tasa Promedio EVT (mm/día)			
	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.
	mar-25	jun-25	sept-25	dic-25
EVT-19	2,492	1,538	(1)	3,960
EVT-20	0,787	0,405	(1)	1,175
EVT-21	0,471	0,412	(1)	0,517
EVT-22	0,661	0,065	(1)	0,438 (2)

(1) Restricción de ingreso en septiembre (carta ALB-GMA-2025-SMA-094).
(2) Dato corresponde a un día de medición.

Fuente: Elaboración propia

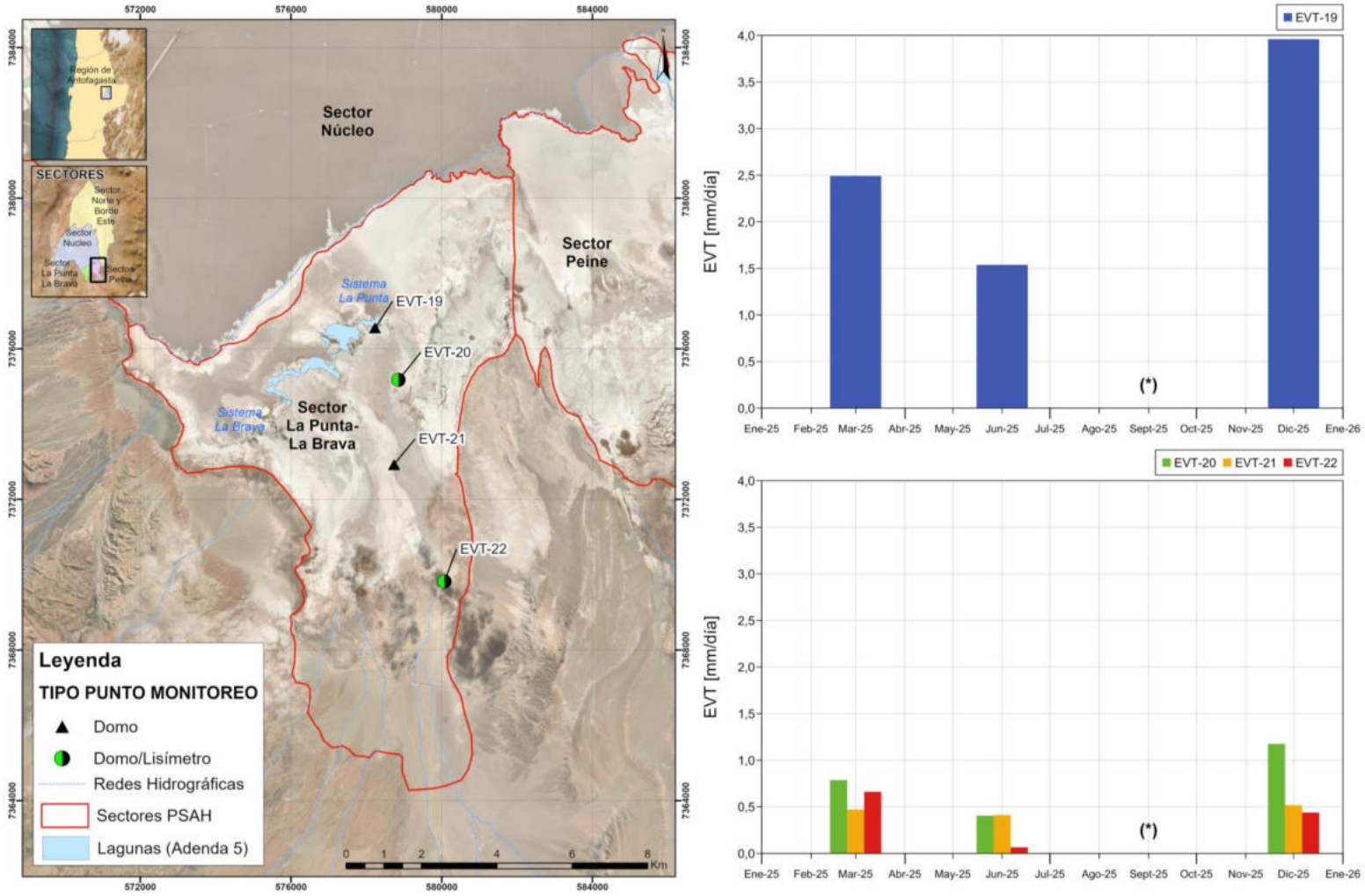
En la Figura 5-8, se muestra el comportamiento de la evapotranspiración dado por los puntos de medición de EVT comprometidos en el PSAH en el sector La Punta-La Brava en el año 2025.

Durante el año 2025, el menor valor registrado en los puntos EVT-20, EVT-21 y EVT-22 corresponde a 0,065 mm/día en el punto EVT-22 (junio 2025), mientras que el máximo de evapotranspiración registrado corresponde a 1,175 mm/día promedio mensual en el punto EVT-20 (diciembre 2025).

El punto EVT-19, ubicado en el espejo de agua de la laguna La Punta, se grafica de manera particular en la misma Figura 5-8, debido a la diferencia de escala con respecto al resto de las mediciones. En dicha estación, las medidas se realizan en el espejo de agua de la Laguna La Punta y presenta tasas de evapotranspiración mensual entre 1,538 mm/día (junio 2025) y 3,960 mm/día (diciembre 2025) para el año 2025, presenta el mayor promedio del sector La Punta -La Brava con 2,663 mm/día.

En general, se observa un comportamiento estacional de la evaporación, con menores tasas de evapotranspiración durante el invierno (abril a septiembre 2025) y mayores en verano (octubre a marzo 2025).

Figura 5-8 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22, año 2025, Sector La Punta-La Brava



Nota: **(*)** Falta de datos en el tercer trimestre 2025, para todos los puntos, se explica en la Tabla 5-7.
Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Sector Peine

En el Sector Peine, existen 5 puntos de monitoreo de medición de evaporación: EVT-15, EVT-16, EVT-17, EVT-18 y EVT-23. La ubicación de los puntos se presenta en el mapa de la Figura 5-9 y los resultados de las mediciones para el año 2025, se presentan en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector Peine

Punto de Monitoreo	Tasa Promedio EVT (mm/día)			
	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.
	mar-25	jun-25	sept/oct-25	dic-25
EVT-15	0,044	0,043 (2)	0,073 (4)	0,062
EVT-16	0,485	0,099	0,497 (4)	0,885
EVT-17	0,072	0,028	0,020 (5)	0,062
EVT-18	(1)	(3)	(6)	(7)
EVT-23	(1)	(3)	(6)	(7)

(1) Restricción de acceso al sistema lagunar por parte de la comunidad de Peine, según Carta Oficial N°94/2024 (Anexo L) hasta segunda quincena de marzo 2025, y extendido hasta fines de abril según Carta Oficial N°111/2025 (Anexo L). No se pudo medir en los puntos EVT-18 y EVT-23 ya que se encuentran en el entorno de las lagunas.
(2) Dato corresponde a 1 día de medición.
(3) Restricción por mal estado de caminos de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo “Re: Coordinación 03-06-2025” y “Re: Coordinación 06-06-2025” (Anexo L).
(4) Medición realizada en octubre 2025, por restricción de ingreso en septiembre (carta ALB-GMA-2025-SMA-094).
(5) Solo se realiza 1 día de medición por restricción de acceso al punto por la comunidad de Peine.
(6) Restricción de ingreso en septiembre (carta ALB-GMA-2025-SMA-094).
(7) Sin acceso por época de reproducción de flamencos, según carta N°147/2025 (ver Anexo L).

Fuente: Elaboración propia

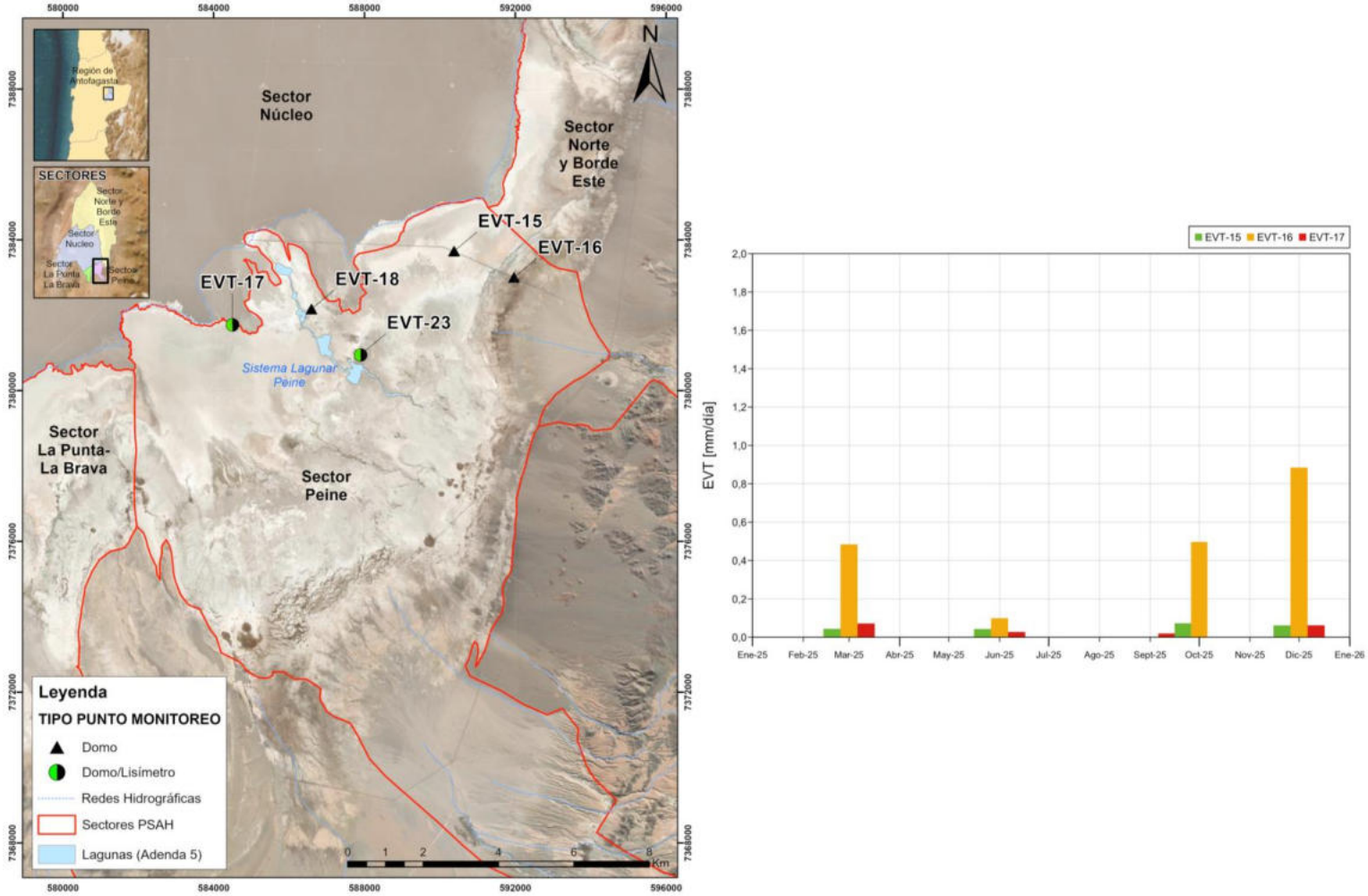
En la Figura 5-9 se muestra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de medición de EVT comprometidos en el sector Peine en el año 2025.

El rango de variación observado para las estaciones que cuentan con datos (EVT-15, EVT-16 y EVT-17) varía entre un mínimo de 0,020 mm/día (EVT-17, septiembre 2025) y un máximo de 0,885 mm/día (EVT-16, diciembre 2025).

Los puntos EVT-18 y EVT-23 no cuentan con datos, lo que se detalla en la Tabla 5-8.

En general, con los datos disponibles, se observa un comportamiento estacional de la evapotranspiración, con menores tasas durante el invierno (abril a septiembre 2025) y mayores en verano (octubre a marzo 2025**).**

Figura 5-9 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-15, EVT-16, EVT-17, EVT-18 y EVT-23, año 2025, Sector Peine



Nota: Falta de datos en EVT-18 y EVT-23 para todo 2025 se explica en la Tabla 5-8.
Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Sector Norte y Borde Este

En el Sector Norte y Borde Este, existen 10 puntos de monitoreo de medición de evaporación: EVT-1, EVT-2, EVT-3, EVT-4, EVT-5, EVT-6, EVT-7, EVT-8, EVT-11 y EVT-12, la ubicación de los puntos se presenta en el mapa de la Figura 5-10, y los resultados de las mediciones para el año 2025, se presentan en la Tabla 5-9.

Tabla 5-9 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector Norte y Borde Este

Punto de Monitoreo	Tasa Promedio EVT (mm/día)			
	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.
	mar-25	jun-25	sept-25	dic-25
EVT-1	0,320	0,393	0,077	0,303
EVT-2	0,588	0,346	0,276	0,466
EVT-3	0,410	0,350	0,110	0,431
EVT-4	(1)	0,292	0,467	1,901
EVT-5	(1)	1,005	2,399	2,790
EVT-6	0,583	0,516	(2)	0,913 (3)
EVT-7	0,675	0,208	(2)	0,482
EVT-8	0,637	0,231	(2)	0,365
EVT-11	0,134	0,032	0,037	0,091
EVT-12	0,343	0,184	(2)	0,547

(1) Restricción de ingreso por parte de la comunidad de Peine, verificador en correo 'RV Solicitud de monitoreos II trimestre 2025 Coyo' (Anexo L).
(2) Restricción de acceso por comunidades Peine a los territorios Toconao y Talabre; ver carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M).
(3) Dato corresponde a un día de medición.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-10 y Figura 5-11, se muestra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de la red de monitoreo de evapotranspiración en el sector Norte y Borde Este, para el año 2025.

La estación EVT-5 se ubica en la superficie lagunar de la laguna Tebenquiche por lo que se gráfica de manera independiente (Figura 5-10) debido a la diferencia de escala de las mediciones con el resto de los puntos. Durante el año 2025, el punto EVT-5 presenta valores que oscilan entre 1,005 mm/día en junio y 2,790 mm/día en diciembre.

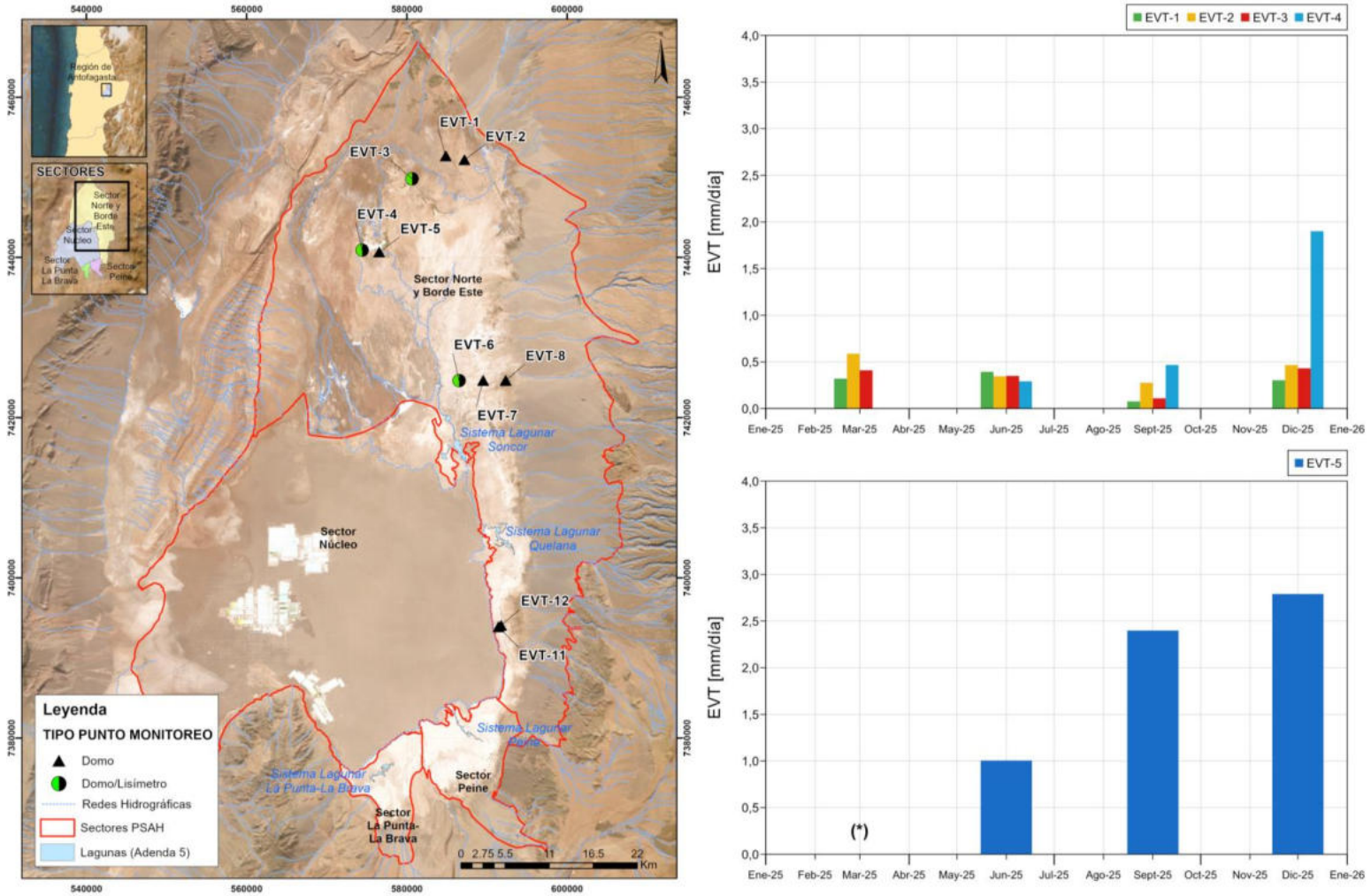
Los puntos ubicados más al norte en el sector: EVT-1, EVT-2, EVT-3 y EVT-4, como muestra Figura 5-10, presentan valores entre 0,077 mm/día (EVT-1, septiembre 2025) y 1,901 mm/día (EVT-4, diciembre 2025), según se observa en la Tabla 5-6.

Ubicados más al sur de los puntos anteriores (Figura 5-11), se tienen los puntos EVT-6, EVT-7 y EVT-8 el año 2025, cuyos valores oscilan entre un mínimo de 0,208 mm/día en el punto EVT-7 (junio 2025), y un máximo de 0,913 mm/día en el punto EVT-6 (diciembre 2025).

Los puntos EVT-11 y EVT-12 ubicados en la parte sur del Borde Este del salar (Figura 5-11), presentan valores que varían entre 0,032 mm/día (EVT-11, junio 2025) y 0,547 mm/día (EVT-12, diciembre 2025).

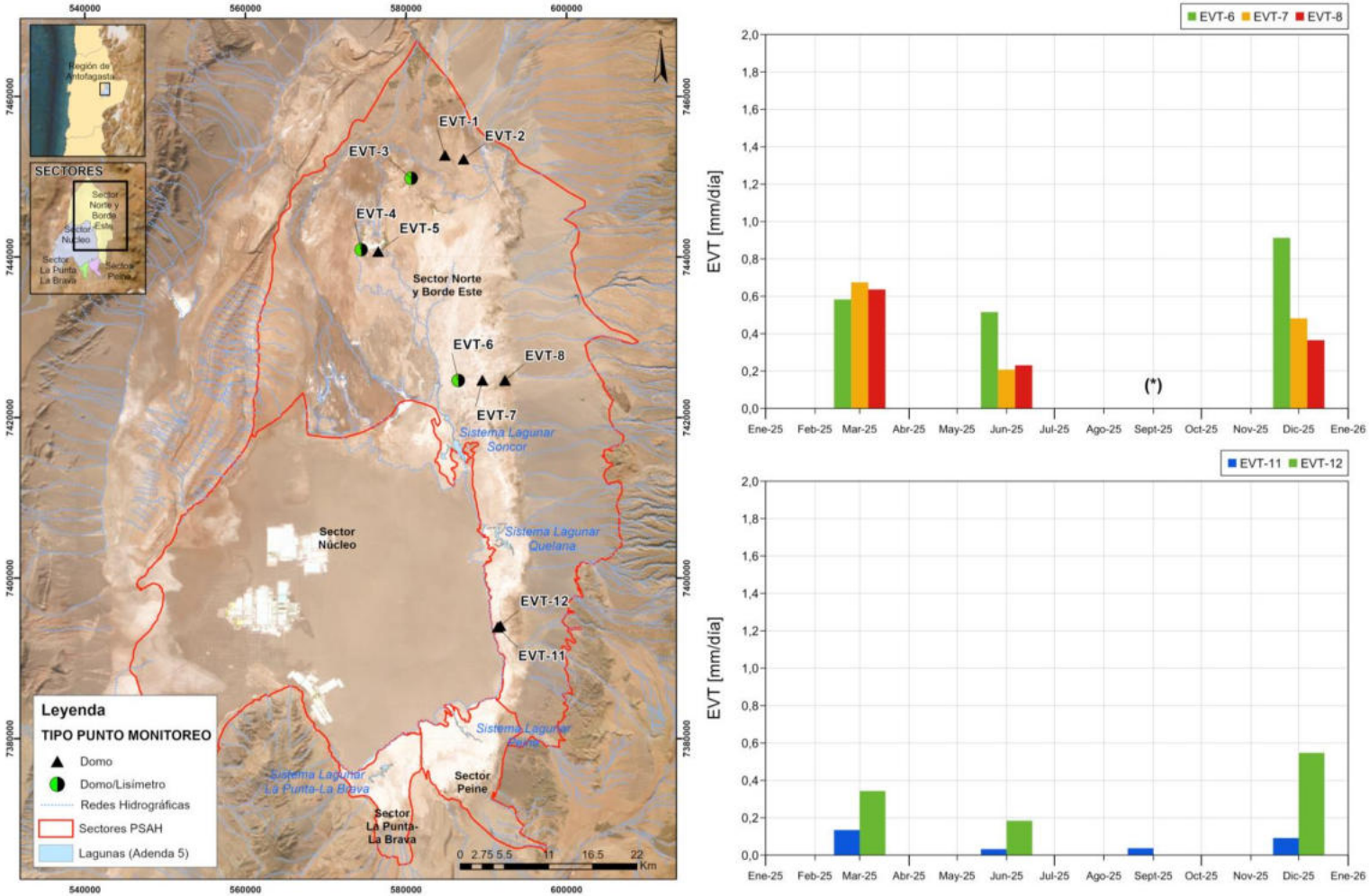
En general, se observa una variación estacional de las tasas de evaporación menores en los meses de invierno.

Figura 5-10 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-1, EVT-2, EVT-3, EVT-4 y EVT-5, año 2025, Sector Norte y Borde Este



Nota: **(*)** Falta de datos en el primer trimestre 2025, para EVT-5, se explica en la Tabla 5-9.
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-11 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-6, EVT-7, EVT-8, EVT-11 y EVT-12, año 2025, Sector Norte y Borde Este



Nota: **(*)** Falta de datos en el tercer trimestre 2025, para EVT-6, EVT-7, EVT-8 y EVT-12; se explica en la Tabla 5-9.
Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Sector Núcleo

En el Sector Núcleo, existen 3 puntos de monitoreo de medición de evaporación: EVT-9, EVT-10 y EVT-13, la ubicación de los puntos se presenta en el mapa de la Figura 5-12 y los resultados de las mediciones para el año 2025 se presentan en la Tabla 5-10.

Tabla 5-10 Resultados campaña de evapotranspiración 2025, Sector Núcleo

Punto de Monitoreo	Tasa Promedio EVT (mm/día)			
	1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.
	mar-25	jun-25	sept-25	dic-25
EVT-9	0,053 (1)	0,044	0,049	0,083
EVT-10	(2)	0,018 (1)	0,016	0,122 (1)
EVT-13	0,146	0,033	0,017	0,066

(1) Dato corresponde a un día de medición.
(2) Datos insuficientes para realizar cálculo. Por problema instrumental se cuenta con menos datos de lo mínimo requerido por día de medición.

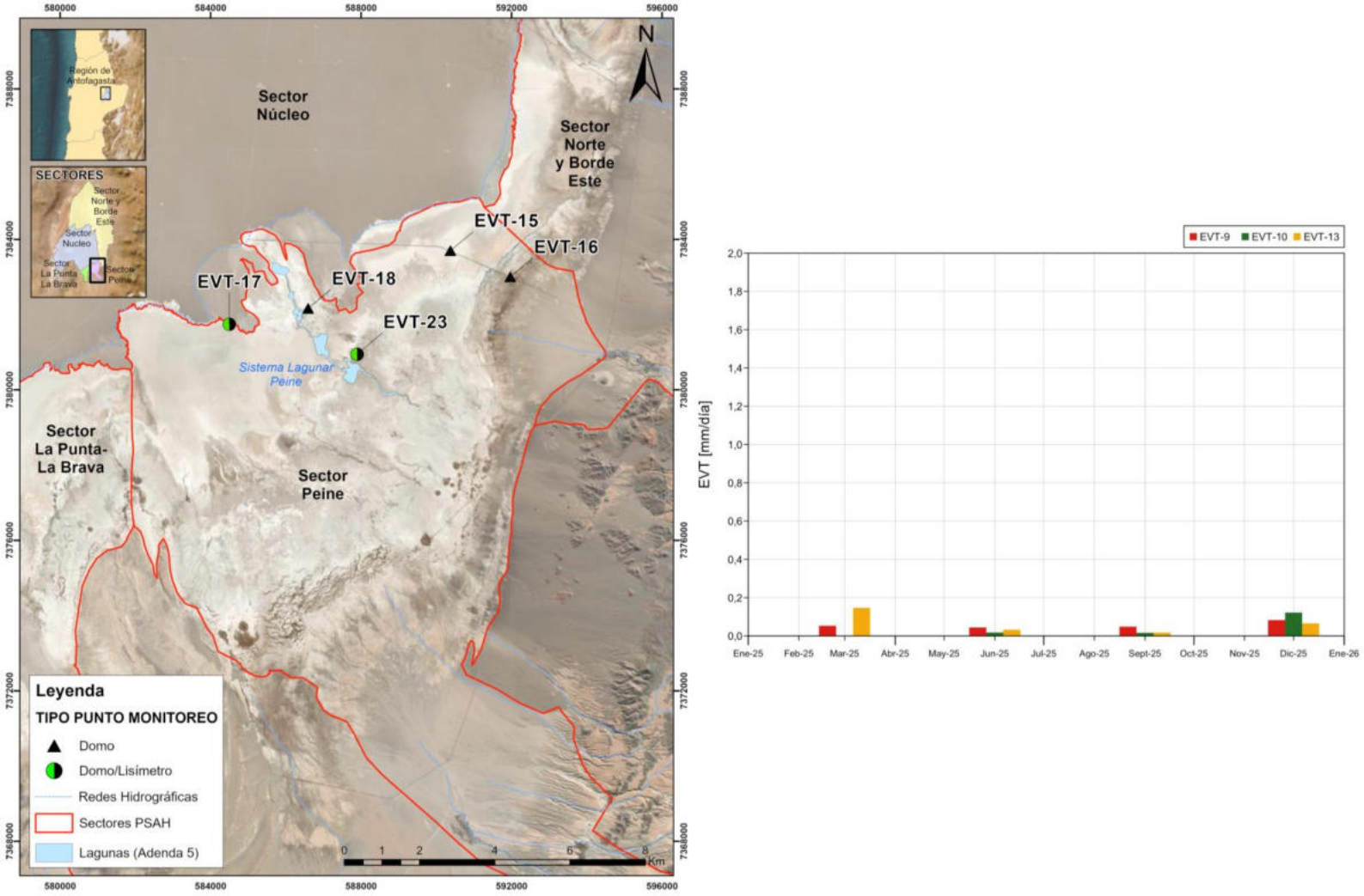
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-12 muestra el comportamiento del año 2025 de la evapotranspiración en los puntos de la red de monitoreo de evapotranspiración en el sector Núcleo del salar.

De la Tabla 5-10, para el punto EVT-13 se observa menores valores de tasas promedios de evapotranspiración en septiembre (0,017 mm/día) y mayores tasas en marzo (0,146 mm/día).

Considerando todos los puntos, el valor mínimo se obtuvo en la estación EVT-10, con una tasa promedio mensual de 0,016 mm/día, medida durante el mes de septiembre y el máximo en el mes de marzo con una tasa de 0,146 mm/día promedio mensual, en el punto EVT-13 ubicado en la costra salina. De los datos de evapotranspiración observados en todos los sectores PSAH se tiene que el sector del núcleo es la zona que muestra menor rango evapotranspiración.

Figura 5-12 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-9, EVT-10 y EVT-13, Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

5.3 Superficie Cubierta por Lagunas

Dentro de los compromisos ambientales en el marco del PSAH se realiza la medición de la superficie cubierta por las lagunas de los sistemas La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor. El año 2025 este monitoreo se realizó en los meses de agosto, diciembre y enero de 2026[15], correspondientes a su frecuencia semestral de medición, para las temporadas de invierno 2025 y verano 2025/2026, respectivamente (Ver Anexo C).

La determinación de las superficies lagunares se realiza a través del análisis de imágenes satelitales de alta resolución (imágenes multiespectrales con un tamaño de pixel de máximo 4 metros) obtenidas a partir del satélite Pleiades 1-A. De manera complementaria, también como compromiso del PSAH, con el objetivo de generar una correlación de estas imágenes con la serie histórica disponible de imágenes Landsat, de menor resolución, se realiza de manera simultánea un análisis de imágenes provenientes del satélite Landsat 8 de la fecha más próxima a las imágenes de alta resolución.

Cabe destacar que, durante la campaña de invierno de 2025 (entre los días 3 y 9 de agosto de 2025), en el sector Peine no fue posible completar la validación in situ debido a restricciones de ingreso impuestas por la Comunidad Peine en las lagunas Salada y Saladita, por lo que se recurrió a la fotointerpretación en gabinete con imágenes de alta resolución. En el Sistema La Punta La Brava se pudo realizar mayoritariamente la validación *in situ*, aunque persistieron áreas sin acceso por dificultades de transitabilidad. En ambos sistemas se realizó levantamiento aerofotogramétrico. En los sectores Quelana y Soncor se realizó una validación exclusivamente de gabinete mediante imágenes de alta resolución debido a las restricciones definidas por CONAF por reproducción de flamencos. (ver anexo C Lagunas)

En la campaña de verano 2025/2026 (entre los días 16 y 18 de diciembre de 2025) debido a restricciones de acceso impuestos por la comunidad Peine no fue posible realizar la validación *in situ* ni el levantamiento aerofotogramétrico en las lagunas de Peine (Interna, Salada y Saladita) ni en el sistema La Punta-La Brava, recurriéndose a fotointerpretación en gabinete con imágenes de alta resolución. En el sector Soncor la validación también se vio restringida por disposiciones de CONAF asociadas al período de reproducción de flamencos. En contraste, el sector Aguas de Quelana fue el único validado in-situ (Ver Anexo C Lagunas).

La Tabla 5-11 y Tabla 5-12 presentan las superficies en invierno 2026 y verano del año 2025/2026 determinadas a partir del modelo de clasificación supervisada, desde imagen de alta resolución (Pleiades 1-A), píxel de 2 m y de media resolución (Landsat 8), píxel 30 m.

[15] Debido a condiciones de nubosidad que impidieron obtener imágenes adecuadas para su análisis durante diciembre de 2025, se llevó a cabo una nueva adquisición en la fecha indicada. Esta acción tuvo como objetivo asegurar una cobertura libre de nubes, garantizando así la calidad, consistencia y confiabilidad del procesamiento y de la interpretación posterior de los datos.

Tabla 5-11 Superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A en el monitoreo 2025 (invierno y verano)

Tipo de imagen	Sistema Lagunar	Superficies sistemas lagunares – Monitoreos Año 2025			
		Invierno 2025		Verano 2025	
		ha	m²	ha	m²
Superficies Pleiades 1-A de alta resolución	LP LB	42,4	423.504,3	26,2	262.268,5
	PE	48,1	481.012,0	37,6	375.643,0
	AQ	13,8	137.769,8	3,2	32.127,1
	SO	181,8	1.818.214,5	126,0	1.259.852,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-12 Superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 en el monitoreo 2025 (invierno y verano)

	Sistema Lagunar	Superficies sistemas lagunares – Monitoreos Año 2025			
		Invierno 2025		Verano 2025	
		ha	m²	ha	m²
Superficies Landsat 8 de mediana resolución	LP LB	54,4	544.327,3	32,8	327.741,0
	PE	63,5	635.234,1	39,4	393.659,3
	AQ	17,4	174.014,4	4,3	42.594,1
	SO	191,1	1.911.463,4	131,6	1.316.374,3

Fuente: Elaboración propia

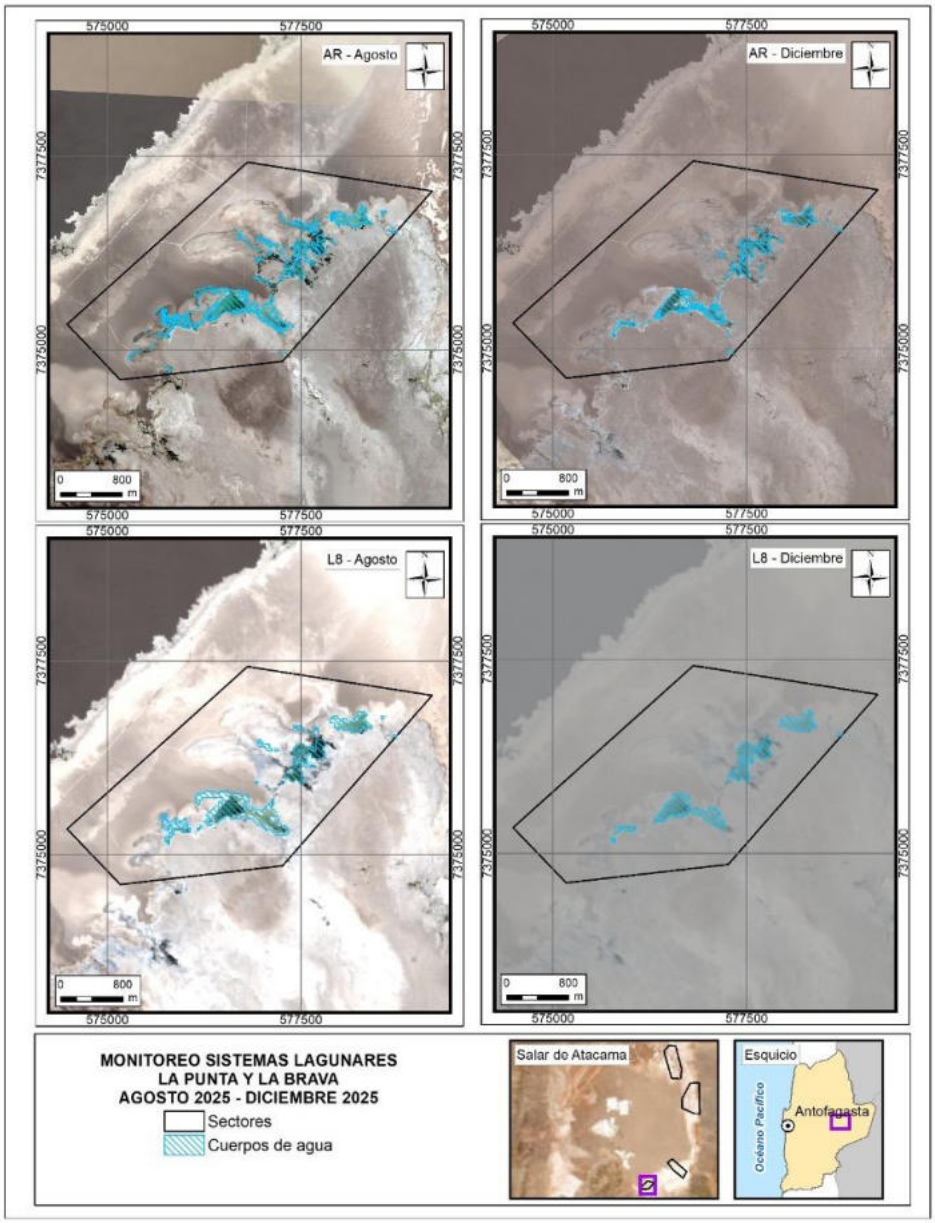
Las variaciones de resultados entre los sensores Pleiades y Landsat, se deben principalmente a las diferencias en la resolución espacial, es decir, al tamaño de píxel de la imagen satelital, aunque también existen otros elementos que pueden ser relevantes en estas diferencias, como la resolución espectral de las imágenes y el ángulo de incidencia de estas, entre otros. El modelo de mediana resolución presenta bordes menos definidos y un mayor espesor de los resultados, en comparación con el modelo de alta resolución, el que proporciona un mayor nivel de detalle y mejor definición de los contornos del recubrimiento de los cuerpos de agua. Este incremento en la definición de los bordes o contornos del recubrimiento se logra gracias a la mejora en el contraste y la respuesta espectral ofrecida por las imágenes de alta resolución.

5.3.1 La Punta - La Brava

En el sistema lagunar La Punta - La Brava, la cobertura de los cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades 1-A abarca una superficie de 42,4 ha en invierno (agosto 2025) y de 26,2 ha en verano 2025/2026 (Tabla 5-11 y Figura 5-13). Por otro lado, a partir de las imágenes de mediana resolución Landsat 8 (Tabla 5-12) la superficie de cobertura es de 54,4 ha en invierno (agosto 2025), y de 32,8 ha en verano 2025/2026). Por lo tanto, en invierno, la cobertura obtenida por Landsat 8 es un 28,3 % mayor (+12,0 ha) en relación con Pleiades 1-A, mientras que, en verano, la cobertura obtenida por Landsat 8 es un 25,0 % mayor (+6,5 ha) en relación con Pleiades 1-A.

En la (Figura 5-13) se presenta la cobertura de las superficies lagunares a través de sus imágenes satelitales. La disimilitud entre los resultados de los sensores (Landsat - Pleiades) se deben principalmente a la diferencia de resolución espacial, es decir, al tamaño de píxel. Esto se traduce en un mayor grosor de los resultados generados por el modelo de resolución media en comparación con un modelo de alta resolución, que proporciona un mayor nivel de detalle. Este incremento en la definición de los bordes o contornos del recubrimiento se logra gracias a la mejora en el contraste y la respuesta espectral ofrecida por las imágenes de alta resolución

Figura 5-13 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta - La Brava, agosto 2025- diciembre 2025.



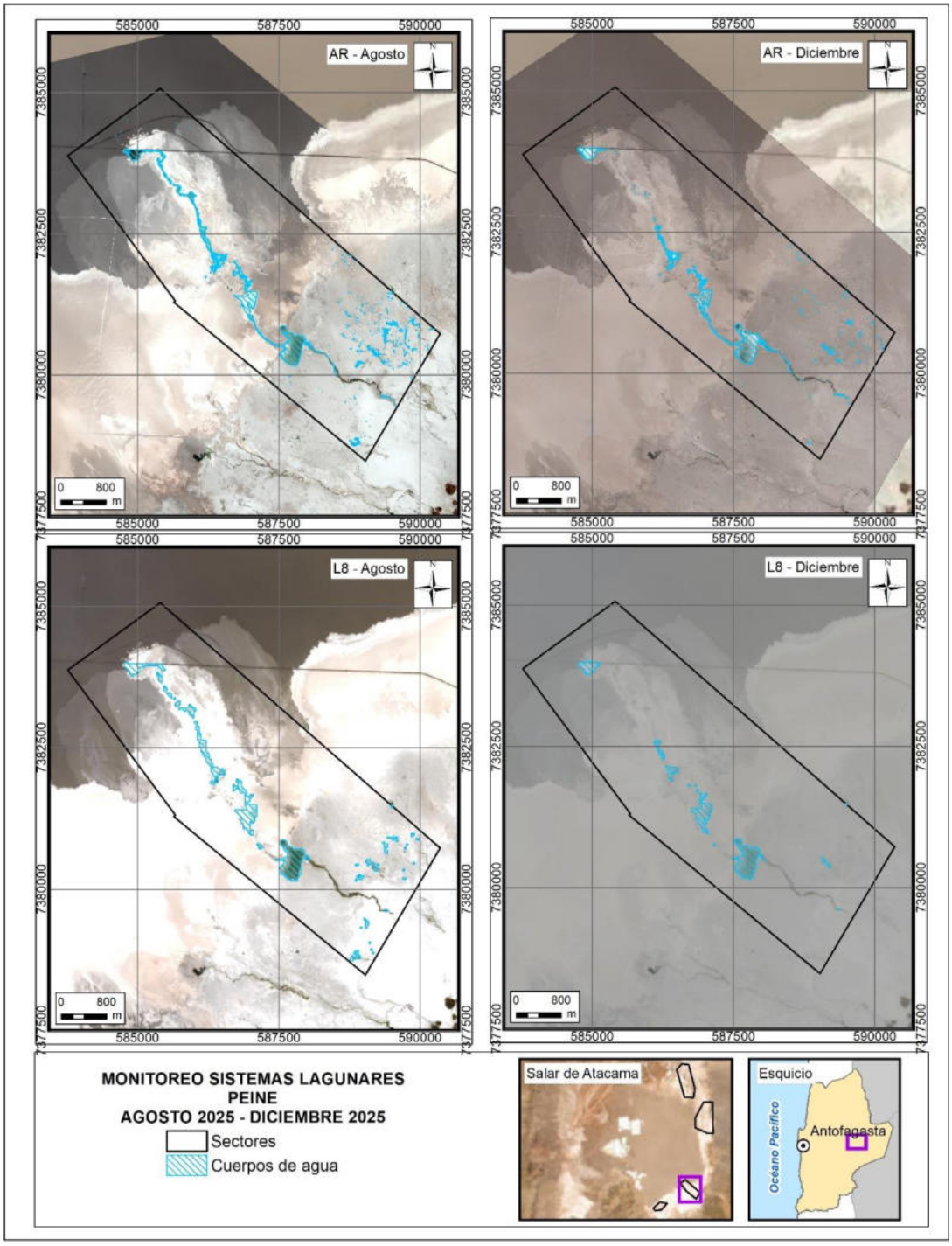
Fuente: Elaboración propia. (Anexo C).

5.3.2 Peine

En el sistema lagunar Peine, la cobertura de los cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades 1-A abarca una superficie de 48,1 ha en invierno (agosto) 2025 y de 37,6 ha en verano2025/2026 (Tabla 5-11 y Figura 5-14). Por otro lado, a partir de las imágenes de mediana resolución Landsat 8 (Tabla 5-12) la superficie de cobertura de los cuerpos de agua es de 63,5 ha en invierno (agosto 2025), y de 39,4 ha en verano2025/2026). Por lo tanto, en invierno (agosto 2025), la cobertura obtenida por Landsat 8 para el sistema Peine es un 32,0% mayor (+15,4 ha) en relación con Pleiades 1-A, mientras que, en verano 2025/2026 la cobertura obtenida por Landsat 8 es un 4,8 % mayor (+1,8 ha) en relación con Pleiades 1-A.

En el caso de Peine, tanto en invierno como en verano de 2025/2026, la imagen Landsat 8 (Figura 5-14) presenta bordes más gruesos en las lagunas Salada, Saladita e Interna en relación con la imagen de alta resolución. Aunque Pleiades 1-A logra captar con mayor precisión zonas estrechas como los canales entre lagunas, la sobreestimación del tamaño del píxel de Landsat 8 en los contornos principales termina resultando en una superficie total detectada consistentemente mayor.

Figura 5-14 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2025.



Fuente: Elaboración propia (Anexo C)

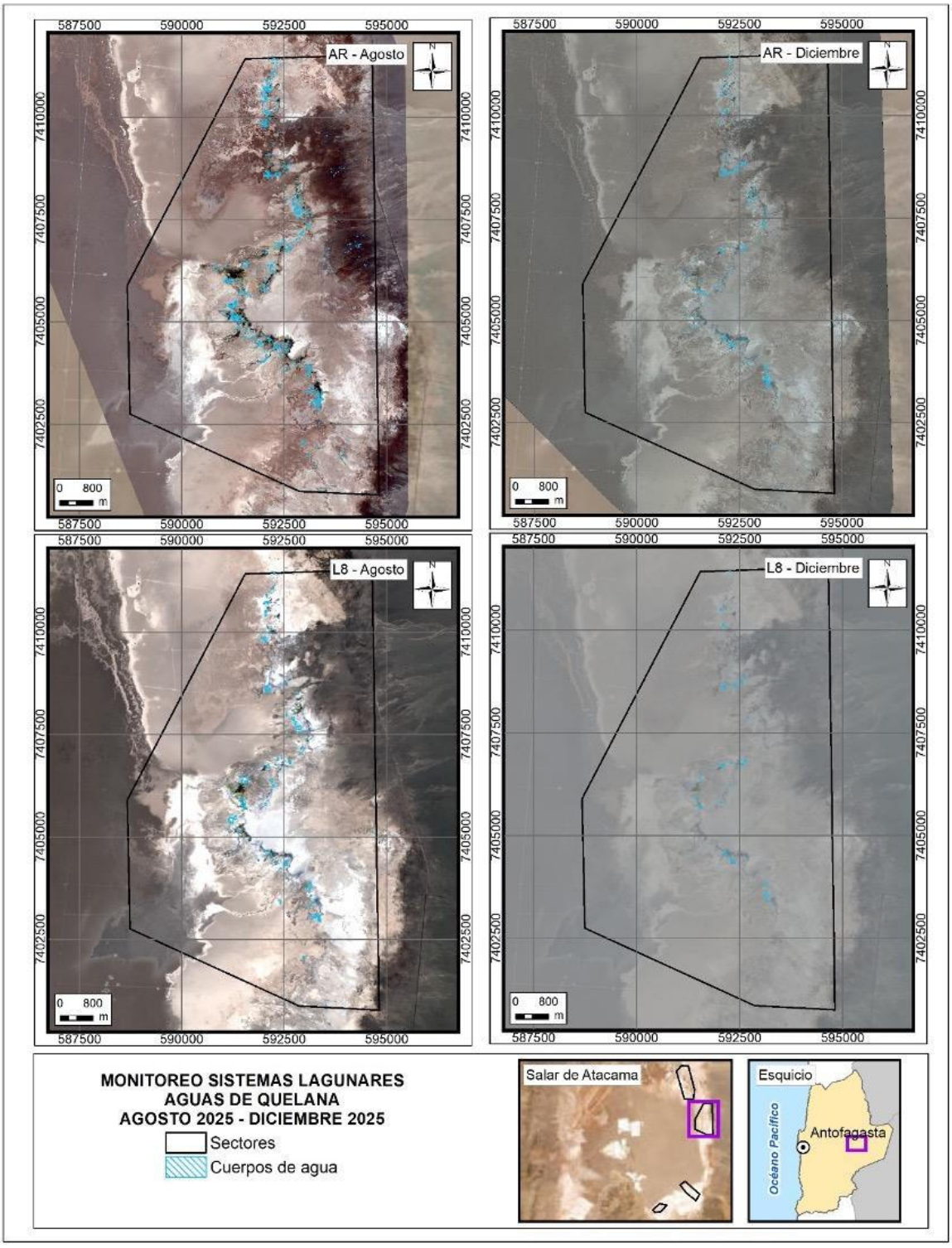
5.3.3 Aguas de Quelana

En el sistema lagunar Aguas de Quelana, la cobertura de los cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades 1-A abarca una superficie de 13,8 ha en invierno (agosto) 2025 y de 3,2 ha en verano2025/2026 (Tabla 5-11 y Figura 5-15). Por otro lado, a partir de las imágenes de mediana resolución Landsat 8 (Tabla 5-12) la superficie de cobertura de los cuerpos es de 17,4 ha en invierno (agosto) de 2025, y de 4,3 ha en verano 2025/2026. Por lo tanto, en invierno, la cobertura obtenida por Landsat 8 es un 26,1% mayor (+3,6 ha) en relación con Pleiades 1-A, mientras que la cobertura obtenida por Landsat 8 en verano es un 34,4 % mayor (+1,1 ha) en relación con Pleiades 1-A en el mismo mes.

En el caso de Aguas de Quelana, la imagen Pleiades 1-A de invierno 2025 (Figura 5-15) presenta un gran detalle de las áreas húmedas, que son resultado de la interconexión de las lagunas y sus desbordes, situación que no se ve reflejada en la imagen Landsat 8 dada su menor resolución. Por otro lado, la superficie de verano 2025/2026 es reducida en ambas figuras, siendo mayor la de Landsat 8, lo que se justifica por el mayor tamaño de píxel.

Aguas de Quelana es el sistema lagunar que se compone de diversos cuerpos de aguas de reducida extensión y corresponde al sistema, que presenta mayor diferencia entre las superficies obtenidas por las imágenes de media y alta resolución (34,4%), lo que se explica por el mayor tamaño de píxel de Landsat 8, en donde el modelo de clasificación supervisada tiende a agrupar áreas de transición y clasificarlas íntegramente como recubrimiento de agua. En contraste, la alta resolución geométrica y el nivel de detalle que proporciona el sensor Pleiades 1A permiten discriminar con alta precisión los cuerpos de agua libres de las zonas meramente húmedas, excluyendo estas últimas del recuento final y entregando, por consiguiente, superficies totales más reducidas, pero más apegadas a la realidad del cuerpo de agua.

Figura 5-15 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Aguas de Quelana, agosto – diciembre 2025.



Fuente: Elaboración propia. (Anexo C).

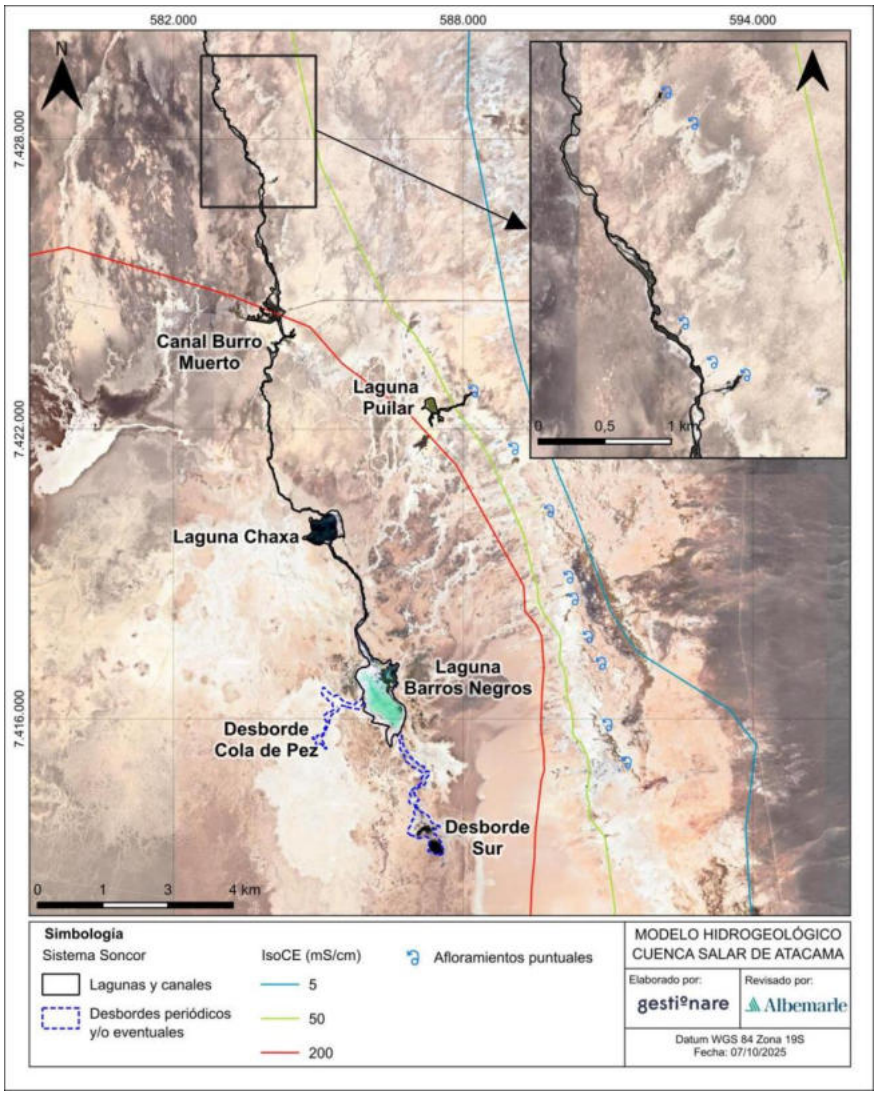
5.3.4 Soncor

En el sistema lagunar Soncor, la cobertura de los cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades 1-A abarca una superficie de 181,8 ha en invierno (agosto 2025) y de 126,0 ha en verano 2025/2026 (Tabla 5-11 y Figura 5-17). Por otro lado, a partir de las imágenes de mediana resolución Landsat 8 (Tabla 5-12) la superficie de cobertura de los cuerpos de agua es de 191,1 m2 ha en invierno (agosto de 2025), y de 131,6 ha en verano 2025/2026). Por lo tanto, en invierno, la cobertura obtenida por Landsat 8 es un 5,1% mayor (+9,3 ha) en relación con Pleiades 1-A, mientras que, en verano, la cobertura obtenida por Landsat 8 es un 4,4 % mayor (+5,6 ha) en relación con Pleiades 1-A.

En cuanto a las diferencias entre imágenes, éstas son menores en relación con los otros sistemas lagunares, debido a la fisonomía del sector, que consiste en un cuerpo de agua confinado en una costra salina muy diferenciable como recubrimiento y sin sectores de combinación agua – vegetación o similares, por lo que los resultados desde los parámetros están mejor ajustados.

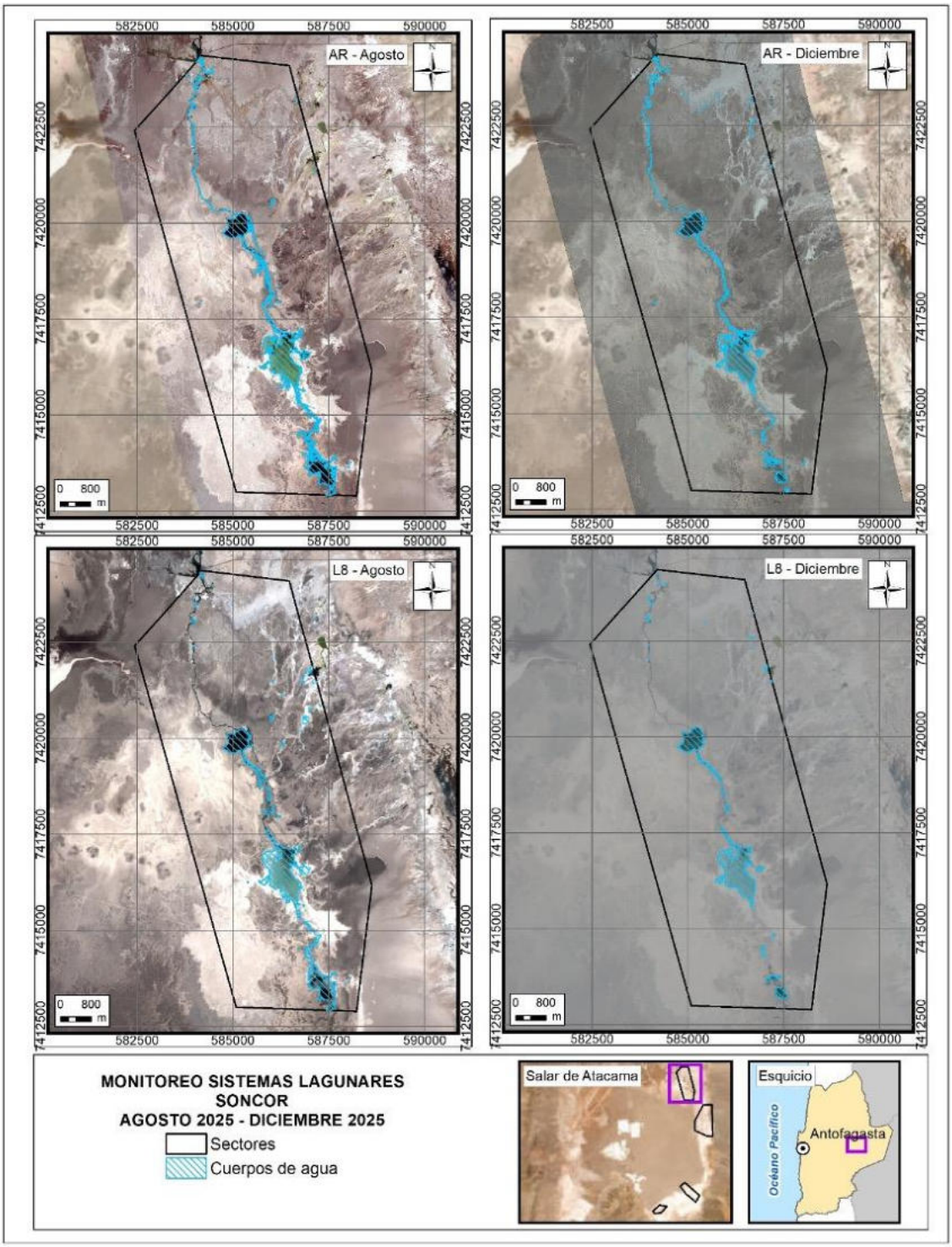
En la imagen de invierno de Pleiades 1-A (ver Figura 5-17), se observa una mayor cobertura en el Canal Burro Muerto y los cauces que unen las lagunas Chaxa y Barros Negros (ver ubicación en Figura 5-16), mientras que en la imagen Landsat 8 se observa un menor detalle en la cobertura de los cauces, pero un mayor grosor en las lagunas principales, lo que explica por qué Landsat 8 sigue arrojando una superficie total levemente superior. Por otro lado, en las imágenes de verano (ver Figura 5-17), se observa para Landsat 8 un mayor grosor en los bordes de los cuerpos principales del sistema.

Figura 5-16 Ubicación de Sistema Lagunar de Sonco



Fuente: Albemarle-Gestionare, 2025b.

Figura 5-17 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y Landsat 8 en el sistema lagunar Soncor, agosto – diciembre 2025.



Fuente: Elaboración propia. (Anexo C).

5.4 Nivel limnimétrico de las lagunas

En el presente subcapítulo, se exhiben los resultados de las mediciones de nivel de agua de las lagunas a través de las reglas limnimétricas y estacas. En total se cuenta con 20 puntos de monitoreo (16 limnímetros y 4 estacas) asociados a esta variable, distribuidos en tres sectores, los cuales son:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este

Los registros de los niveles limnimétricos se realizan con una frecuencia mensual. No obstante, cuando se activan las medidas preventivas asociadas al PAT la frecuencia de monitoreo aumenta a quincenal durante los tres meses siguientes. Para el año 2025, estas medidas se mantuvieron activas durante enero y febrero, debido a la implementación de las acciones preventivas del PAT en el Sector Alerta Acuífero iniciada en diciembre de 2024.

5.4.1 Sector La Punta-La Brava

En el Sector La Punta-La Brava, existen 5 puntos de monitoreo de medición de nivel limnimétrico, estos son: LM-01, LM-02, LM-03, LM-04 y LM-16, cuya ubicación se presenta en el mapa de la Figura 5-18 y los resultados de las mediciones de nivel limnimétrico para el año 2025, se presentan en la Tabla 5-13.

El registro de mediciones de niveles en todos los puntos de este sector no se encuentra completo para los 12 meses del año, principalmente por restricciones de ingreso por parte de la comunidad de Peine. El punto con más datos es LM-16, el cual solo se encuentra sin registros en septiembre y octubre. Los puntos con mayor restricción de acceso son LM-03 y LM-04, sin registro en los meses desde agosto a diciembre.

Tabla 5-13 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector La Punta-La Brava, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.p.r.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-01	10-01-2025	2.300,330	0,487	2.299,843	24-06-2025	2.300,330	0,387	2.299,943
	21-01-2025	2.300,330	0,486	2.299,844	03-07-2025	2.300,330	0,382	2.299,948
	11-02-2025	2.300,330	0,500	2.299,830	08-08-2025	2.300,330	0,375	2.299,955
	18-02-2025	2.300,330	0,442	2.299,888	15-09-2025	2.300,330	(1)	
	21-03-2025	2.300,330	0,457	2.299,873	06-10-2025	2.300,330	(2)	
	21-04-2025	2.300,330	0,420	2.299,910	10-11-2025	2.300,330	0,453	2.299,877
	29-04-2025	2.300,330	0,415	2.299,915	09-12-2025	2.300,330	(3)	

Tabla 5-13 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector La Punta-La Brava, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.p.r.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	14-05-2025	2.300,330	0,408	2.299,922				
LM-02	10-01-2025	2.300,795	0,936	2.299,859	24-06-2025	2.300,795	0,833	2.299,962
	21-01-2025	2.300,795	0,934	2.299,861	03-07-2025	2.300,795	0,830	2.299,965
	11-02-2025	2.300,795	0,905	2.299,890	08-08-2025	2.300,795	0,824	2.299,971
	18-02-2025	2.300,795	0,891	2.299,904	15-09-2025	2.300,795	(1)	
	21-03-2025	2.300,795	(4)		06-10-2025	2.300,795	(2)	
	21-04-2025	2.300,795	0,862	2.299,933	10-11-2025	2.300,795	0,894	2.299,901
	14-05-2025	2.300,795	0,853	2.299,942	09-12-2025	2.300,795	(3)	
LM-03	02-01-2025	2.300,576	0,479	2.300,097	26-06-2025	2.300,576	0,399	2.300,177
	24-01-2025	2.300,576	0,481	2.300,095	22-07-2025	2.300,576	0,394	2.300,182
	10-02-2025	2.300,576	0,495	2.300,081	13-08-2025	2.300,576	(5)	
	21-02-2025	2.300,576	0,434	2.300,142	23-09-2025	2.300,576	(1)	
	04-03-2025	2.300,576	0,441	2.300,135	13-10-2025	2.300,576	(2)	
	17-04-2025	2.300,576	0,437	2.300,139	17-11-2025	2.300,576	(6)	
	09-05-2025	2.300,576	0,428	2.300,148	19-12-2025	2.300,576	(3)	
	23-06-2025	2.300,576	0,404	2.300,172				
LM-04	02-01-2025	2.300,934	0,862	2.300,072	26-06-2025	2.300,934	0,779	2.300,155
	24-01-2025	2.300,934	0,863	2.300,071	22-07-2025	2.300,934	0,777	2.300,157
	10-02-2025	2.300,934	0,868	2.300,066	13-08-2025	2.300,934	(5)	
	21-02-2025	2.300,934	0,817	2.300,117	23-09-2025	2.300,934	(1)	
	04-03-2025	2.300,934	0,824	2.300,110	13-10-2025	2.300,934	(2)	
	17-04-2025	2.300,934	0,819	2.300,115	17-11-2025	2.300,934	(6)	
	09-05-2025	2.300,934	0,811	2.300,123	19-12-2025	2.300,934	(3)	
	23-06-2025	2.300,934	0,792	2.300,142				
LM-16	06-01-2025	2.307,836	0,451	2.307,385	16-06-2025	2.307,836	0,440	2.307,396
	27-01-2025	2.307,836	0,461	2.307,375	18-07-2025	2.307,836	0,425	2.307,411
	05-02-2025	2.307,836	0,460	2.307,376	18-08-2025	2.307,836	0,401	2.307,435
	19-02-2025	2.307,836	0,463	2.307,373	25-09-2025	2.307,836	(1)	
	24-03-2025	2.307,836	0,467	2.307,369	15-10-2025	2.307,836	(2)	
	07-04-2025	2.307,836	0,465	2.307,371	19-11-2025	2.307,836	0,436	2.307,400
	29-04-2025	2.307,836	0,460	2.307,376	17-12-2025	2.307,836	0,458	2.307,378

Tabla 5-13 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector La Punta-La Brava, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.p.r.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	19-05-2025	2.307,836	0,456	2.307,380				

(1) Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M). (septiembre)
(2) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102 (Anexo M). (octubre)
(3) Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine, y restricciones por época de reproducción de flamencos en RNLF. Se constata en carta ALB-GMA-2026-SMA-002 (Anexo M). (diciembre)
(4) Sin acceso, no se mide por presencia de flamencos en el punto. Verificador en acta de terreno '20250321_LPLB' (Anexo K).
(5) Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-087 (Anexo M). (agosto)
(6) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine y Toconao. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-111 (Anexo M). (noviembre)

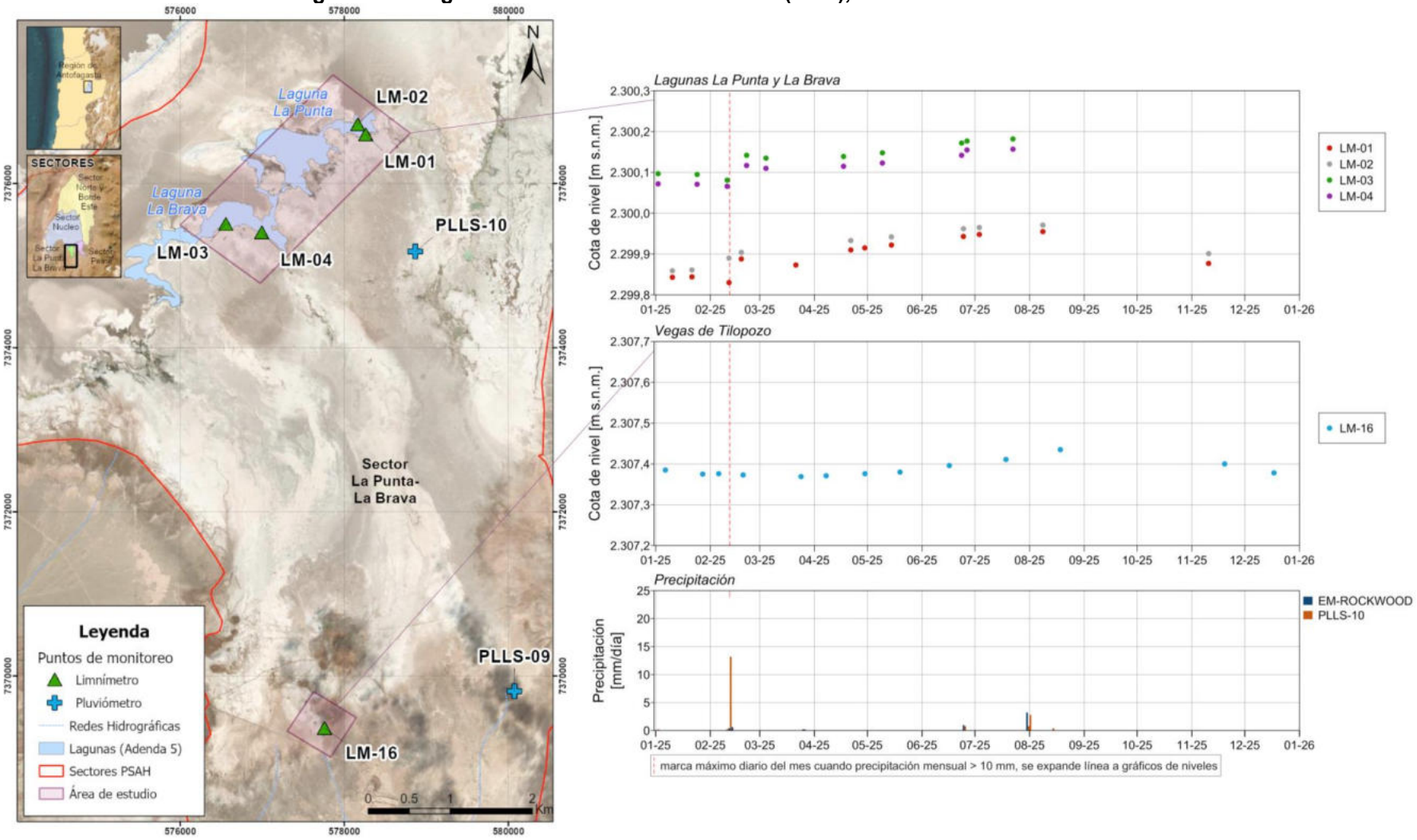
Fuente: Elaboración propia.

En el primer gráfico de la Figura 5-18 se observan las mediciones de los puntos LM-01, LM-02, LM-03 y LM-04. Durante el año 2025 los niveles se mantienen, en general, en su oscilación natural, lo que se refleja en aumentos y descensos esperados en función de la estacionalidad. Particularmente, los puntos LM-01 y LM-02 muestran una amplitud anual de niveles que alcanza los 11 cm en ambos casos. Los puntos LM-03 y LM-04 presentan mayores cotas limnimétricas, sin embargo, debido a la falta de datos después del mes de agosto no se puede calcular una amplitud anual representativa.

Por otro lado, en el segundo gráfico de la Figura 5-18, se observa el comportamiento del punto de monitoreo LM-16, en torno a los 2.307,400 m s.n.m., el que presenta una cota de nivel más alta en relación con los otros puntos del sector (LM-01 a LM-04), dada su ubicación en la zona de vegas de Tilopozo, aguas arriba de las lagunas La Punta-La Brava. Durante el año 2025, muestra variaciones estacionales entre la cota de 2307,369 m s.n.m. y 2.307,435 m s.n.m., con una amplitud de oscilación estacional de 6,6 cm.

En cuanto a la precipitación local, sólo se dispone de un registro relevante para el mes de febrero, con 13,6 mm en el pluviómetro PLLS-10, sin observarse relación con cambios abruptos en los niveles (leve respuesta en LM-01, LM-02, LM03 y LM-04 en las lagunas La Punta-La Brava).

Figura 5-18 Registro anual de nivel limnimétrico (2025), sector La Punta - La Brava



Fuente: Elaboración propia

5.4.2 Sector Peine

En el Sector Peine, existen 11 puntos de monitoreo de nivel limnimétrico, de los cuales 7 son limnímetros: LM-05, LM-06, LM-07, LM-08, LM-09, LM-10, LM-17; y 4 son estacas: E1, E2, E3 y E4 (Tabla 5-14). La ubicación de estos puntos de monitoreo limnimétrico, se presenta en el mapa de la Figura 5-19.

El monitoreo en el sector de Peine durante el año 2025 presenta información parcial, con mediciones en los meses de julio y agosto, y en el resto del año no se cuenta con datos. En particular, el punto LM-17 no registra mediciones durante 2025, ya que en las ocasiones que se ha tenido acceso, este se ha encontrado seco. Adicionalmente, se han presentado restricciones de acceso por parte de la comunidad de Peine. El punto LM-10 tampoco tienen mediciones durante el período por restricciones de acceso.

En general, parte de la falta de datos se asocia a restricciones de acceso por época de reproducción de flamencos, emitidas por parte de la Comunidad Atacameña de Peine mediante cartas oficiales para dos períodos en el sector de las lagunas Salada, Saladita e Interna. El primer período de restricciones va desde noviembre del año 2024 hasta abril de 2025, a través de la Cartas Oficiales N°94/2024 y N°111/2025; mientras que el segundo período se extiende desde octubre del año 2025 hasta abril de 2026 según Carta Oficial N°147/2025.

El registro de los niveles limnimétricos para el año 2025 se grafica en la Figura 5-19. Dada la escasa disponibilidad de información en los puntos, no es adecuado realizar un análisis más detallado en relación a variaciones anuales o amplitudes. A continuación, se hace una descripción de las series solo con los datos disponibles.

En la Figura 5-19 se muestran las series (2025) de los puntos LM-05 y LM-06 ubicados en laguna Salada. Se observa que la serie del punto LM-05 presenta sólo un dato en julio, con un valor de 2.299,973 m s.n.m., y LM-06 contiene dos registros entre julio y agosto, con valores en torno a la cota de 2.299,918 m s.n.m.

En la misma figura (Figura 5-19) se presentan las series de los puntos LM-07 y LM-08, ubicados en laguna Saladita, los cuales también cuentan con una sola medición en agosto, con valores de 2.299,691 m s.n.m y 2.299,874 m s.n.m., respectivamente.

Además, en la Figura 5-19 se grafican los limnímetros LM-09 y LM-10; y las estacas E1, E2, E3 y E4, todas ubicadas en el sector de Laguna Interna. Este grupo de 6 puntos se encuentran entre niveles de 2.298,764 y 2.299,017 m s.n.m., para todo el periodo de registro de 2025.

Al final del gráfico, se muestran las precipitaciones de los pluviómetros cercanos, sin mayores eventos en el año, con un valor mensual máximo de sólo 3,2 mm en julio 2025 según EM-Rockwood y un máximo de 2,5 mm en agosto del mismo año según PLLS-08.

Tabla 5-14 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Peine, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-05	01-01-2025	2.300,583	(1)		03-06-2025	2.300,583	(3)	
	19-01-2025	2.300,583	(1)		02-07-2025	2.300,583	0,610	2.299,973
	01-02-2025	2.300,583	(1)		01-08-2025	2.300,583	(11)	
	23-02-2025	2.300,583	(1)		03-09-2025	2.300,583	(5)	
	01-03-2025	2.300,583	(1)		06-10-2025	2.300,583	(6)	
	15-04-2025	2.300,583	(1)		03-11-2025	2.300,583	(7)	
	23-05-2025	2.300,583	(2)		01-12-2025	2.300,583	(7)	
LM-06	01-01-2025	2.300,776	(1)		03-06-2025	2.300,776	(3)	
	19-01-2025	2.300,776	(1)		02-07-2025	2.300,776	0,854	2.299,922
	01-02-2025	2.300,776	(1)		01-08-2025	2.300,776	0,861	2.299,915
	23-02-2025	2.300,776	(1)		03-09-2025	2.300,776	(5)	
	23-03-2025	2.300,776	(1)		06-10-2025	2.300,776	(6)	
	15-04-2025	2.300,776	(1)		03-11-2025	2.300,776	(7)	
	23-05-2025	2.300,776	(2)		01-12-2025	2.300,776	(7)	
LM-07	12-01-2025	2.300,447	(1)		06-06-2025	2.300,447	(9)	
	26-01-2025	2.300,447	(1)		02-07-2025	2.300,447	(4)	
	09-02-2025	2.300,447	(1)		18-08-2025	2.300,447	0,756	2.299,691
	22-02-2025	2.300,447	(1)		05-09-2025	2.300,447	(5)	
	09-03-2025	2.300,447	(1)		06-10-2025	2.300,447	(6)	
	15-04-2025	2.300,447	(1)		03-11-2025	2.300,447	(7)	
	12-05-2025	2.300,447	(8)		01-12-2025	2.300,447	(7)	
LM-08	12-01-2025	2.300,542	(1)		06-06-2025	2.300,542	(9)	
	26-01-2025	2.300,542	(1)		02-07-2025	2.300,542	(4)	
	09-02-2025	2.300,542	(1)		18-08-2025	2.300,542	0,668	2.299,874
	22-02-2025	2.300,542	(1)		05-09-2025	2.300,542	(5)	
	09-03-2025	2.300,542	(1)		06-10-2025	2.300,542	(6)	
	15-04-2025	2.300,542	(1)		03-11-2025	2.300,542	(7)	
	12-05-2025	2.300,542	(8)		01-12-2025	2.300,542	(7)	
LM-09	12-01-2025	2.299,726	(1)		06-06-2025	2.299,726	(9)	
	26-01-2025	2.299,726	(1)		02-07-2025	2.299,726	0,709	2.299,017

Tabla 5-14 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Peine, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	09-02-2025	2.299,726	(1)		28-08-2025	2.299,726	0,720	2.299,006
	22-02-2025	2.299,726	(1)		05-09-2025	2.299,726	(5)	
	09-03-2025	2.299,726	(1)		06-10-2025	2.299,726	(6)	
	15-04-2025	2.299,726	(1)		03-11-2025	2.299,726	(7)	
	12-05-2025	2.299,726	(8)		01-12-2025	2.299,726	(7)	
LM-10	12-01-2025	2.299,691	(1)		06-06-2025	2.299,691	(9)	
	26-01-2025	2.299,691	(1)		02-07-2025	2.299,691	(4)	
	09-02-2025	2.299,691	(1)		28-08-2025	2.299,691	(10)	
	22-02-2025	2.299,691	(1)		05-09-2025	2.299,691	(5)	
	09-03-2025	2.299,691	(1)		06-10-2025	2.299,691	(6)	
	15-04-2025	2.299,691	(1)		03-11-2025	2.299,691	(7)	
	12-05-2025	2.299,691	(8)		01-12-2025	2.299,691	(7)	
LM-17	07-01-2025	2.299,606	(10)		02-06-2025	2.299,606	(9)	
	17-01-2025	2.299,606	(10)		07-07-2025	2.299,606	(10)	
	04-02-2025	2.299,606	(10)		25-08-2025	2.299,606	(10)	
	19-02-2025	2.299,606	(10)		10-09-2025	2.299,606	(5)	
	25-03-2025	2.299,606	(10)		08-10-2025	2.299,606	(6)	
	07-04-2025	2.299,606	(10)		07-11-2025	2.299,606	(7)	
	26-05-2025	2.299,606	(9)		19-12-2025	2.299,606	(7)	
E1	12-01-2025	2.299,472	(1)		06-06-2025	2.299,472	(9)	
	26-01-2025	2.299,472	(1)		01-07-2025	2.299,472	0,460	2.299,012
	09-02-2025	2.299,472	(1)		28-08-2025	2.299,472	0,473	2.298,999
	22-02-2025	2.299,472	(1)		05-09-2025	2.299,472	(5)	
	09-03-2025	2.299,472	(1)		28-10-2025	2.299,472	(7)	
	28-04-2025	2.299,472	(1)		19-11-2025	2.299,472	(7)	
	12-05-2025	2.299,472	(8)		23-12-2025	2.299,472	(7)	
E2	12-01-2025	2.299,453	(1)		06-06-2025	2.299,453	(9)	
	26-01-2025	2.299,453	(1)		01-07-2025	2.299,453	0,515	2.298,938
	09-02-2025	2.299,453	(1)		28-08-2025	2.299,453	0,474	2.298,979
	22-02-2025	2.299,453	(1)		05-09-2025	2.299,453	(5)	
	09-03-2025	2.299,453	(1)		28-10-2025	2.299,453	(7)	
	28-04-2025	2.299,453	(1)		19-11-2025	2.299,453	(7)	
	12-05-2025	2.299,453	(8)		23-12-2025	2.299,453	(7)	

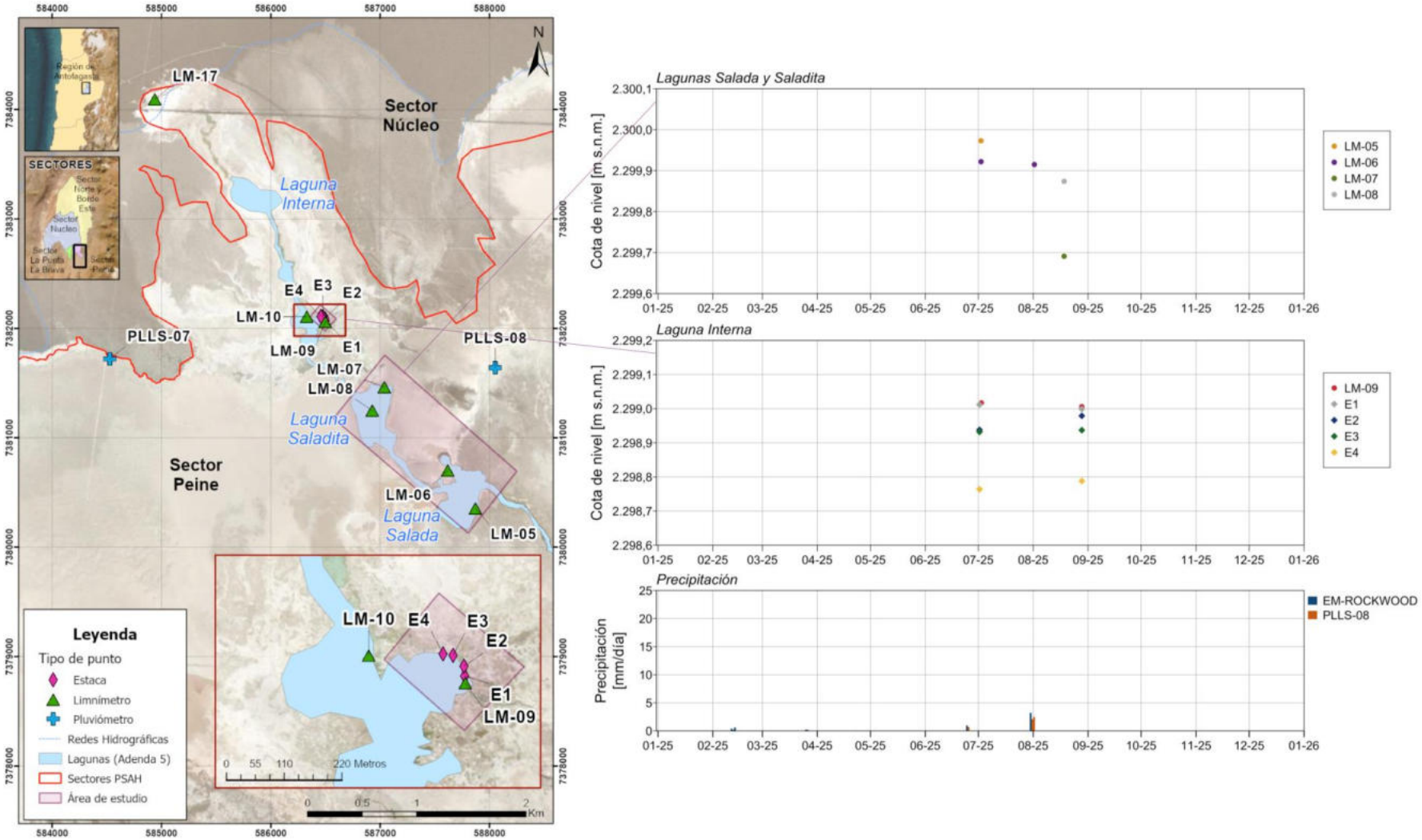
Tabla 5-14 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Peine, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
E3	12-01-2025	2.299,369	(1)		06-06-2025	2.299,369	(9)	
	26-01-2025	2.299,369	(1)		01-07-2025	2.299,369	0,437	2.298,932
	09-02-2025	2.299,369	(1)		28-08-2025	2.299,369	0,432	2.298,937
	22-02-2025	2.299,369	(1)		05-09-2025	2.299,369	(5)	
	09-03-2025	2.299,369	(1)		28-10-2025	2.299,369	(7)	
	28-04-2025	2.299,369	(1)		19-11-2025	2.299,369	(7)	
	12-05-2025	2.299,369	(8)		23-12-2025	2.299,369	(7)	
E4	12-01-2025	2.299,503	(1)		06-06-2025	2.299,503	(9)	
	26-01-2025	2.299,503	(1)		01-07-2025	2.299,503	0,739	2.298,764
	09-02-2025	2.299,503	(1)		28-08-2025	2.299,503	0,715	2.298,788
	22-02-2025	2.299,503	(1)		05-09-2025	2.299,503	(5)	
	09-03-2025	2.299,503	(1)		28-10-2025	2.299,503	(7)	
	28-04-2025	2.299,503	(1)		19-11-2025	2.299,503	(7)	
	12-05-2025	2.299,503	(8)		23-12-2025	2.299,503	(7)	

(1) Restricción de acceso por cierre de lagunas en época de reproducción de flamencos, según Carta Oficial N°94/2024 hasta segunda quincena de marzo 2025, y extendido hasta fines de abril según Carta Oficial N°111/2025 (Anexo L). (enero a abril)
(2) Acceso restringido por la comunidad de Peine, indican caminos en mal estado. Verificador en correo 'Re: Coordinación 23-05-2025 Hídrico' (Anexo L). (mayo)
(3) Restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo 'Re: Coordinación 03-06-2025' (Anexo L). (junio)
(4) Sin acceso, no se mide por presencia de flamencos en el punto (julio). Verificador en acta de terreno '20250702_SSI2' (Anexo K).
(5) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M). (septiembre)
(6) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102 y Carta Oficial N°147/2025 (Anexo L). (octubre)
(7) No realizado por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. La comunidad declara cierre de las lagunas Salada, Saladita e Interna desde octubre de 2025 hasta abril de 2026, según Carta Oficial N°147/2025 (Anexo L). (octubre a diciembre)
(8) Acceso restringido por la comunidad de Peine, indican caminos en mal estado. Verificador en correo 'Re: Coordinación 12-05-2025 Hídrico' (Anexo L).
(9) Sin acceso por comunidad de Peine. Verificador en correo 'Re: Coordinación 06-06-2025' (Anexo L). (junio)
(10) Punto seco.
(11) No se realizó el punto LM-05 por presencia de flamencos alrededor del punto. Verificador en acta de terreno '20250801_LP-LB SSI' (Anexo K). (agosto)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-19 Evolución anual (2025) de nivel limnimétrico en sector Peine



Nota: No se grafica LM-17 ni LM-10, dado que no cuentan con datos en el periodo 2025 según restricciones detalladas. En particular, LM-17 se ha encontrado seco.
Fuente: Elaboración propia.

5.4.3 Sector Norte y Borde Este

En el Sector Norte y Borde Este, existen 4 puntos de monitoreo de nivel limnimétrico, estos son: LM-11, LM-12 (Sistema Soncor), LM-13 y LM-14 (Aguas de Quelana). Los 4 limnímetros se ubican dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos, administrada por CONAF, y en el caso de Soncor con la coadministración de la comunidad de Toconao. Su ubicación se presenta en el mapa de la Figura 5-20 y los resultados de las mediciones de nivel efectuadas durante 2025 se presentan en la Tabla 5-15.

Durante el año 2025, al igual que para los demás sectores, el registro de datos es parcial. El sistema Aguas de Quelana (LM-13 y LM-14) es el que presenta una mayor cantidad de datos medidos, principalmente entre febrero y mayo y luego entre agosto y noviembre. Por otro lado, para el sistema Soncor (lagunas de Barros Negros y Chaxa) donde se ubican los puntos LM-11 y LM-12, se cuenta con menos mediciones, acotadas entre mayo y septiembre debido a restricciones de acceso por parte de CONAF y las comunidades, condiciones climáticas adversas y estados de punto seco.

En cuanto a las restricciones para medir en el Sistema Soncor, el primer periodo de restricción por época de reproducción de flamencos es entre septiembre 2024 y febrero 2025 (Carta Oficial N°55/2024, Anexo L), lo que se suma a la ampliación del periodo por parte de CONAF hasta el mes de abril según Resolución N°12/2025 (Anexo L). El segundo período por el mismo motivo es entre octubre de 2025 y febrero de 2026, (Carta Oficial Nº49/2025 de CONAF, Anexo L).

Tabla 5-15 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Norte y Borde Este, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.p.r.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-11	10-01-2025	2.299,865	(1)		10-07-2025	2.299,865	1,161	2.298,704
	23-01-2025	2.299,865	(1)		24-07-2025	2.299,865	1,155	2.298,710
	07-02-2025	2.299,865	(1)		13-08-2025	2.299,865	(3)	
	20-02-2025	2.299,865	(1)		26-08-2025	2.299,865	(3)	
	15-03-2025	2.299,865	(1)		11-09-2025	2.299,865	(4)	
	27-03-2025	2.299,865	(1)		24-09-2025	2.299,865	(4)	
	10-04-2025	2.299,865	(1)		09-10-2025	2.299,865	(5)	
	24-04-2025	2.299,865	(1)		23-10-2025	2.299,865	(5)	
	15-05-2025	2.299,865	1,169	2.298,696	11-11-2025	2.299,865	(6)	
	29-05-2025	2.299,865	1,169	2.298,696	25-11-2025	2.299,865	(6)	
	13-06-2025	2.299,865	1,171	2.298,694	12-12-2025	2.299,865	(6)	
	25-06-2025	2.299,865	(2)		26-12-2025	2.299,865	(6)	

Tabla 5-15 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Norte y Borde Este, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.p.r.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-12	10-01-2025	2.299,732	(1)		10-07-2025	2.299,732	0,756	2.298,976
	23-01-2025	2.299,732	(1)		24-07-2025	2.299,732	(10)	
	07-02-2025	2.299,732	(1)		13-08-2025	2.299,732	(3)	
	20-02-2025	2.299,732	(1)		26-08-2025	2.299,732	(3)	
	15-03-2025	2.299,732	(1)		11-09-2025	2.299,732	0,781	2.298,951
	27-03-2025	2.299,732	(1)		24-09-2025	2.299,732	(4)	
	10-04-2025	2.299,732	(1)		09-10-2025	2.299,732	(5)	
	24-04-2025	2.299,732	(1)		23-10-2025	2.299,732	(5)	
	15-05-2025	2.299,732	0,763	2.298,969	11-11-2025	2.299,732	(6)	
	29-05-2025	2.299,732	0,759	2.298,973	25-11-2025	2.299,732	(6)	
	13-06-2025	2.299,732	0,764	2.298,968	12-12-2025	2.299,732	(6)	
	25-06-2025	2.299,732	(2)		26-12-2025	2.299,732	(6)	
LM-13	10-01-2025	2.300,376	(7)		11-07-2025	2.300,376	(11)	
	23-01-2025	2.300,376	(7)		25-07-2025	2.300,376	0,905	2.299,471
	07-02-2025	2.300,376	(7)		14-08-2025	2.300,376	(3)	
	20-02-2025	2.300,376	0,922	2.299,454	27-08-2025	2.300,376	0,931	2.299,445
	15-03-2025	2.300,376	0,950	2.299,426	12-09-2025	2.300,376	0,924	2.299,452
	27-03-2025	2.300,376	0,969	2.299,407	25-09-2025	2.300,376	(9)	
	10-04-2025	2.300,376	0,939	2.299,437	10-10-2025	2.300,376	0,940	2.299,436
	24-04-2025	2.300,376	0,941	2.299,435	24-10-2025	2.300,376	0,959	2.299,417
	15-05-2025	2.300,376	0,920	2.299,456	12-11-2025	2.300,376	0,984	2.299,392
	29-05-2025	2.300,376	0,919	2.299,457	26-11-2025	2.300,376	0,997	2.299,379
	13-06-2025	2.300,376	0,920	2.299,456	12-12-2025	2.300,376	0,997	2.299,379
	25-06-2025	2.300,376	(2)		26-12-2025	2.300,376	(7)	
LM-14	10-01-2025	2.300,496	(7)		11-07-2025	2.300,496	0,891	2.299,605
	23-01-2025	2.300,496	(7)		25-07-2025	2.300,496	0,894	2.299,602
	07-02-2025	2.300,496	(7)		14-08-2025	2.300,496	(3)	
	20-02-2025	2.300,496	0,895	2.299,601	27-08-2025	2.300,496	0,891	2.299,605
	15-03-2025	2.300,496	0,951	2.299,545	12-09-2025	2.300,496	0,892	2.299,604
	27-03-2025	2.300,496	0,971	2.299,525	25-09-2025	2.300,496	(9)	
	10-04-2025	2.300,496	0,968	2.299,528	10-10-2025	2.300,496	0,912	2.299,584
	24-04-2025	2.300,496	0,935	2.299,561	24-10-2025	2.300,496	0,958	2.299,538
	15-05-2025	2.300,496	0,893	2.299,603	12-11-2025	2.300,496	1,018	2.299,478

Tabla 5-15 Mediciones de nivel limnimétrico, en sector Norte y Borde Este, año 2025

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.p.r.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Fecha de medición	Cota referencia [m s.n.m.]	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	30-05-2025	2.300,496	0,892	2.299,604	26-11-2025	2.300,496	(7)	
	13-06-2025	2.300,496	(8)		12-12-2025	2.300,496	(7)	
	25-06-2025	2.300,496	(2)		26-12-2025	2.300,496	(7)	

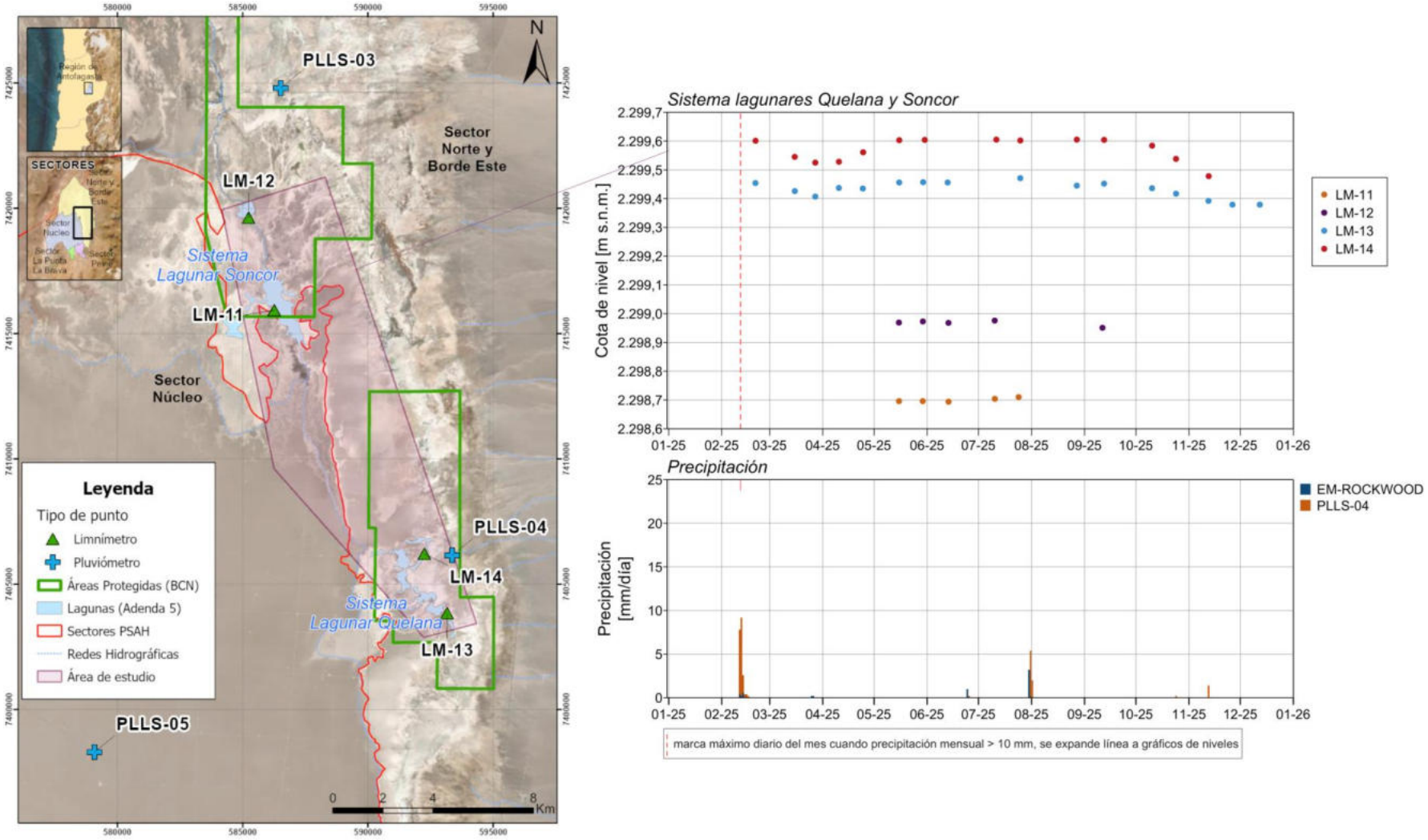
(1) No realizado por cierre temporal instruido por CONAF para el Sector Soncor, según Carta Oficial Nº 55/2024 desde septiembre de 2024, y extendido hasta fines de abril de 2025 según Resolución N°12/2025 (Anexo L). (enero a abril)
(2) Suspendido por condiciones climáticas (viento). Verificador en acta de terreno '20250625_Soncor_Camar-Toconao-CONAF' (Anexo K). (junio)
(3) Sin acceso por comunidad de Toconao. Verificador en correo 'RV SUSPENSION ACTIVIDADES COMUNIDAD TOCONAO-ALBEMARLE' (Anexo L). (agosto)
(4) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M). (septiembre)
(5) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102 (Anexo M). (octubre)
(6) Restricción de acceso por cierre de lagunas, en época de reproducción de flamencos. Respaldo en Carta Oficial N°49/2025 y Resolución N°72/2025 de CONAF (Anexo L). (noviembre y diciembre)
(7) Punto seco.
(8) Sin acceso, no se mide por presencia de flamencos en el punto, y por viento. Verificador en acta de terreno '20250613_CONAF_CAMAR' (Anexo K).
(9) Restricción de acceso por CONAF. Verificador en correo 'Re_ Actividades monitoreo 24 y 25 de Septiembre 2025' (Anexo L).
(10) Suspendido por comunidad Toconao. Verificador en acta de terreno '20250724_CONAF-TOCONAO' (Anexo K).
(11) No realizado por presencia de flamencos en el sector. Verificador en acta de terreno '20250711_CONAF-SOCAIRE-CAMAR_QUIMICA ETFA' (Anexo K).

Fuente: Elaboración propia

El registro de los niveles limnimétricos para el año 2025 se presenta de forma gráfica en la Figura 5-20. Debido a la escasa disponibilidad de información en los puntos LM-11 y LM-12, no es adecuado hacer un análisis sobre sus amplitudes dentro del año. Solo mencionar que, según la Figura 5-20, se observa que LM-11 y LM-12 presentan magnitudes similares entre los meses de mayo a julio y un nivel en torno a los 2.298,699 m s.n.m (LM-11) y en torno a 2.298,966 m s.n.m. (LM-12). Por otro lado, los puntos de control LM-13 y LM-14 (ver Figura 5-20) ubicados en el sistema lagunar Aguas de Quelana, presentan más datos, con un comportamiento estacional sincrónico entre ellos, ambos con amplitudes de alrededor de 7 cm.

Al final del gráfico se muestran las precipitaciones de los pluviómetros cercanos, donde destaca el registro de 20,6 mm en febrero 2025 según el pluviómetro PLLS-04, lo que podría explicar el ascenso en los niveles de LM-13 y LM-14 (Aguas de Quelana) en el mismo mes.

Figura 5-20 Evolución del nivel limnimétrico en 2025, sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.5 Caudales superficiales

El presente subcapítulo muestra los resultados de medición de caudales de la red de monitoreo comprometida en el PSAH para el año 2025, dicha red se compone por 6 puntos de aforo (AFP-01, AFP-02, AFP-03, AFP-04, Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine), todos localizados en el sector Peine. La distribución de dichos puntos se muestra en el mapa de la Figura 5-21.

En la Tabla 5-16, se muestra el resumen de información de las mediciones por punto de aforo.

Los puntos AFP-01, AFP-02, AFP-03 y AFP-04, se encuentran ubicados en el Sistema Lagunar Peine, formado por las lagunas Salada, Saladita e Interna; y los puntos Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, corresponden a vertientes cuyos flujos provienen de las zonas cordilleranas. Se debe mencionar que el punto “Vertiente Peine”, corresponde al punto AFP-00 de la Adenda 5 del EIA del Proyecto.

Tabla 5-16 Resumen información puntos de medición de caudal de escorrentía superficial

Punto	Ubicación	Periodo de registro	
		Primer	Último
AFP-01	Sistema Lagunar Peine	Septiembre 2014	Septiembre 2025(1)
AFP-02	Sistema Lagunar Peine	Septiembre 2014	Septiembre 2025(1)
AFP-03	Sistema Lagunar Peine	Septiembre 2014	Agosto 2025(1)
AFP-04	Sistema Lagunar Peine	Septiembre 2014	Agosto 2025(1)
Anterepresa Tilomonte	Quebrada Tilomonte	Septiembre 2014	Diciembre 2025
Vertiente Peine (AFP-00)	Vertiente	Septiembre 2014	Diciembre 2025

(1) Último dato medido en septiembre 2025 para AFP-01 y AFP-02; y medido en agosto 2025 para AFP-02 y AFP-03, ambas mediciones corresponden al tercer trimestre de monitoreo. En el cuarto trimestre no se mide por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine según Carta Oficial N°147/2025, ver Anexo L.

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de los caudales aforados durante las campañas del año 2025 en los puntos comprometidos se presentan en la Tabla 5-17.

Durante el primer y cuarto trimestre del año 2025 no se realizó la medición de caudal en ninguno de los puntos AFP-XX, dado que se restringe el acceso, para dos períodos en el sector de Peine, para las lagunas Salada, Saladita e Interna, dada la época de reproducción de flamencos, por parte de la Comunidad Atacameña de Peine. El primer período de restricciones desde noviembre del año 2024 hasta fines de abril de 2025 (Cartas Oficiales N°94/2024 y N°111/2025, ver Anexo L) y, el segundo periodo se extiende desde septiembre (parcialmente) del año 2025 hasta abril de 2026 según carta ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M) y Carta Oficial N°147/2025 (Anexo L).

Cabe mencionar, que Albemarle acude acompañando a la ETFA a medir los caudales superficiales y en la mayoría de las ocasiones también ejecuta su medición; y se reportan

ambas medidas a la autoridad. Si bien el compromiso es trimestral, cuando existe la accesibilidad, Albemarle mide de manera mensual, dato que también es reportado.

Tabla 5-17 Resultados campañas de aforo año 2025

Punto	Caudal (l/s)																					
	Trimestre 1						Trimestre 2						Trimestre 3						Trimestre 4			
	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	Noviembre		Diciembre
AFP-01	(3)		(3)		(3)		(3)		(4)		(5)		62,8 (1)	65,1 (2)	67,1 (1)	66,2 (2)	68,9 (1)	69,4 (2)	(9)	(9)		(9)
AFP-02	(3)		(3)		(3)		(3)		(4)		(5)		40,4 (1)	61,6 (2)	47,6 (1)(6)	62,5 (2)(7)	35,2 (1)	40,2 (2)	(9)	(9)		(9)
AFP-03	(3)		(3)		(3)		(3)		26,2	29,5	(5)		29,6 (1)	28,8 (2)	39,4 (1)	43,6 (2)	(8)		(9)	(9)		(9)
AFP-04	(3)		(3)		(3)		(3)		34,9	29,9	(5)		34,2 (1)	31,4 (2)	45,7 (1)	44,4 (2)	(8)		(9)	(9)		(9)
Anterepresa Tilomonte	36,0 (1)	38,6 (2)	38,3 (1)	34,7 (2)	38,3 (1)	39,0 (2)	43,4 (1)	42,3 (2)	44,4 (1)	43,2 (2)	35,9 (1)	36,4 (2)	39,8 (1)	36,4 (2)	39,8 (1)	36,4 (2)	(8)		(9)	37,0 (1)	38,1 (2)	36,6 (1)	35,4 (2)
Vertiente Peine	5,7 (1)	6,3 (2)	6,9 (1)	7,1 (2)	4,9 (1)	5,5 (2)	7,6 (1)	8,0 (2)	6,7 (1)	6,5 (2)	7,5 (1)	8,4 (2)	7,5 (1)	8,0 (2)	6,2 (1)	6,8 (2)	(8)		(9)	8,4 (1)	9,8 (2)	10,8 (1)	12,4 (2)

(1) Dato medido por Albemarle.
(2) Dato medido por ANAM.
(3) Restricción de acceso al sistema lagunar por parte de la comunidad de Peine, según Carta Oficial N°94/2024 (Anexo L) hasta segunda quincena de marzo 2025, y extendido hasta fines de abril según Carta Oficial N°111/2025 (Anexo L).
(4) Restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en acta de terreno “20250506_SSI_AFOROS” (Anexo K).
(5) Restricción de acceso por parte de la comunidad Peine. Verificador en correo “Re: Coordinación 03-06-2025” y “Re: Coordinación 06-06-2025” (Anexo L).
(6) Método de post procesamiento de ANAM difiere del utilizado históricamente por Albemarle.
(7) Dato revisado y verificado por ANAM.
(8) No realizado por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Se constata en cartas ALB-GMA-2025-SMA-094 (Anexo M).
(9) No realizado por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. La comunidad declara cierre de las lagunas Salada, Saladita e Interna desde octubre hasta abril de 2026, según Carta Oficial N°147/2025 (ver Anexo L).

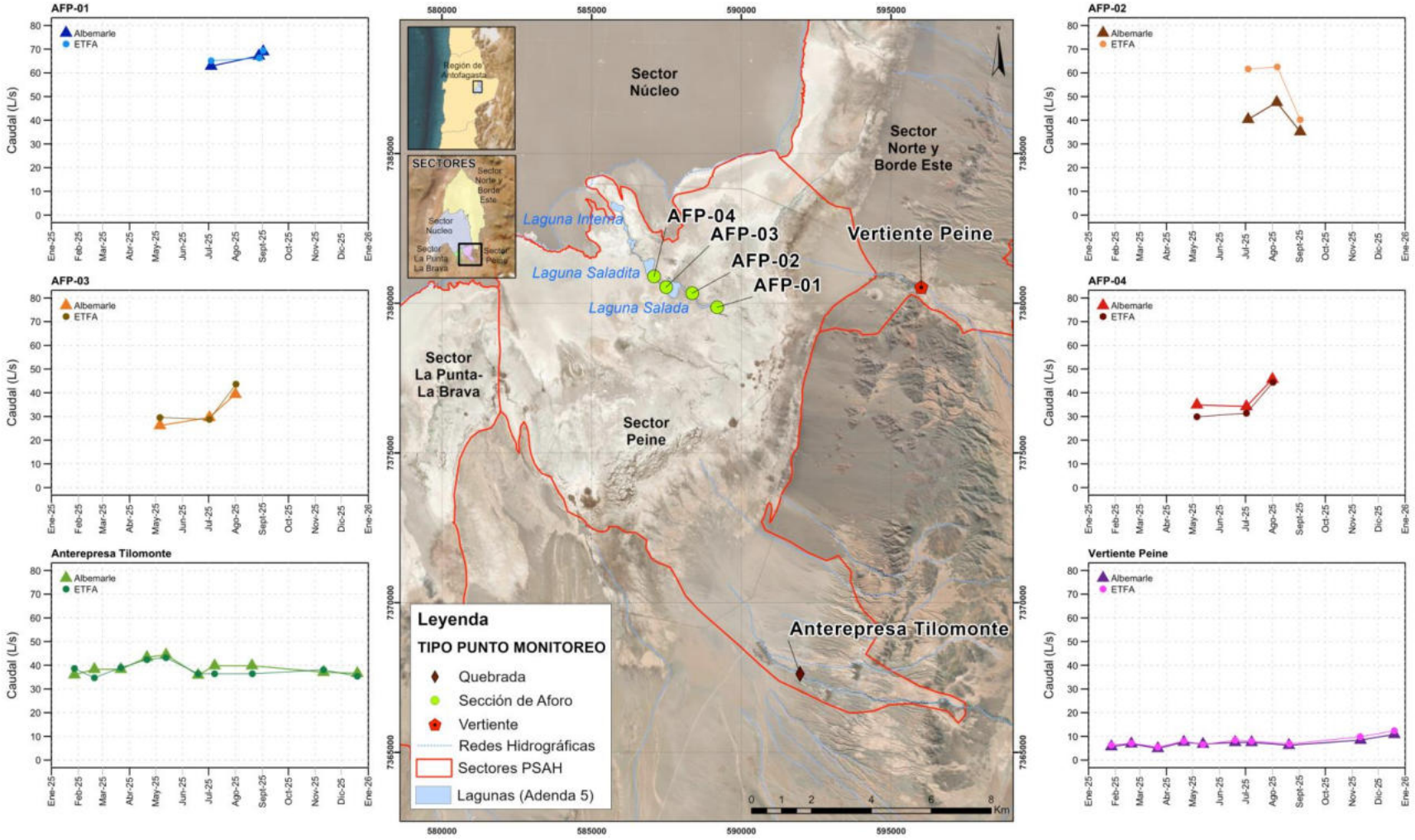
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-21 se muestra el registro del año 2025 de los caudales aforados en cada punto de monitoreo y la ubicación de estos.

Durante el año 2025 el caudal máximo fue registrado en el punto AFP-01 con un valor de 69,40 l/s en septiembre (medido por ANAM), y el menor caudal se registró en Vertiente Peine, con un valor de 4,89 l/s en marzo (medido por Albemarle) (Tabla 5-17).

En los puntos Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine se observan variaciones a lo largo de 2025, con un máximo en mayo (44,4 l/s medido por Albemarle y 43,2 l/s medido por ANAM) y diciembre (10,8 l/s medido por Albemarle y 12,4 l/s medido por ANAM), respectivamente. Para el resto de los puntos, la escasa cantidad de datos medidos en el año no permite analizar ni describir la variabilidad anual.

Figura 5-21 Variación temporal de caudales superficiales aforados en 2025



Fuente: Elaboración propia.

5.6 Nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre

En el presente subcapítulo se exhiben los resultados de las mediciones del año 2025, del nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre medidos en los 124 puntos de monitoreo descritos en la sección 4.2.4 de este documento. Dichos resultados se presentan según los 4 sectores PSAH:

- La Punta - La Brava,
- Peine,
- Norte - Borde Este,
- y Núcleo.

Además, se cuenta con una red interna de monitoreo de 11 piezómetros (PLS-01 a PLS-11) asociados a la red de monitoreo de evapotranspiración, los cuales se presentan en Tabla 4-4 del Capítulo 4. Si bien estos puntos no forman parte de la red de monitoreo de nivel comprometida para el PSAH, en este capítulo igualmente se presenta el análisis de los datos medidos. El detalle con los datos de monitoreo de estos puntos se presenta en el Anexo F-4.

Las mediciones del nivel freático se realizan de acuerdo con la RCA N°21/2016, con frecuencia mensual durante la operación normal del proyecto, y quincenal durante activaciones del Plan de Alerta Temprana (PAT) (ver sección 4.2.6). Como ya ha sido mencionado para las otras variables y, en particular para niveles, durante el año 2025 la frecuencia de monitoreo del nivel freático en salmuera y agua dulce/salobre, también se vio aumentada a quincenal para los meses de enero y febrero 2025.

Los resultados de las mediciones se presentan en metros sobre el nivel de mar (m s.n.m.) calculados a partir de la profundidad medida desde la cota collar hasta el nivel de agua y/o salmuera, y su cota topográfica equivalente. La base de datos histórica con las mediciones de nivel freático se incluye en el Anexo F-2 y los resultados del año 2025 se encuentran en el Anexo F-1.

Para la descripción y análisis de resultados, es importante tener a la vista que, durante el año 2025, se registraron precipitaciones relevantes, es decir, mayores a 10 mm.

Para las estaciones meteorológicas EM-Rockwood, EM-Chaxa y EM-KLC, se tiene lo siguiente:

- EM – Rockwood no se registraron precipitaciones mayores a 10 mm, mostrando una precipitación máxima de 3,2 mm en julio 2025.

- EM – Chaxa se registraron precipitaciones relevantes (mayores a 10 mm) en el mes de febrero 2025, con un máximo de 23,7 mm.
- EM – KLC, no se registraron precipitaciones mayores a 10 mm con una precipitación máxima de 5,4 mm en julio 2025.

En relación con la red interna de pluviómetros, se tienen que PLLS-01, PLLS-03, PLLS-04 y PLLS-10 registran precipitaciones relevantes (mayores a 10 mm) en febrero 2025, registrando dentro de las precipitaciones relevantes valores entre 13,6 mm en el pluviómetro PLLS-10 y 33,6 mm en el pluviómetro PLLS-03.

En las secciones a continuación se analizan máximos y mínimos de la cota de nivel del agua/salmuera para el año 2025 por sector, incorporando los eventos de precipitación de pluviómetros representativos o estaciones cercanas a los puntos graficados respectivamente.

Cabe mencionar que no se cuenta con la data completa en los sectores, dado principalmente por restricción de ingreso a los puntos de monitoreo por parte de las comunidades, esto debido a presencia o época de reproducción de flamencos, la justificación de esto se detalla en cada sector (La Punta–La Brava, Norte y Borde Este, Peine, y Núcleo).

5.6.1 Sector La Punta–La Brava

En el sector La Punta-La Brava la red de monitoreo de niveles se compone de 39 puntos, (20 piezómetros someros, 17 multipiezómetros y 2 expresiones superficiales del nivel freático: vertiente Tilopozo y Pozo Zanja Tucúcaro) descritos en la sección 4.2.4. Su ubicación se muestra en la Figura 5-22, y en la Tabla 5-18 se indica el periodo de registro histórico disponible de cada punto de monitoreo y en Anexo F-1 se entregan todos los registros para el año 2025. Además, las gráficas se complementan con registros de nivel de los piezómetros PLS-09 y PLS-10, de manera de robustecer el análisis. Junto con ello, se agregan datos de precipitación del pluviómetro PLLS-10, pluviómetro representativo y cercano a los puntos ubicados en esta zona.

Los puntos de monitoreo y los resultados de las mediciones del año se ubican en 6 subsectores:

- Norte de las lagunas
- Centro de las lagunas
- Este de las lagunas
- Sur de las lagunas
- Tucúcaro
- Vegas de Tilopozo

Por otra parte, se hace relevante mencionar que en el sector La Punta-La Brava algunos puntos no se pudieron medir[16], lo que se puede ver en la Tabla 5-18, y con mayor detalle en el Anexo F-1.

Tabla 5-18 Periodo de registro red de monitoreo del sector LP-LB

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas **
Norte de las lagunas	BA-01	07-09-2013	01-12-2025	12 (1)(2)	14
	BA-09	20-10-2013	02-12-2025	11 (1)(2)(3)	14
	BA-11	19-08-2013	02-12-2025	11 (1)(2)(3)	14
Centro de las lagunas	BA-02	19-08-2013	01-12-2025	12 (1)(2)	14
	BA-03	18-08-2013	01-12-2025	12 (1)(2)	14
	BA-06	17-05-2013	19-12-2025	10 (1)(2)(4)(5)(6)	15
	BA-10	07-09-2013	19-12-2025	11 (1)(2)(3)	14
	BA-12	19-08-2013	02-12-2025	11 (1)(2)(3)	14
	BA-13	19-08-2013	02-12-2025	11 (1)(2)(3)	14
	BA-14	21-06-2013	10-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
Este de las lagunas	BA-27	07-06-2015	16-12-2025	9 (1)(2)(5)(6)(7)	14
Sur de las lagunas	BA-04	22-06-2013	15-12-2025	11 (1)(2)(5) (6)	15
	BA-05	17-05-2013	30-12-2025	11 (1)(2)(4)(5)(6)(8)	17
	BA-07	17-05-2013	30-12-2025	14 (1)(6)(8)	17
	BA-08	17-05-2013	10-12-2025	12 (1)(2)(6)	15
	BA-15	21-06-2013	10-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
	BA-16	17-05-2013	30-12-2025	14 (1)(6)(8)	17
	BA-25	18-08-2013	15-12-2025	10 (1)(2)(5)(6)(8)	15
	MP-01A	22-10-2013	09-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
	MP-01B	25-10-2013	09-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
	MP-01C	22-10-2013	09-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
	MP-03A	22-10-2013	15-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
	MP-03B	25-10-2013	15-12-2025	11 (1)(2)(6)	14
	MP-03C	22-10-2013	15-12-2025	10 (1)(2)(6)(8)	14
Tucúcaro	MP-05A	22-10-2013	18-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-05B	25-10-2013	18-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-05C	22-10-2013	18-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-06A	22-10-2013	18-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-06B	25-10-2013	18-12-2025	12 (1)(2)	14

[16] Principalmente por presencia o época de reproducción de flamencos

Tabla 5-18 Periodo de registro red de monitoreo del sector LP-LB

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas **
	MP-06C	22-10-2013	18-12-2025	12 (1)(2)	14
	TUC-P06	10-06-2015	18-12-2025	12 (1)(2)	14
	Tucúcaro	28-01-2001	29-12-2025	13 (1)	14
Vegas de Tilopozo	MP-04A	22-10-2013	17-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-04B	14-01-2014	17-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-04C	22-10-2013	17-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-09A	12-07-2016	17-12-2025	12 (1)(2)	14
	MP-09C	12-07-2016	17-12-2025	12 (1)(2)	14
	Tilopozo	28-01-2001	29-12-2025	13 (1)	14
	TIL-P03	14-07-2015	17-12-2025	12 (1)(2)	14

(1) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094.
(2) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102.
(3) No realizado por cierre de caminos de acceso, por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo 'Cierre de acceso a puntos LPLB'.
(4) Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-087.
(5) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine y Toconao. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-111.
(6) Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine, y restricciones por época de reproducción de flamencos en RNLF. Se constata en carta ALB-GMA-2026-SMA-002.
(7) Restricción de acceso por parte de la Comunidad de Peine
(8) No se realizaron los puntos por no contarse con condiciones climáticas óptimas. Verificador en acta de terreno '20250731 PAT'.

Notas:
*Realizadas: Número de mediciones en las que fue posible registrar el dato de nivel piezométrico.
**Totales programadas: Total de puntos programados y visitados, considera mediciones que no fue posible realizar.

Fuente: Elaboración propia

5.6.1.1 Norte de las lagunas

Al norte de las lagunas, se monitorea el nivel freático en 3 piezómetros someros (BA-01, BA-09, y BA-11) con profundidades de perforación máximas de 2 m.

Durante el año 2025 se registran precipitaciones importantes en el mes de febrero en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm) y se observa respuesta en los niveles freáticos en el punto BA-01 y BA-11.

En la Figura 5-22 se muestra el gráfico de los niveles freáticos monitoreados en el 2025. En relación con las oscilaciones estacionales se aprecia que el punto BA-01 presenta el máximo nivel en verano (febrero) 2025, este máximo en respuesta a las precipitaciones, ver en la

Figura 5-22 (PLLS-10), y los puntos BA-11 y BA-09 presentan valores máximos en el mes de agosto 2025, esto según los datos disponibles.-

Durante el año 2025, las cotas del nivel freático variaron entre los 2.298,840 (BA-11 en diciembre) y 2.299,253 m s.n.m.(BA-01 en febrero), mostrando amplitudes estacionales de entre 7,0 cm (BA-09) y 21,9 cm (BA-01).

5.6.1.2 Centro de las lagunas

En el centro de las lagunas es monitoreada por 7 piezómetros someros (BA-02, BA-03, BA-06, BA-10, BA-12, BA-13 y BA-14). Estos piezómetros son someros y muestran profundidades de perforación máximas de 2 m.

Durante el año 2025, la cota del nivel freático en esta zona varió entre 2.299,155 y 2.300,041 m s.n.m. medidos en BA-12 (febrero) y en BA-14 (agosto), respectivamente. Con una amplitud estacional de entre 17,7 cm (BA14) a 31,3 cm (BA-13).

En el año 2025 se registraron precipitaciones importantes en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm) cercano a este sector, y se observan saltos menores de los niveles en relación con esta precipitación.

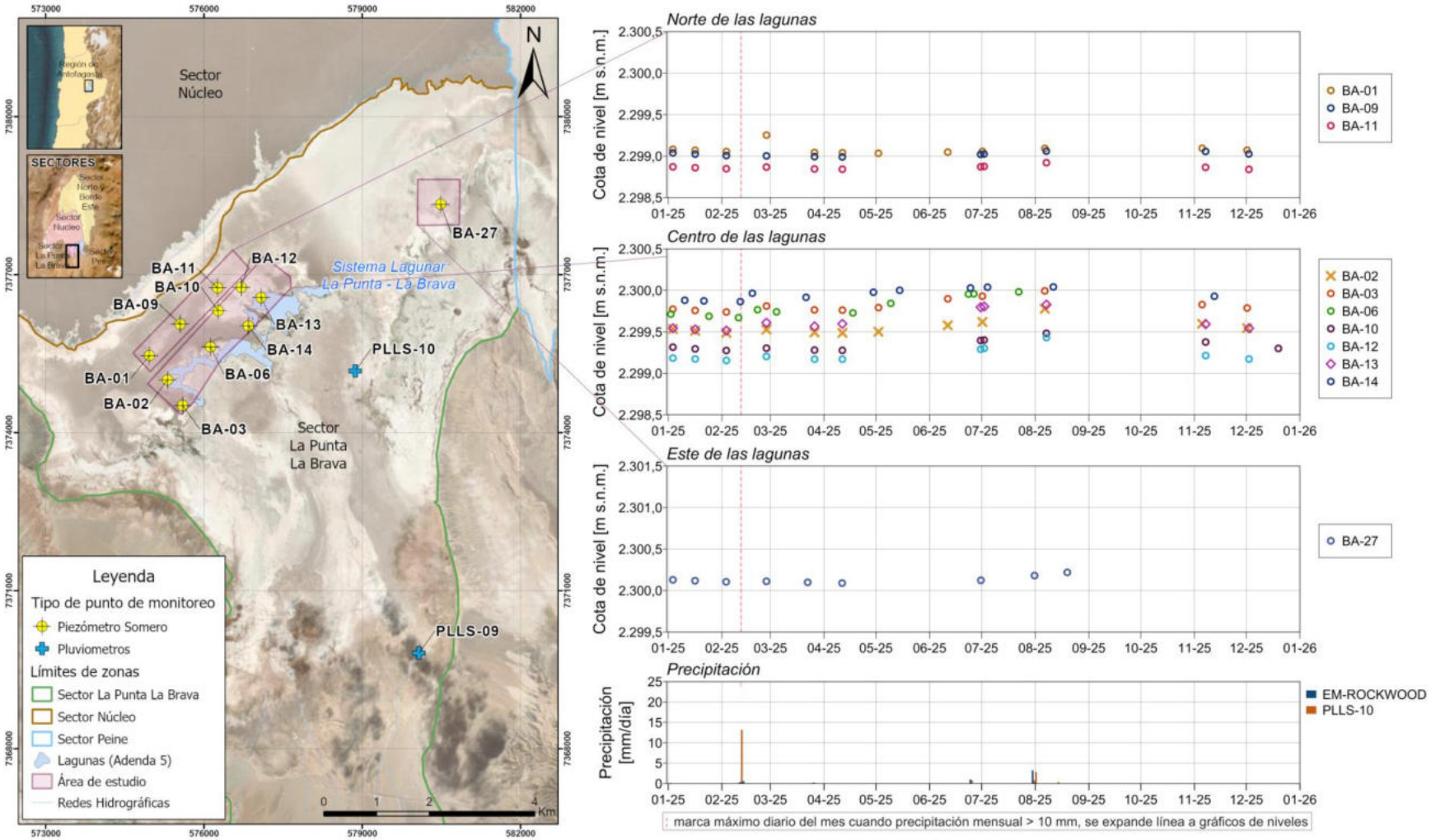
5.6.1.3 Este de las lagunas

Al este de las lagunas, se cuenta con un único punto de medición, el piezómetro somero BA-27, el cual tiene una profundidad de 1,89 m, es somero al igual que los piezómetros del subsector norte y subsector centro de las lagunas.

Durante el año 2025, la cota del nivel freático varió entre 2.300,090 (abril) y 2.300,219 (agosto) m s.n.m., lo que equivale a una amplitud estacional de 12,9 cm.

En el año 2025 no muestran saltos abruptos relacionados a las precipitaciones.

Figura 5-22 Hidrogramas de los puntos de observación del Norte, Centro y Este de las lagunas del sector La Punta-La Brava, para el año 2025



Nota: La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-18 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

5.6.1.4 Sur de las lagunas

Al Sur de las lagunas, se monitorean 13 puntos, de los cuales 7 son piezómetros someros (BA-04, BA-05, BA-07, BA-08, BA-15, BA-16 y BA-25) de menos de 2 m de profundidad y 6 son multipiezómetros (MP-01A a MP-01C y MP-03A a MP-03C) que cuentan con tres habilitaciones diferentes entre sí, una somera en el acuífero de agua salobre (A), una profunda (B) en la salmuera y una instalación habilitada en todo su espesor (C), en toda la columna de agua dulce/salobre y salmuera (Figura 5-23 y Figura 5-24).

Se observa en la Figura 5-24 que los niveles de los piezómetros MP-01A (habilitado en la columna somera de agua dulce/salobre) y MP-01C (habilitado en toda la columna de agua dulce/salobre y salmuera) se comportan de manera sincrónica, con menor cota de nivel en MP-01C. A su vez, el piezómetro MP-03A (habilitado en la columna somera de agua dulce/salobre) se comportan similar a MP-03C (habilitado en toda la columna de agua dulce/salobre y salmuera), comportamiento sincrónico y se observa similar cota de nivel.

Además, durante el año 2025 los piezómetros MP-01A, MP-01B, MP-03B y MP-03C muestran surgencias, alcanzando valores de 10 cm (agosto 2025) en el punto MP-01A por sobre el nivel del suelo.

Por otro lado, en el caso de los piezómetros habilitados en salmuera (MP-01B y MP-03B), se observa que MP-03B es similar a los demás puntos de agua dulce/salobre, mientras que MP-01B presenta un comportamiento anómalo.

Durante el 2025 para los puntos de la serie BA-XX (según la data disponible) se tiene que el nivel freático del sector Sur de las lagunas presentó valores entre 2.299,903 m s.n.m. y 2.302,098 m s.n.m., medidos en BA-07 en enero y MP-03C en agosto, respectivamente. Los piezómetros de la serie BA del sector sur lagunas muestran amplitudes estacionales de entre 4 cm (BA-25) a 16 cm (BA-07).

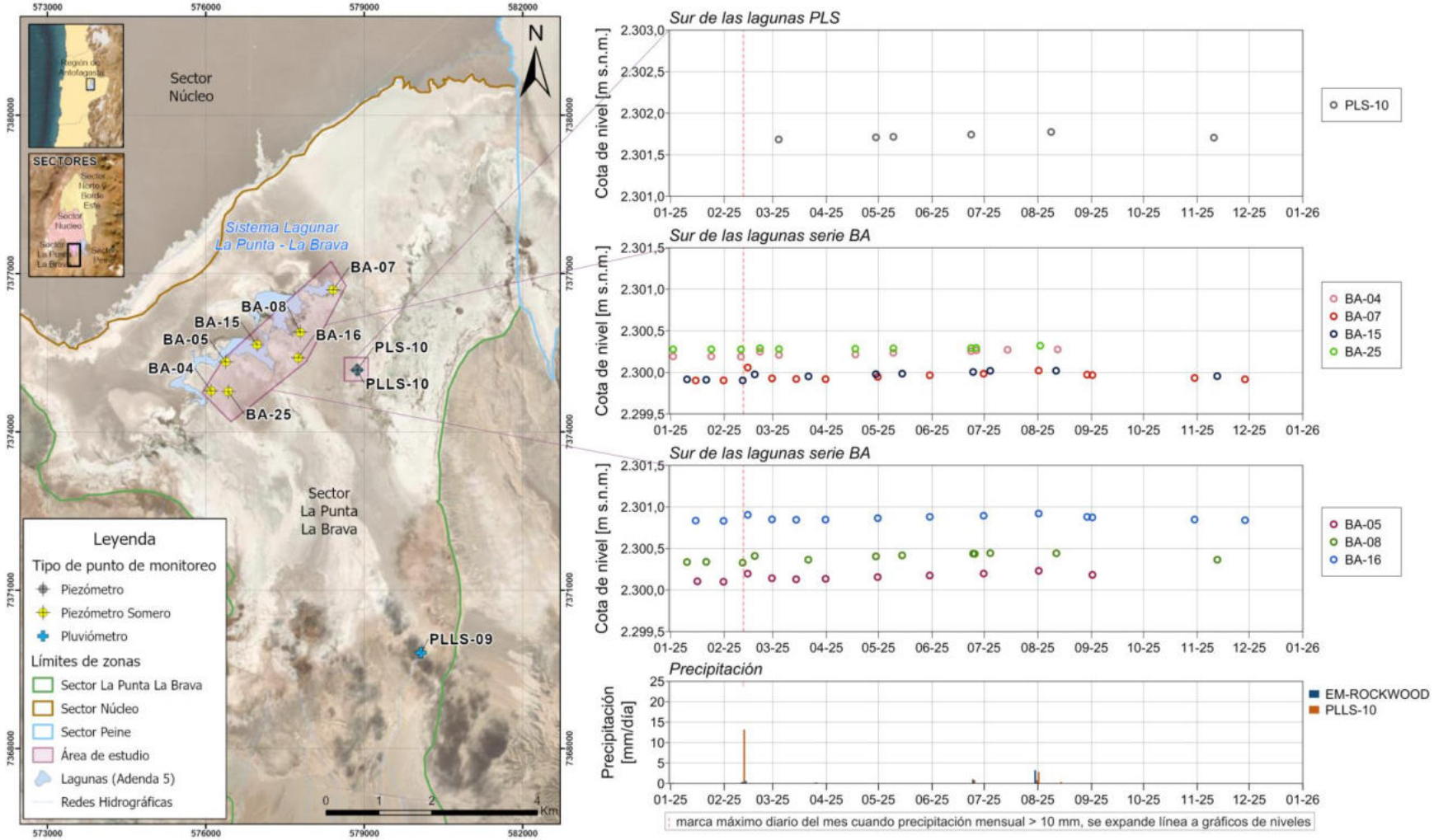
Además, durante el año 2025, para los puntos habilitados en salmuera se tiene que muestra valores entre 2.300,609 m s.n.m. (mayo) y 2300,754 (marzo) en el punto MP-01B; y el punto MP-03B (salmuera) presenta valores entre 2301,914 m s.n.m. y 2.302,079 m s.n.m. (agosto), es decir, el punto MP-03B, presenta mayores cotas de nivel que el punto MP-01B.

Por otra parte, el piezómetro PLS-10 presenta niveles entre 2301,684 m s.n.m. (marzo) y 2301,774 m s.n.m. (agosto), con un comportamiento similar a los puntos de monitoreo del sector, con mayores cotas de nivel que las observadas en los puntos de la serie BA-XX y MP-01X del sector Sur de las lagunas, y menores cotas de nivel que los puntos de la serie MP-03X. Los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre no se pudo medir por

restricciones de acceso de la comunidad de Peine, en junio no se puede medir por problema técnico con el candado del piezómetro.

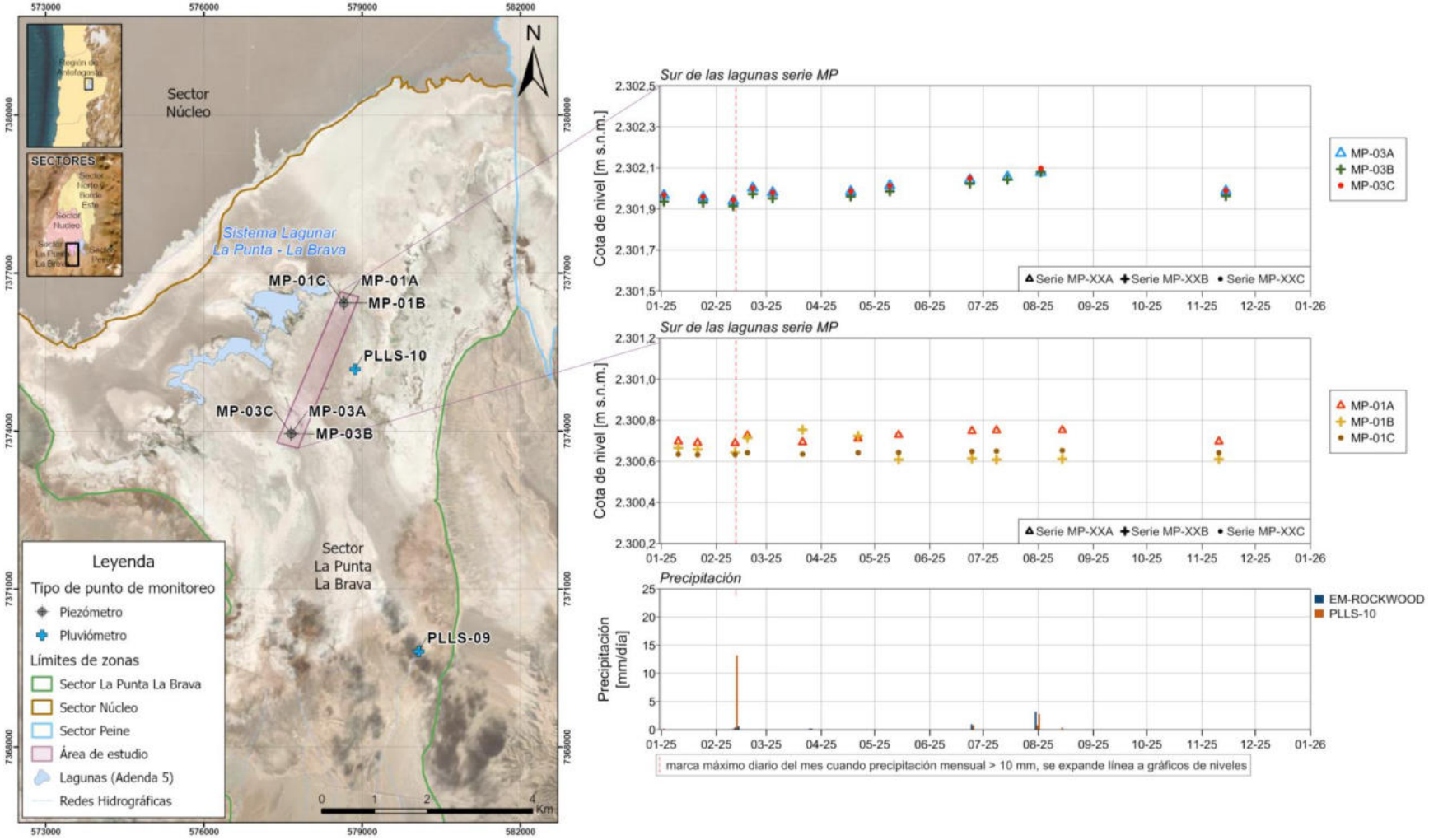
Los puntos BA-05, BA-07, BA-08, BA-15 y BA-16, al igual que en los puntos de la serie MP-XX muestran respuesta de ascenso de nivel de agua a las precipitaciones registradas en febrero de 2025 en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm).

Figura 5-23 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava, puntos serie BA



Nota: La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-18 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

Figura 5-24 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava, serie MP



Nota: Presenta rango de escala vertical diferente en relación con los otros gráficos de la sección. La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-18 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

5.6.1.5 Tucúcaro

En el sector de Tucúcaro, se monitorean los niveles freáticos de 8 puntos, de los cuales 6 son multipiezómetros (MP-05A a C y MP-06A a C), 1 piezómetro somero (TUC-P06) con profundidades en torno a los 2 m y 1 pozo zanja (Tucúcaro) el cual es un punto de extracción de agua industrial. Los multipiezómetros MP cuentan con tres habilitaciones, la serie A es somera entre 20 y 40 m, la serie B son más profundos y están habilitados en salmuera; y la serie C está habilitada en toda la profundidad del pozo.

En la Figura 5-25, se muestra el gráfico de los datos anuales del nivel freático de los puntos monitoreados MP-05A, MP-05C, MP-06A y MP-06C, los cuales durante 2025 muestran comportamiento similar y sincronía en su oscilación estacionaria, con amplitudes entre 7 cm (MP-06C) y 25 cm (MP-05A), y cotas entre 2.301,454 m s.n.m y 2.303,749 m s.n.m, medidos en MP-05A (enero) y en MP-06C (agosto), respectivamente.

El punto MP-05B (ver Figura 5-25) muestra un registro de cota de nivel piezométrico entre los 2.299,082 (mayo) y los 2.299,139 m s.n.m. (enero) Por otra parte, el punto MP-06B (ver Figura 5-25) muestra que la cota del nivel piezométrico se registró entre los 2.303,915 (diciembre) y los 2.303,965 m s.n.m. (julio). Los puntos MP-05B y MP-06B (salmuera) se muestran en el gráfico inferior de la Figura 5-25 y sin mayores cambios durante en el año 2025. El punto MP-06B se ubica a una cota superior a los puntos de su serie A y C, mientras que MP-05B se ubica a una cota inferior a los puntos de su serie A y C.

En la Figura 5-26 se muestra el gráfico del punto TUC-P06 y pozo Tucúcaro, se observa durante el año 2025 que la cota del nivel freático se registró entre 2.301,240 m s.n.m. en TUC-P06 (febrero) y 2.302,243 m s.n.m. en Tucúcaro (agosto).

No se observa respuesta a precipitaciones para el año 2025.

5.6.1.6 Vegas de Tilopozo

En las Vegas de Tilopozo, más al Sur de las lagunas La Punta y la Brava, se monitorean los niveles freáticos de 7 puntos (5 son multipiezómetros y 2 piezómetros someros). Los multipiezómetros MP de la serie A, tienen profundidades entre 20 y 40 m, los de la serie B son más profundos y están habilitados en la salmuera, y los de la serie C están habilitados en toda su profundidad, con valores de hasta 120,5 m (MP-04C). El piezómetro somero TIL-P03 tiene profundidad entorno a los 2 m y. Por otra parte, la vertiente Tilopozo corresponde a un punto de extracción de agua industrial.

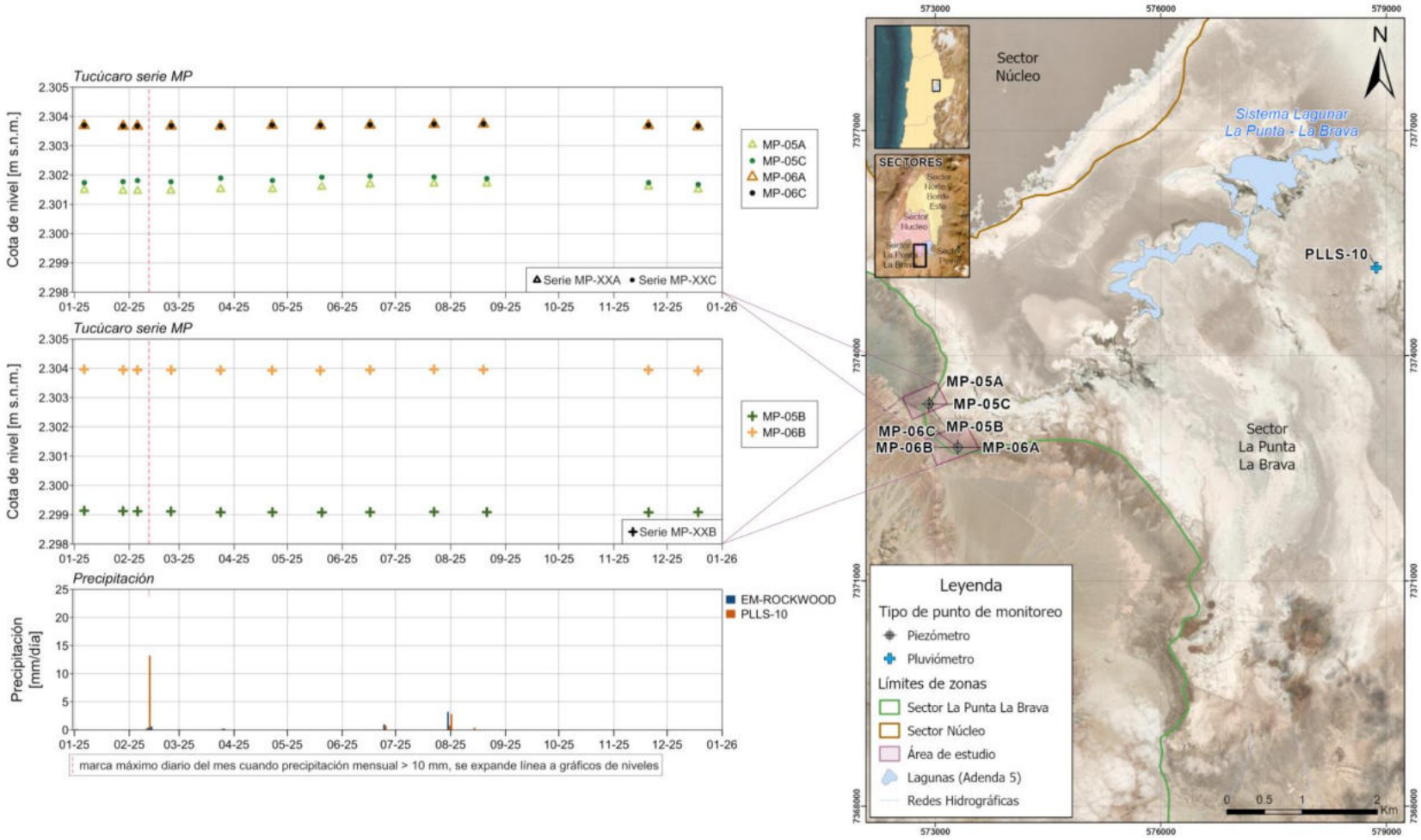
En el hidrograma de la Figura 5-27 se grafican los niveles del subsector, y se observa que durante el año 2025 los puntos MP-04A, MP-04C, MP-09A, MP-09C, TIL-P03 y Tilopozo

presentan un comportamiento similar, con cotas de nivel freático entre 2.305,329 m s.n.m. (TIL-P03, marzo) y 2.309,040 m s.n.m. (MP-09C, enero). Los niveles en el punto Tilopozo son niveles dinámicos, dado que es un punto de extracción. El punto MP-04B habilitado en salmuera registró cotas del nivel piezométrico entre los 2.306,387 m s.n.m. (agosto) y 2.306,604 m s.n.m. (noviembre).

Por otra parte, el punto PLS-09 presentó niveles estables durante el año, con valores entre 2305,122 m s.n.m. (abril) y 2305,198 m s.n.m. (octubre), con un comportamiento similar a lo observado en los demás puntos.

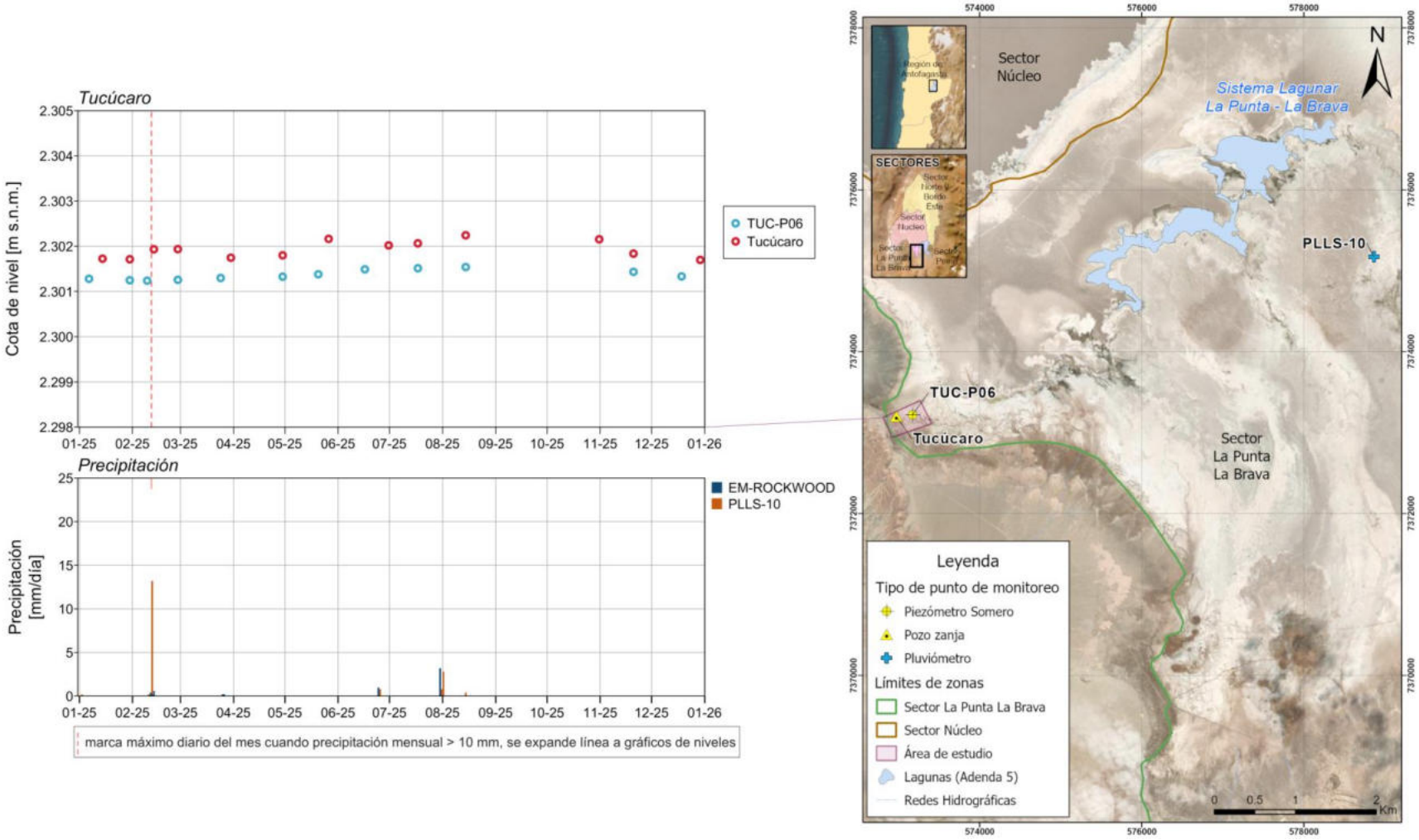
No se observa respuesta a precipitaciones para el año 2025.

Figura 5-25 Hidrogramas de los puntos de observación de la serie MP del sector Tucúcaro, sector La Punta-La Brava



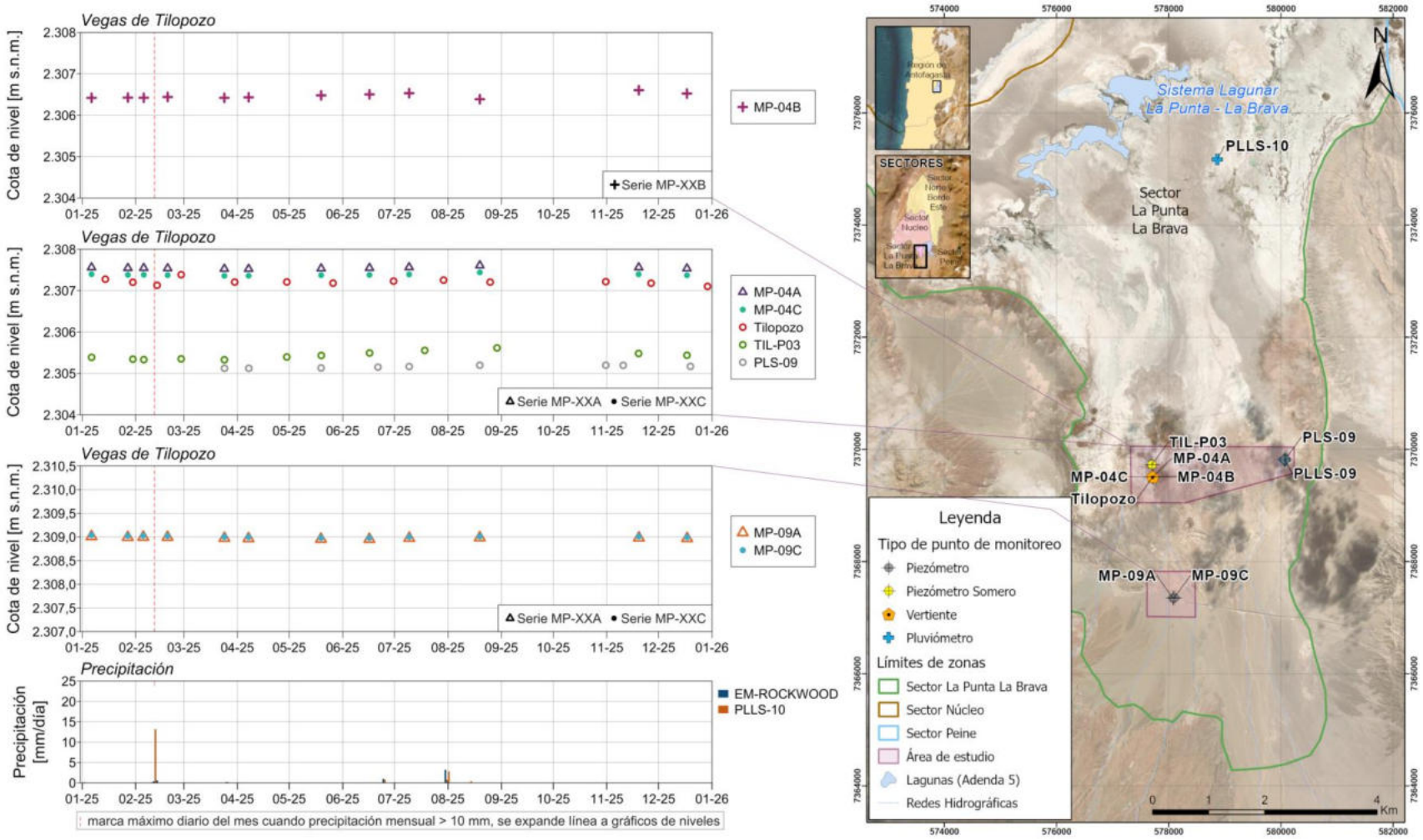
Nota: el punto MP-05B y MP-06B están habilitados en salmuera. La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-18 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

Figura 5-26 Hidrogramas de los puntos de observación Tucúcaro y TUC-06 del subsector Tucúcaro, sector La Punta-La Brava



Nota: La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-18 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

Figura 5-27 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Vegas de Tilopozo, sector La Punta-La Brava



Nota: La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-18 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

5.6.2 Sector Peine

En el sector de Peine, la red de monitoreo se compone de 21 puntos (9 piezómetros someros, 9 multipiezómetros y 3 pozos), ubicados según muestra los mapas de la Figura 5-28 y Figura 5-29. Además, en el sector Peine se encuentran los piezómetros PLS-07 y PLS-08. Junto con ello, se agregan datos de precipitación del pluviómetro PLLS-08 representativo y cercano a los puntos ubicados en esta zona.

En la Tabla 5-19 se presenta el periodo registro de mediciones en cada punto de monitoreo y en Anexo F-1 se entregan todos los registros para el año 2025.

Los puntos de monitoreo y los resultados de las mediciones del año se presentan en 4 subsectores:

- Laguna Interna y su desborde
- Lagunas Salada y Saladita
- Inicio Laguna Salada
- Borde Este y Sur

El análisis en el Sector de Peine, tal como ha sido mencionado previamente, se encuentra una brecha de información importante por la falta de datos de niveles en el año 2025, debido principalmente a las restricciones de acceso al área por la Comunidad de Peine[17], lo que se puede ver en la Tabla 5-19, y con mayor detalle en el Anexo F-1.

Dado lo anterior, no es posible, ni adecuado realizar análisis debido a la poca información existente, por lo que solo se presentan características puntuales de las mediciones.

No se registran precipitaciones importantes (mayores a 10 mm) en las estaciones meteorológicas ni en los pluviómetros del sector (PLLS-07 y PLLS-08) para el año 2025.

Tabla 5-19 Mediciones de nivel freático, en sector Peine, año 2025

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas**
Laguna Interna y su desborde	BA-17	17-06-2013	17-12-2025	0 (1)(2)(3)(4)(5)	14
	BA-18	17-06-2013	23-12-2025	3 (1)(4)(6)(7)	14
	BA-19	17-06-2013	23-12-2025	3 (1)(4)(6)(7)	14
	BA-20	17-06-2013	09-12-2025	3 (1)(4)(6)(7)	14
	BA-23	21-05-2013	09-12-2025	2 (1)(4)(7)(8)(9)	14

[17] Según se indica en las cartas al pie de la Tabla 5-19, algunos de los motivos son caminos en mal estado, presencia de flamencos y demandas territoriales ante el Estado de Chile.

Tabla 5-19 Mediciones de nivel freático, en sector Peine, año 2025

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas**
	MPS-CA	24-10-2013	01-12-2025	2 (1)(4)(5)(7)(8)(9)	14
	MPS-CB	24-10-2013	01-12-2025	2 (1)(4)(5)(7)(8)(9)	14
	MPS-CC	24-10-2013	01-12-2025	2 (1)(4)(5)(7)(8)(9)	14
Lagunas Salada y Saladita	BA-21	21-05-2013	30-12-2025	3 (1)(7)(10)	14
Inicio laguna Salada	BA-22	10-09-2013	30-12-2025	3 (1)(7)(10)	14
	MPS-AA	24-10-2013	01-12-2025	2 (1)(4)(5)(7)(6)(11)	14
	MPS-AB	24-10-2013	01-12-2025	2 (1)(4)(5)(7)(6)(11)	14
	MPS-AC	24-10-2013	01-12-2025	2 (1)(4)(5)(7)(6)(11)	14
Inicio laguna Salada	BA-28	09-07-2015	30-12-2025	3 (1)(7)(10)(12)	14
	BA-30	09-07-2015	30-12-2025	3 (1)(7)(10)(12)	14
Borde este y sur de Peine	MP-07A	25-09-2016	22-12-2025	13 (4)	14
	MP-07C-1	14-07-2017	22-12-2025	13 (4)	14
	MP-08A	01-08-2016	22-12-2025	13 (4)	14
	PP-01	11-07-2016	22-12-2025	13 (4)	14
	PP-02	25-09-2016	22-12-2025	13 (4)	14
	PP-03	01-08-2016	22-12-2025	13 (4)	14

1. No realizado por restricción de acceso al sistema lagunar por parte de la comunidad de Peine, según Carta Oficial N°94/2024 hasta segunda quincena de marzo 2025, y extendido hasta fines de abril según Carta Oficial N°111/2025 (ver anexo L).
2. Suspensión de monitoreo debido a trabajos de mejoramiento de caminos. Verificador en correo 'RE: Suspensión puntos'.
3. Punto seco.
4. Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094.
5. Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102.
6. Acceso restringido por la comunidad de Peine, indican caminos en mal estado. Verificador en correo 'Re: Coordinación 23-05-2025 Hídrico'.
7. No realizado por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. La comunidad declara cierre de las lagunas Salada, Saladita e Interna desde octubre hasta abril de 2026, según Carta Oficial N°147/2025 (ver Anexo L).
8. Acceso restringido por la comunidad de Peine, indican caminos en mal estado. Verificador en correo 'Re: Coordinación 12-05-2025 Hídrico'.
9. Restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo 'Re: Coordinación 06-06-2025'.
10. Restricción de acceso por parte de la Comunidad de Peine.
11. Restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Verificador en correo 'Re: Coordinación 03-06-2025'.
12. Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine, y restricciones por época de reproducción de flamencos en RNLF. Se constata en carta ALB-GMA-2026-SMA-002.

Notas:

*Realizadas: Número de mediciones en las que fue posible registrar el dato de nivel piezométrico.

**Totales programadas: Número de puntos programados y visitados, considera mediciones que no fue posible realizar.

Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica de los registros de niveles del sector Peine y los diferentes subsectores que se describen a continuación, se presentan en la siguientes Figura 5-28 y Figura 5-29.

5.6.2.1 Laguna Interna y su desborde

En Laguna Interna y su desborde se monitorean 8 puntos, los que corresponden a 5 piezómetros someros (BA-17, BA-18, BA-19, BA-20 y BA-23) y 3 puntos del multipiezómetro de la serie MPS-CA a MPS-CC. El multipiezómetro cuenta con tres habilitaciones, una somera en el acuífero de agua salobre (A), una profunda (B) en la salmuera y una instalación habilitada en todo su espesor (C), en toda la columna de agua dulce/salobre y salmuera. Los 8 puntos se ubican y grafican según muestra la Figura 5-28.

En este subsector se registró durante el año 2025, la cota del nivel freático entre los 2.297,911 y 2.299,313 m s.n.m. medidos en MPS-CC (agosto) y en BA-23 (julio), respectivamente.

Se hace relevante mencionar que los puntos de este sector cuentan con datos de máximo 3 meses (junio, julio y agosto 2025), similar a lo que ocurre en el subsector Laguna Salada y Saladita, y subsector Inicio Laguna Salada.

En esta zona se ubica el piezómetro PLS-07 perteneciente a la red interna de monitoreo, con niveles entre 2298,095 m s.n.m. (diciembre) y 2298,196 m s.n.m. (marzo), los niveles medidos en este punto son consistentes con lo observado en el sector. Es relevante mencionar que este punto contempla datos para todo el año, y muestra variaciones centimétricas (10 cm).

5.6.2.2 Lagunas Salada y Saladita

Este subsector es monitoreado en 5 puntos (BA-21, BA-22, MPS-AA, MPS-AB y MPS-AC). Los puntos MPS-AA, MPS-AB y MPS-AC se comportan similares, por lo que se grafican juntos, tal como se observa en la gráfica de la Figura 5-28.

Durante el año 2025 para todos los puntos, la cota del nivel freático se registró entre los 2.299,451 m s.n.m. (MPS-AA, julio) y 2.300,305 m s.n.m. (BA-22, julio). Y en el punto MPS-AB muestra cotas entre 2.299,446 m s.n.m. (julio) y 2.299,448 m s.n.m. (agosto). Se hace relevante mencionar que los puntos de este sector cuentan con datos de máximo 3 meses (junio, julio y agosto 2025), similar a lo que ocurre en el subsector Laguna Interna y su desborde, y subsector Inicio Laguna Salada.

Por otra, parte el punto PLS-08 registró niveles entre 2299,935 m s.n.m. y 2299,948 m s.n.m., los niveles medidos en este punto son consistentes con lo observado en el sector.

5.6.2.3 Inicio Laguna Salada

Este subsector es monitoreado en 2 piezómetros someros (BA-28 y BA-30), con profundidades inferiores a los 2 metros. La representación gráfica del registro anual de niveles se presenta en la Figura 5-28 en conjunto con el mapa de ubicación de los puntos del sector.

Durante el año 2025, la cota del nivel freático se registró entre los 2.300,731 y 2.301,619 m s.n.m. medidos en BA-28 (junio) y en BA-30 (julio), respectivamente. Se hace relevante mencionar que los puntos de este sector cuentan con datos de 3 meses (junio, julio y agosto 2025), similar a lo que ocurre en el subsector Laguna Interna y su desborde, y subsector Lagunas Salada y Saladita.

5.6.2.4 Borde Este y Sur de Peine

La red de monitoreo del sector corresponde a piezómetros alejados de los cuerpos de agua en superficie y cercana a la zona del piedemonte del frente de montaña. Por la proximidad al acuífero aluvial que se desarrolla en este sector, la red de monitoreo es sensible a los aportes provenientes desde las subcuencas producto de eventos de precipitación o deshielo, al igual que aluviones que hacen su descarga en el sector marginal del Salar de Atacama (Figura 5-29).

La red está compuesta por 6 puntos, de los cuales 3 puntos corresponden a multipiezómetros de la serie MP-XX (MP-07A, MP-07C-1, MP-08A) y 3 puntos de la serie PP-XX (PP-01, PP-02 y PP-03). La representación gráfica del registro anual de niveles se presenta en Figura 5-29 en conjunto con el mapa de ubicación de los puntos del sector.

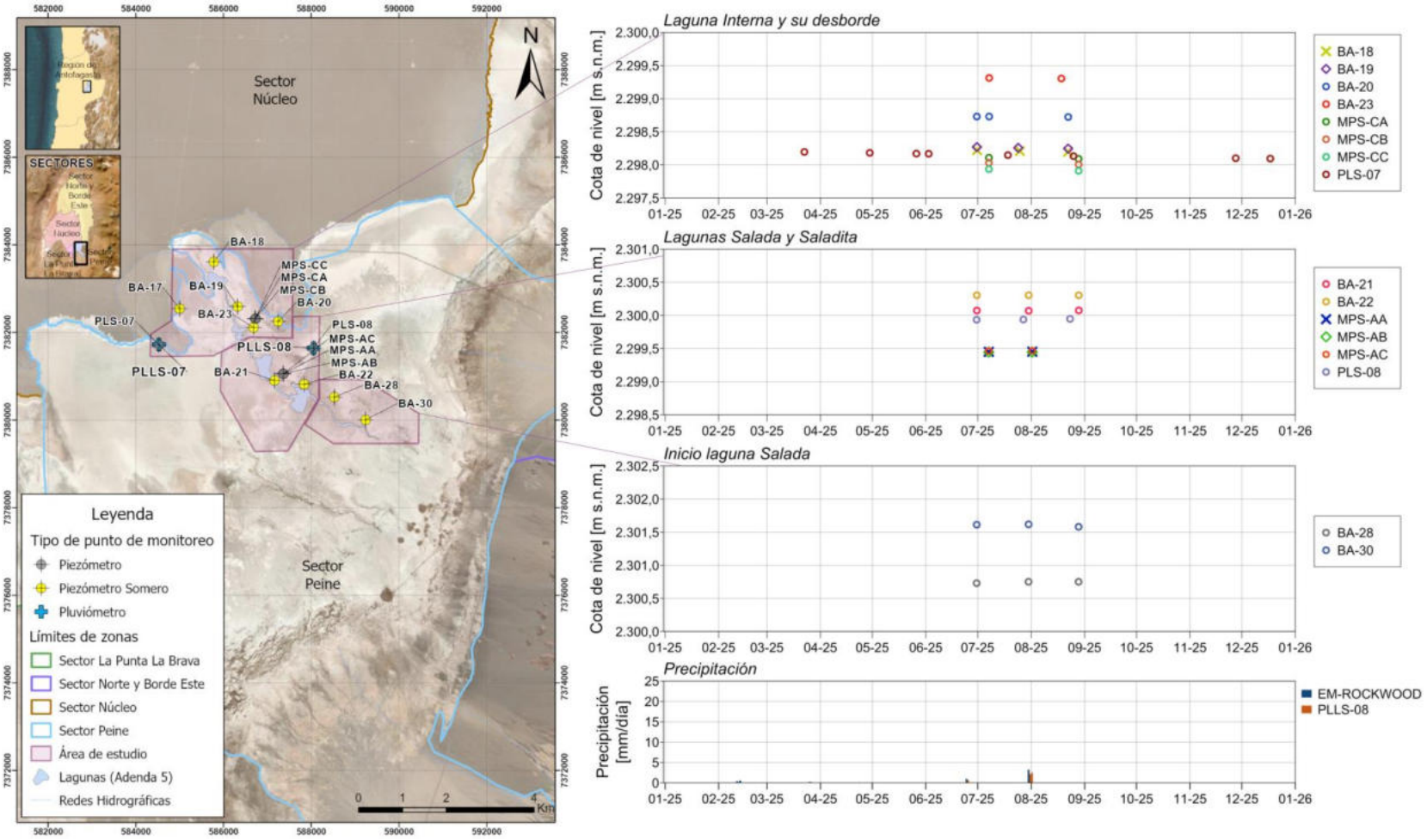
Durante el año 2025, la cota del nivel freático se registró entre los 2.302,577 y 2.308,602 m s.n.m. medidos en MP-08A (marzo) y en PP-03 (agosto), respectivamente.

Además, se observa que en los puntos PP-02 y PP-03, ubicados en borde aluvial al suroeste del sector, se presentan con cotas de nivel similares en cada punto, durante todo el año.

Se observa, además, surgencia de niveles (por sobre el nivel del suelo), en los puntos MP-07C-1, PP-02, PP-03 ubicados en Borde Este y Sur de Peine, alcanzando 15 cm en MP-07C-1 en agosto 2025

Este sector en relación con la amplitud estacional, para el año 2025, esta varía entre 7,6 cm (PP-03) y 26,5 cm (MP-07A).

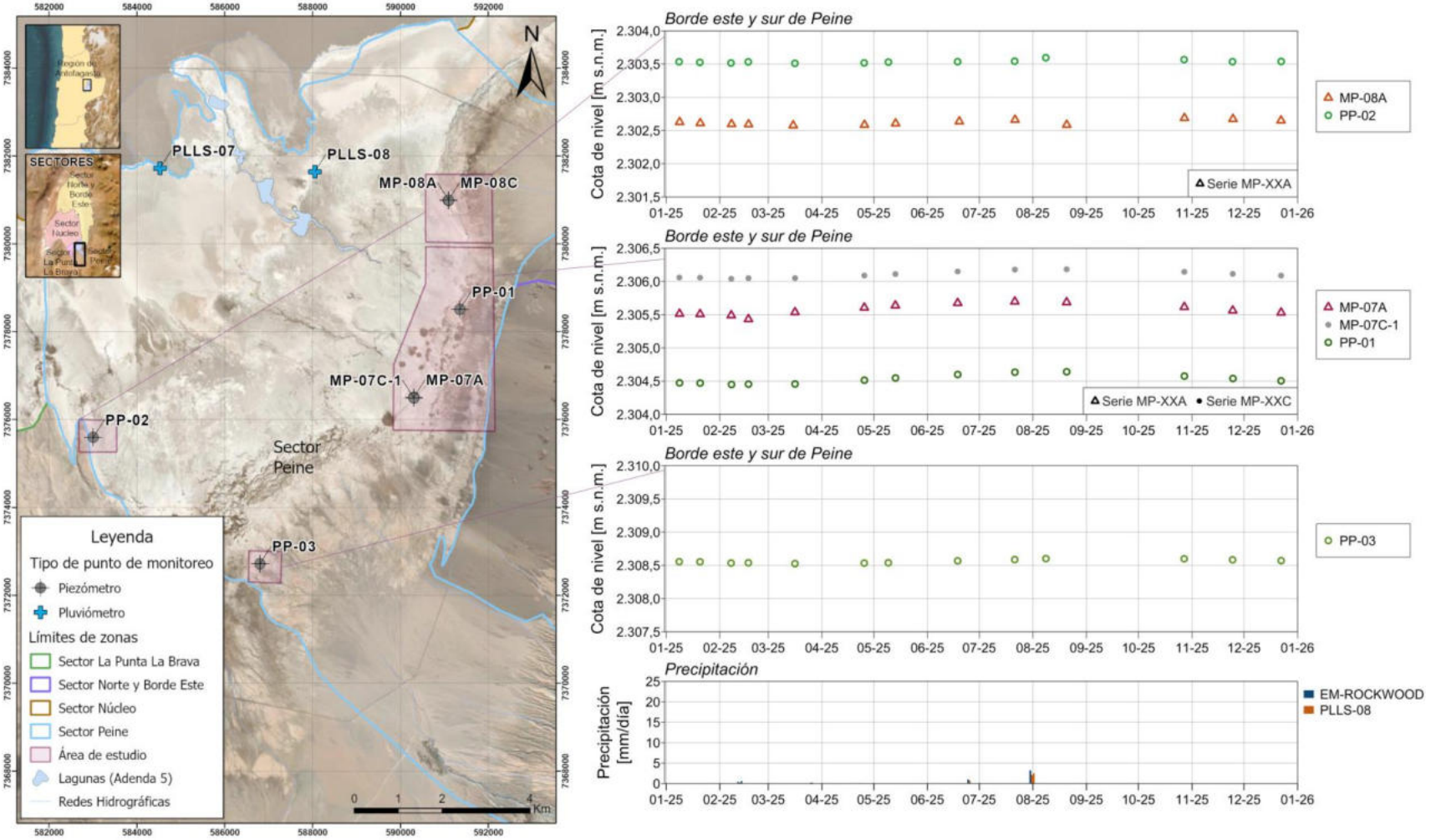
Figura 5-28 Hidrogramas de los puntos de observación de los subsectores laguna Interna y su desborde, Laguna Salada y Saladita e Inicio laguna Salada, sector Peine



Nota: El punto BA-17 no tiene datos en el año 2025. La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-19 y con mayor detalle en el Anexo F-1.

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-29 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Borde Este y Sur de Peine



Nota: El punto MP-08C no se gráfica dado que no tiene datos por encontrarse sellado desde el año 2016. La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-19 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

5.6.3 Sector Norte y Borde Este

En el sector Norte y Borde Este la red de monitoreo se compone de 3 puntos, según se aprecia en la Tabla 5-20, donde además se detalla el periodo registro mediciones para todos los puntos. En Anexo F-1 se entregan todos los registros medidos para el año 2025.

Estos puntos corresponden a 2 multipiezómetros: MP-12A y MP-12C ubicados en el sur de dicho sector, y 1 un piezómetro somero (BA-31), ubicado en el sistema lagunar Soncor, según muestra la Figura 5-30. Además, en el sector se ubican 4 piezómetros de la red interna de monitoreo, que son PLS-01 a PLS-04 (Figura 5-31). Junto con ello, se agregan datos de precipitación del pluviómetro PLLS-10 representativo y cercano a los puntos ubicados en esta zona.

El punto BA-31 se encuentra principalmente seco y no cuenta con datos para el año 2025, y los puntos MP-12A y MP-12C, no se pudieron medir entre enero y marzo, lo que se puede ver en la Tabla 5-20, y con mayor detalle en el Anexo F-1.

Tabla 5-20 Periodo de registro red de monitoreo del sector Norte y Borde Este

Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
	Fecha inicio	Fecha inicio	Realizadas*	Totales programadas**
BA-31 (EX LM-15)	21-10-2016	26-12-2025	0 (1)(2)(3)(4)(5)	23
MP-12A	25-09-2016	17-12-2025	9 (6)	14
MP-12C	25-09-2016	17-12-2025	9 (6)(7)	14

(1) Punto seco
(2) Suspendido por condiciones climáticas
(3) Restricción de acceso por parte de la Comunidad de Toconao
(4) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094.
(5) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102.
(6) Restricción de acceso por parte de la Comunidad de Socaire
(7) Monitoreo cancelado ante falta de respuesta de la comunidad de Socaire sobre coordinación. Verificador en correo 'RE: CALENDARIO SOCAIRE'.

Notas:
*Realizadas: Mediciones en las que fue posible registrar el dato de nivel piezométrico.
**Totales programadas: Total puntos programados y visitados, considera mediciones que no fue posible realizar.

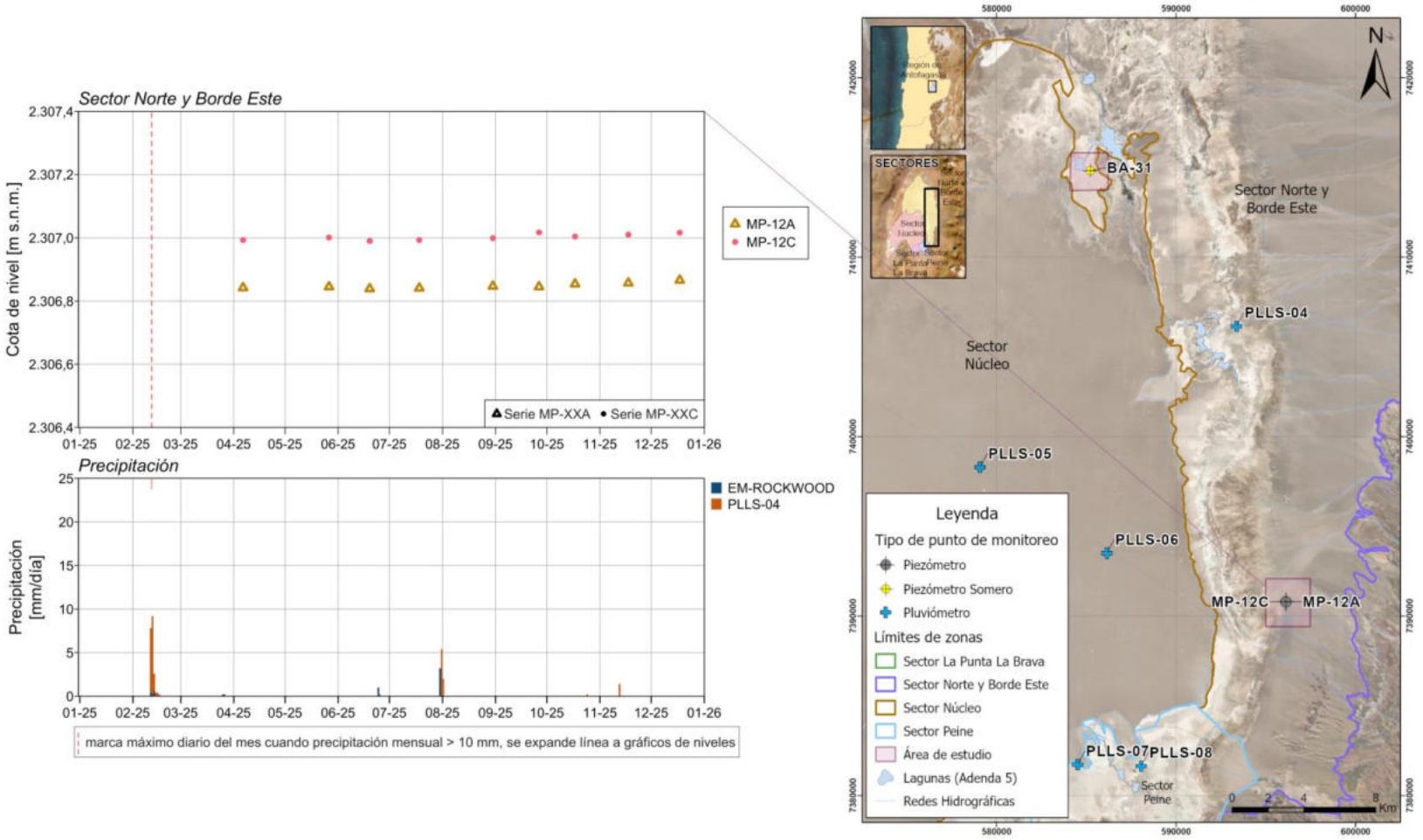
Fuente: Elaboración propia

El año 2025 ocurren precipitaciones importantes en febrero en los pluviómetros PLLS-01 (16,7 mm), PLLS-03 (33,6 mm) y PLLS-04 (20,6 mm) siendo este último el punto representativo del sector y se observa en Figura 5-30. No obstante, no se observan respuestas a dichas precipitaciones en los puntos MP-12A y MP-12C (el punto BA-31 no tiene datos). Durante el

año 2025, la cota del nivel freático se registró entre los 2.306,805 m s.n.m. y 2.307,017 m s.n.m., medidos en MP-12A (junio) y en MP-12C (septiembre) respectivamente.

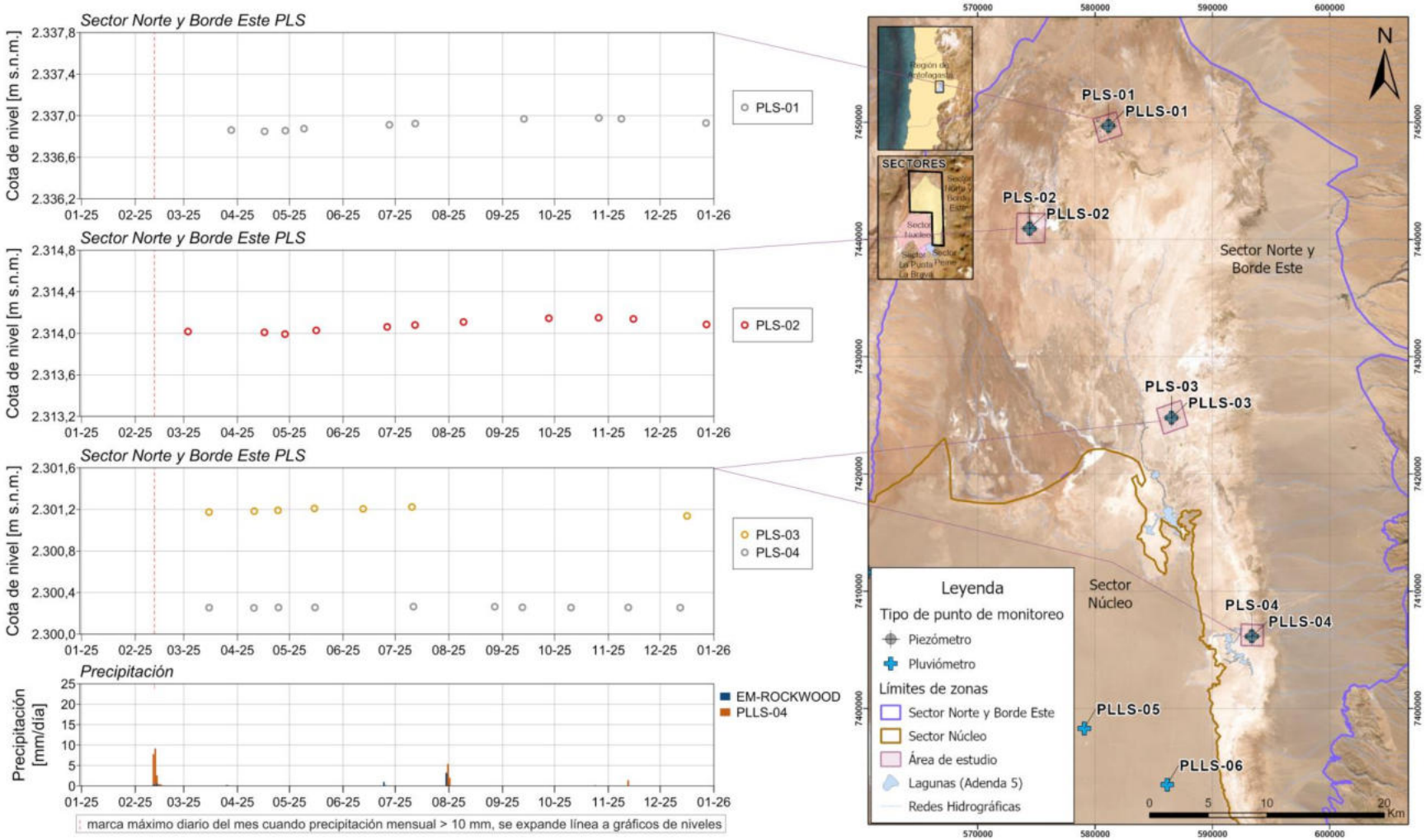
Los puntos PLS-01, PLS-02, PL-03 y PLS-04, se ubican en una zona amplia del sector Norte y Borde Este, y en relación con la cota de nivel se tiene que el punto PLS-01 presentó niveles entre 2336,849 m s.n.m. (abril) y 2336,978 m s.n.m. (octubre), el piezómetro PLS-02 niveles entre 2313,992 m s.n.m. (abril) y 2314,150 m s.n.m. (octubre), el punto PLS-03 niveles entre 2301,137 m s.n.m. (diciembre) y 2301,223 m s.n.m. (julio) y el piezómetro PLS-04 niveles entre 2300,252 m s.n.m. (abril) y 2300,264 m s.n.m. (julio), este último punto se encuentra cercano a los puntos MP-12A y MP-12C, y presenta menores cotas de nivel del agua.

Figura 5-30 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Norte y Borde Este



Nota: El punto BA-31 no presenta datos durante el año 2025 por lo que no se gráfica, principalmente por restricción de acceso y encontrarse seco. La justificación de los datos faltantes se puede ver en Tabla 5-20. Fuente: Elaboración propia

Figura 5-31 Hidrogramas de los pozos de observación de la serie PLS-XX del sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

5.6.4 Sector Núcleo

En el Sector Núcleo la red de monitoreo se compone de 61 puntos. Estos se detallan en la Tabla 5-21 donde se indica el periodo registros, que iniciaron entre los años 1985 y 2016. En Anexo F-1 se entregan todos los registros para el año 2025.

De estos 57 son piezómetros, 3 pozos fueron de bombeo[18] hace algunos años atrás, hoy se utilizan de monitoreo (CL-17, CL-28 y CL-29) y 1 zanja (Zanja Camino a Peine).

Además, se cuenta con 3 piezómetros que se incluyen en el análisis y son parte de la red interna de monitoreo: PLS-05, PLS-06 y PLS-11. Junto con ello, se agregan datos de precipitación del pluviómetro PLLS-05 representativo de la zona.

Los puntos de monitoreo se han clasificado según su distribución en 4 subsectores, todas ubicadas en el núcleo:

- Núcleo Centro Norte
- Núcleo Oeste
- Núcleo Este
- Zona de Producción

En 2025 no se registran precipitaciones importantes en este sector.

Por otra parte, se hace relevante mencionar que en el sector Núcleo algunos puntos no se pudieron medir[19], lo que se justifica en la Tabla 5-21 y con mayor detalle en el Anexo F-1.

Tabla 5-21 Periodo de registro puntos de monitoreo sector Núcleo

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas **
Núcleo Centro Norte	ES-01	17-11-2016	18-12-2025	24	24
	ES-02	17-11-2016	18-12-2025	24	24
	ES-03	17-11-2016	18-12-2025	24	24
	ES-04	17-11-2016	18-12-2025	24	24
	ES-05	17-11-2016	18-12-2025	24	24
	ES-06	17-11-2016	18-12-2025	24	24
	ES-07	17-11-2016	18-12-2025	24	24

[18] Estos puntos de extracción no se bombean hace más de 25 años. En el punto CL-17 se dejó de bombear en 1996, el punto CL-28 en el año 1994 y CL-29 en el año 1996.
[19] Principalmente por presencia o época de reproducción de flamencos

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas **
	ES-08	17-11-2016	18-12-2025	19 (1)(2)(3)	24
	ES-09	02-08-2016	22-12-2025	19	19
	ES-10	02-08-2016	22-12-2025	16 (1)(2)(3)	19
	ES-11	08-07-2016	18-12-2025	19 (1)(2)(3)	24
	PN-18	25-10-2016	18-12-2025	24	24
	PN-19	25-10-2016	18-12-2025	24	24
Núcleo Oeste	CS-01	02-07-2016	07-12-2025	14	14
	SAMPLE-4A	26-09-2016	07-12-2025	14	14
Núcleo Este	CL-6	28-01-2001	15-12-2025	15	15
	P-01	20-07-2013	15-12-2025	17	17
	P-02	19-07-2013	15-12-2025	14	14
	P-03	21-07-2013	15-12-2025	16	16
	P-04	06-09-2013	22-12-2025	13 (1)(2)(3)	16
	P-05	17-10-2013	01-12-2025	13 (4)	14
	PN-02	08-07-2016	22-12-2025	12 (1)(2)(3)	15
	PN-03	08-07-2016	22-12-2025	17	17
	PN-04	08-07-2016	16-12-2025	12 (1)(4)(5)	15
	PN-05B	12-11-2014	30-12-2025	17	17
	PN-06	02-08-2016	20-12-2025	17	17
	PN-07	02-08-2016	22-12-2025	11 (1)(2)(3)(4)	15
	PN-08A	07-12-2014	30-12-2025	15 (4)	16
	PN-09	08-07-2016	16-12-2025	11 (1)(4)(6)	14
	PN-10	02-08-2016	20-12-2025	18	18
	PN-11	02-08-2016	20-12-2025	18	18
	PN-13	02-08-2016	15-12-2025	17	17
	PN-14B	07-11-2014	30-12-2025	18	18
	PN-15	02-08-2016	20-12-2025	18	18
	PN-16B	07-11-2014	30-12-2025	15	15
	S-1	24-08-1989	14-12-2025	16	16
	S-2-1	27-06-2019	14-12-2025	16	16
	S-3	24-08-1989	14-12-2025	15	15
	S-4	24-08-1989	22-12-2025	12 (1)(2)(3)	15
	Zanja Camino A Peine	28-01-2001	17-12-2025	12 (1)(4)	14
Zona de Producción	CL-10	02-05-1985	13-12-2025	0 (8)	14
	CL-11	02-05-1985	13-12-2025	14	14
	CL-12	02-05-1985	13-12-2025	3 (8)	14

Subsector	Punto de monitoreo	Periodo de Registro		Número de mediciones 2025	
		Fecha inicio	Fecha final	Realizadas*	Totales programadas **
	CL-13	02-05-1985	13-12-2025	0 (8)	14
	CL-14-1	02-06-2016	13-12-2025	14	14
	CL-16-1	02-06-2016	13-12-2025	14	14
	CL-17	02-05-1985	13-12-2025	14	14
	CL-18	02-05-1985	13-12-2025	14	14
	CL-2-1	14-08-2016	15-12-2025	14	14
	CL-26-1	15-08-2016	13-12-2025	13 (7)	14
	CL-27-P	12-11-2022	07-12-2025	14	14
	CL-28	28-01-2001	07-12-2025	14	14
	CL-29	28-01-2001	07-12-2025	16	16
	CL-30	28-01-2001	07-12-2025	14	14
	CL-31	28-01-2001	07-12-2025	14	14
	CL-32	28-01-2001	02-11-2025	13	13
	CL-33	28-01-2001	07-12-2025	14	14
	CL-34-1	15-08-2016	07-12-2025	14	14
	EXP-2-1	25-09-2016	13-12-2025	14	14
	First Well	28-01-2001	07-12-2025	14	14
	WELL IK-1	07-10-2016	07-12-2025	14	14

(1) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-102.
(2) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine y Toconao. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-111.
(3) Sin acceso, por restricciones de la comunidad de Peine, y restricciones por época de reproducción de flamencos en RNLF. Se constata en carta ALB-GMA-2026-SMA-002.
(4) Sin acceso, por restricciones de las comunidades de Peine, Toconao y Talabre. Se constata en carta ALB-GMA-2025-SMA-094.
(5) No realizado por restricción de acceso al sistema lagunar por parte de la comunidad de Peine, según Carta Oficial N°94/2024 hasta segunda quincena de marzo 2025, y extendido hasta fines de abril según Carta Oficial N°111/2025 (ver anexo L).
(6) Suspensión de monitoreo debido a trabajos de mejoramiento de caminos. Verificador en correo 'RE: Suspensión puntos'.
(7) Pozo obstruido.
(8) Punto seco.

Notas:
*Realizadas : Mediciones en las que fue posible registrar el dato de nivel piezométrico.
**Totales programadas : Total de puntos programados y visitados, considera mediciones que no fue posible realizar.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los registros para el año 2025 del nivel del sector Núcleo se presenta a continuación.

5.6.4.1 Núcleo Centro Norte

En Núcleo Centro Norte, se monitorean 13 piezómetros desde el año 2016, que son: ES-01, ES-02, ES-03, ES-04, ES-05, ES-06, ES-07, ES-08, ES-09, ES-10, ES-11, PN-18 y PN-19. El hidrograma y la ubicación de estos puntos se presenta en la Figura 5-32 . En este subsector núcleo centro se incluyen además los puntos PLS-05, PLS-06 y PLS-11, que son parte de la red interna de monitoreo.

Durante el año 2025, la cota del nivel freático se registró entre los 2.296,965 m s.n.m. y 2.297,803 m s.n.m., en PN-19 (diciembre) y ES-09 (febrero) respectivamente.

Por otra parte, para los puntos PLS del sector, PLS-05, PLS-06 y PLS-11, se midieron valores entre 2297,496 m s.n.m. (PLS-05, diciembre) y 2297,681 m s.n.m. (PLS-06, abril).

5.6.4.2 Núcleo Oeste

En Núcleo Oeste se monitorean desde el año 2001 con 2 piezómetros que son: CS-01 y SAMPLE-4A, los que reemplazaron a los puntos originales Zanja Cordillera de la Sal y SAMPLE-4, respectivamente. La ubicación de los puntos de monitoreo de nivel freático en el sector Núcleo Oeste junto con su hidrograma se presentan en el mapa de la Figura 5-32

Durante el año 2025 la cota del nivel freático se registró entre los 2.291,895 y 2.292,485 m s.n.m. medidos en SAMPLE-4A (noviembre) y en CS-01 (enero), respectivamente.

5.6.4.3 Núcleo Este

En Núcleo Este se monitorean 25 puntos, que corresponde a 24 piezómetros y 1 a una zanja. Estos son: CL-6, P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, PN-02, PN-03, PN-04, PN-05B, PN-06, PN-07, PN-08A[20], PN-09, PN-10, PN-11, PN-13, PN-14B, PN-15, PN-16B[21], S-1, S-2-1 (ex S-2), S-3, S-4 y Zanja Camino a Peine, ubicados según se presenta en el mapa de la Figura 5-33.

El punto PN-08A cuenta con un incidente (choque con fecha 24 de agosto año 2023), para lo cual Albemarle solicitó un análisis estadístico, que concluyó en corregir la cota nivel para ajustarse al comportamiento histórico, dado esto, se reportan valores de cota nivel original y cota nivel actualizada. Lo anterior, tiene como implicancia tener doble registro de los niveles, para el año 2025, esto se detalla en sección 4.4.2 de incidentes. En la presente sección se usa el dato actualizado para efectos del gráfico, no obstante, para efectos del PAT se utiliza el valor original.

[20] Punto presenta un incidente, mayor detalle en sección 0.
[21] Este punto registra datos anómalos para mayor detalle ver sección 0.

El punto PN-16B presenta datos anómalos por lo que no se considera en el análisis, para más detalle, ver sección 4.4.2.

Es relevante mencionar que el pozo S-2-1 fue construido en 2019, con el fin de reemplazar al pozo S-2 (Tabla 5-21), que se secó el mismo año y así tener continuidad de datos en su ubicación, por lo que se grafican ambos.

Durante el año 2025 la cota del nivel freático se registró entre los 2.296,981 y 2.298,851 m s.n.m. medidos en PN-03 (diciembre) y en Zanja Camino a Peine (enero), respectivamente.

5.6.4.4 Producción

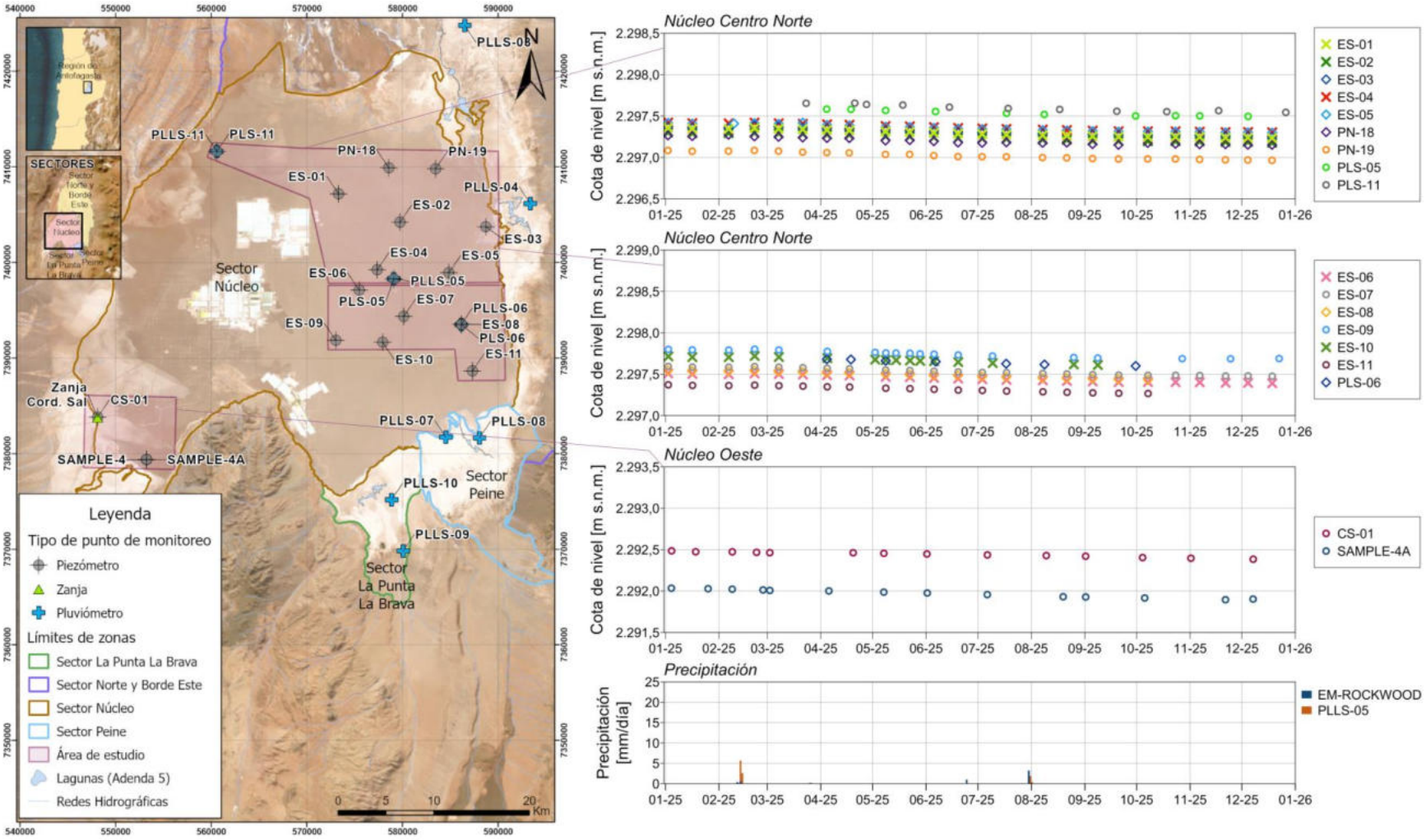
En la zona Salmuera-Producción, se monitorean 21 puntos (CL-10, CL-11, CL-12, CL-13, CL-14-1, CL-16-1, CL-17, CL-18, CL-2-1, CL-26-1[22], CL-27-P, CL-28, CL-29, CL-30, CL-31, CL-32, CL-33, CL-34-1, EXP-2-1, First well y Well IK-1) cuentan con data desde el año 1985 en el caso de la data más antigua (Tabla 5-21) y cuya ubicación e hidrograma se muestra en la Figura 5-34.

Los puntos CL-13 y CL-10 se encuentran secos para todo el año 2025.

Durante el año 2025, la cota del nivel freático se registró entre los 2.283,787 y 2.298,103 m s.n.m. medidos en CL-12 (noviembre) y en CL-2-1 (febrero), respectivamente.

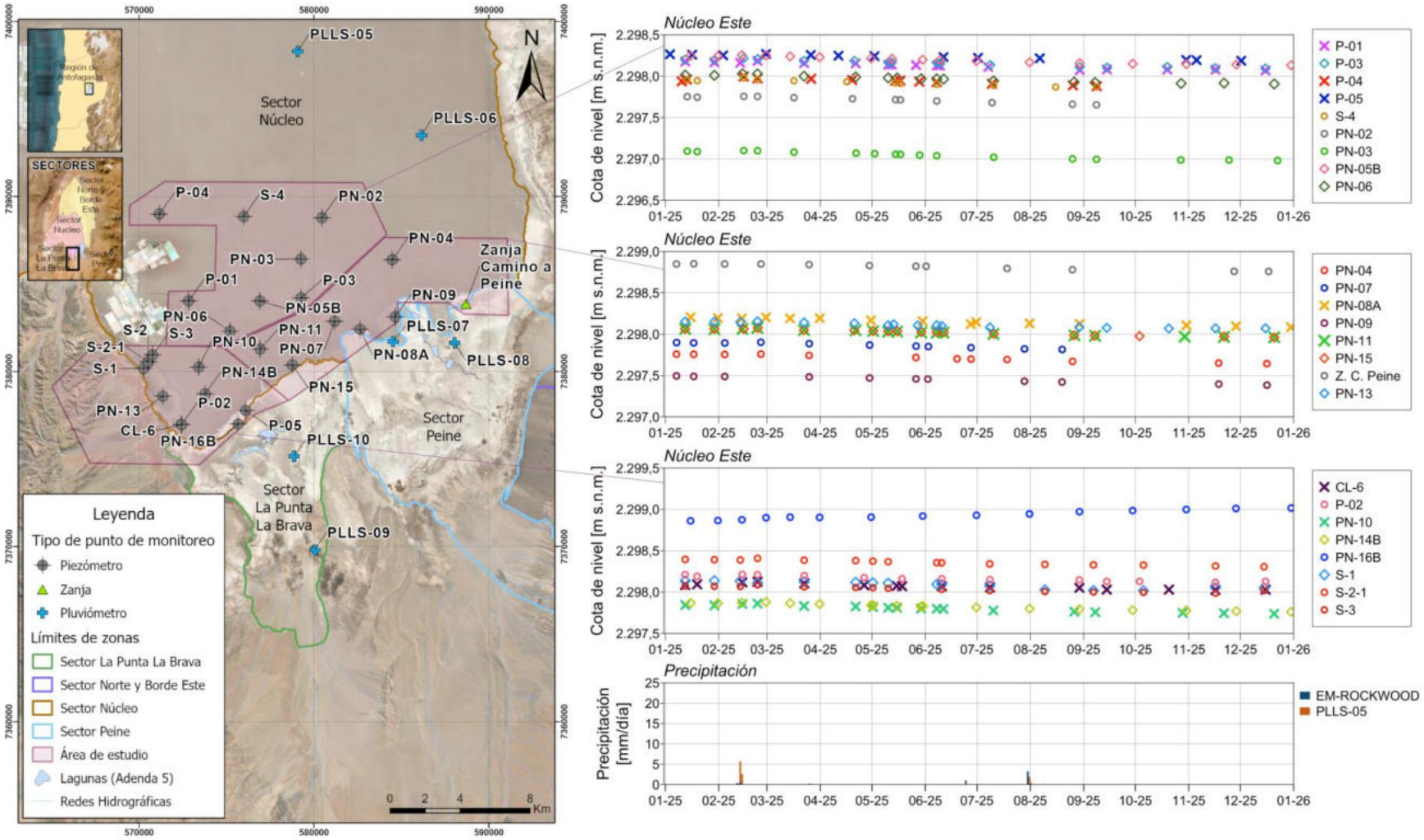
[22] El punto CL-26-1 fue colisionado por terceros, lo cual fue reportado a la autoridad según se detalla en la sección 0.

Figura 5-32 Hidrogramas de los pozos de observación de los subsectores Núcleo Centro Norte y Núcleo Oeste



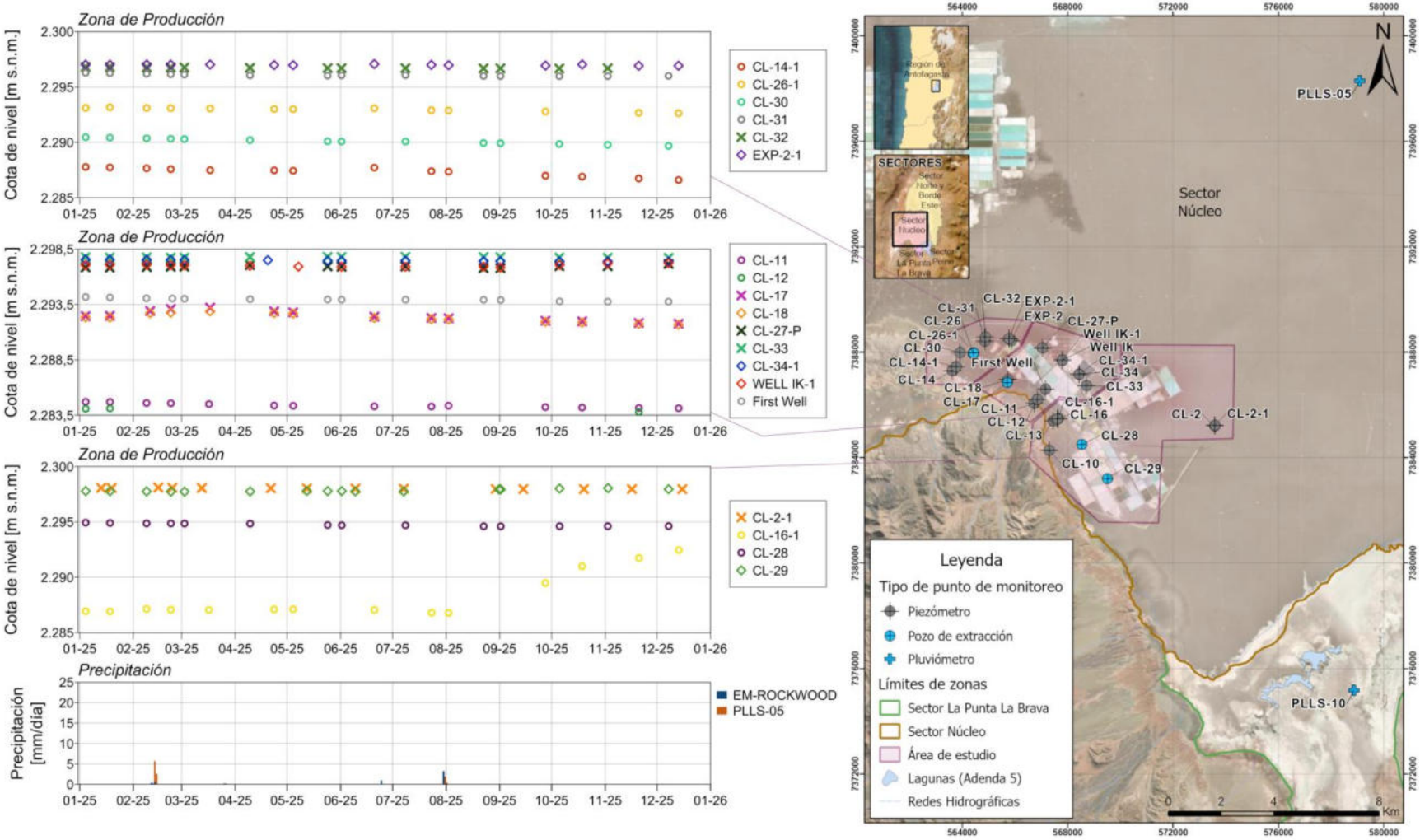
Nota: La justificación de los datos faltantes en Núcleo Centro Norte se puede ver en la Tabla 5-21 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

Figura 5-33 Hidrogramas de los pozos de observación del subsector Núcleo Este



Nota: no se considera como valores máximos los registros del punto PN-16B, dado que muestra valores anómalos, mayor detalle en sección 4.4.2. La justificación de los datos faltantes en Núcleo Centro Norte se puede ver en la Tabla 5-21 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Fuente: Elaboración propia

Figura 5-34 Hidrogramas de los pozos de observación de la Zona de Producción



Nota: La justificación de los datos faltantes se puede ver en la Tabla 5-21 y con mayor detalle en el Anexo F-1. Los puntos CL-10 y CL-13, no se grafican dado que se encuentran secos. Fuente: Elaboración propia

5.7 Posición de la Interfase salina

La Interfase Salina corresponde a una zona de mezcla de aguas, en donde se produce la transición gradual de aguas dulces/salobres del acuífero a la salmuera que las subyace. Considerando lo anterior, se entenderá por la posición de la Interfase Salina, como aquella zona y tramo de profundidad en el cual se detecta un cambio importante en la conductividad eléctrica (C.E.) del fluido. Este comportamiento se exhibe a través de perfiles de conductividad eléctrica los que muestran un escalonamiento o cambio abrupto, alcanzando valores de conductividad por sobre los 200.000 µS/cm cuando se está en presencia de salmuera. La profundidad a la que se alcanza los 200.000 µS/cm es considerada como la base o piso de la interfase salina.

En el presente subcapítulo, se exhiben los resultados y análisis de los perfiles de conductividad eléctrica en profundidad de la columna de agua/salmuera de puntos pertenecientes a la red de monitoreo del PSAH durante el año 2025. Los registros de profundidad (m), conductividad eléctrica (µS/cm) y temperatura (ºC) para esta variable, tanto para el año 2025 como para toda la data histórica, se presenta en Anexo G-2.

El objetivo de estas mediciones es determinar la posición y/o profundidad a la cual se encuentra la Interfase Salina, las que se realizan en 13 puntos distribuidos en los sectores que se individualizan a continuación:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este

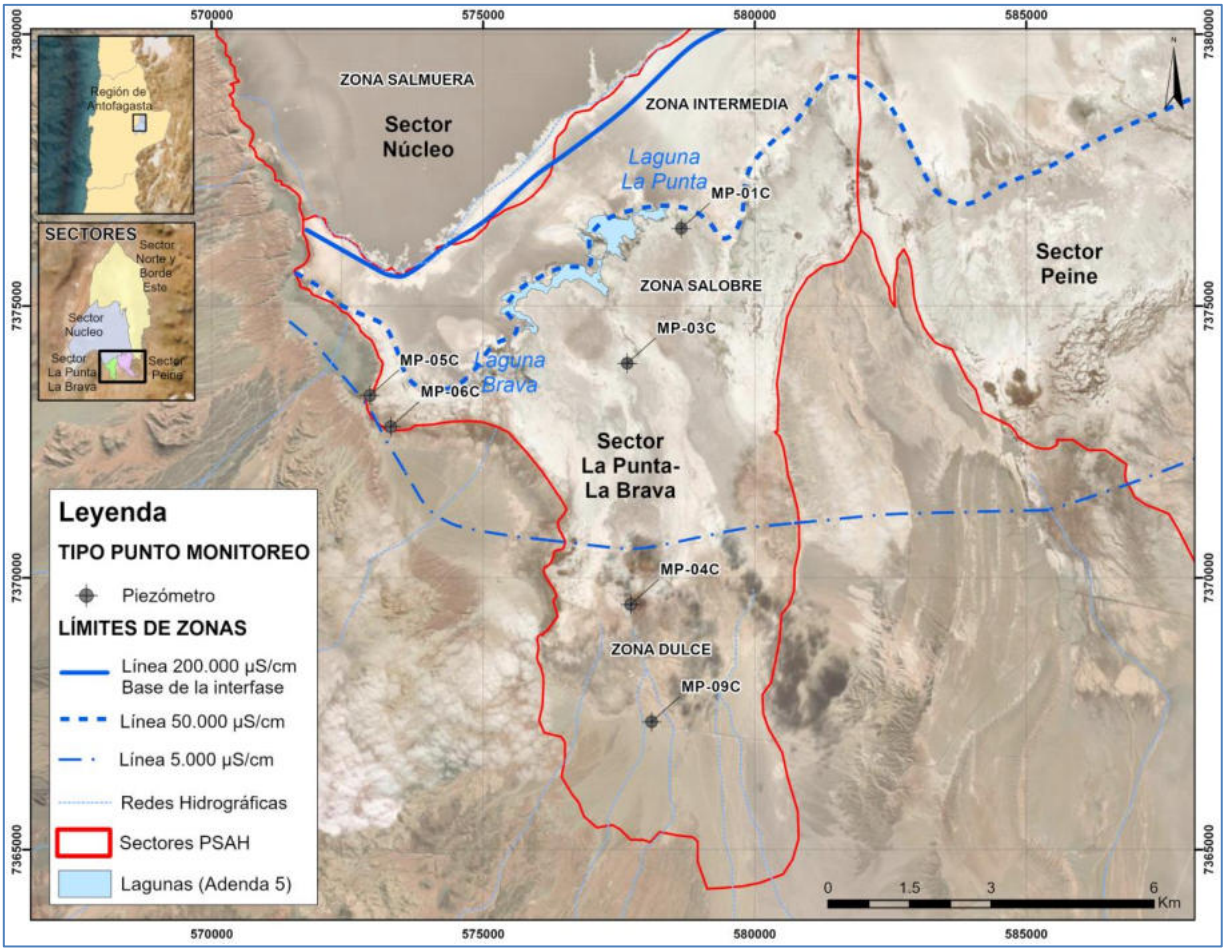
La frecuencia de monitoreo de esta variable es trimestral (febrero, mayo, agosto y noviembre) aumentando la frecuencia de monitoreo a mensual en enero y febrero de 2025 por la toma de acciones preventivas por parte de Albemarle desde diciembre 2024 asociadas al PAT Acuífero estipuladas en el Anexo 3 de la Adenda 5, tal como se ha presentado en la sección 4.4.1

A continuación, se presentan los resultados y análisis de los datos obtenidos por sector (La Punta – La Brava, Peine y, Norte y Borde Este) con su representación gráfica de profundidad (m) versus conductividad eléctrica (µS/cm). Además, para cada punto, se presentan en un sólo gráfico, clasificaciones trimestrales (T1: enero, febrero y marzo; T2: abril, mayo y junio; T3: julio, agosto y septiembre; y T4: octubre, noviembre y diciembre) de los perfiles de conductividad eléctrica de las campañas del año 2025. Esta clasificación permite ver la variabilidad de la posición de la interfase salina durante el periodo.

5.7.1 Sector La Punta-La Brava

En la Figura 5-35 se muestra la ubicación de los puntos comprometidos para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el sector La Punta – La Brava. Estos corresponden a los puntos: MP-01C, MP-03C, MP-04C, MP-05C, MP-06C y MP-09C.

Figura 5-35 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector La Punta – La Brava



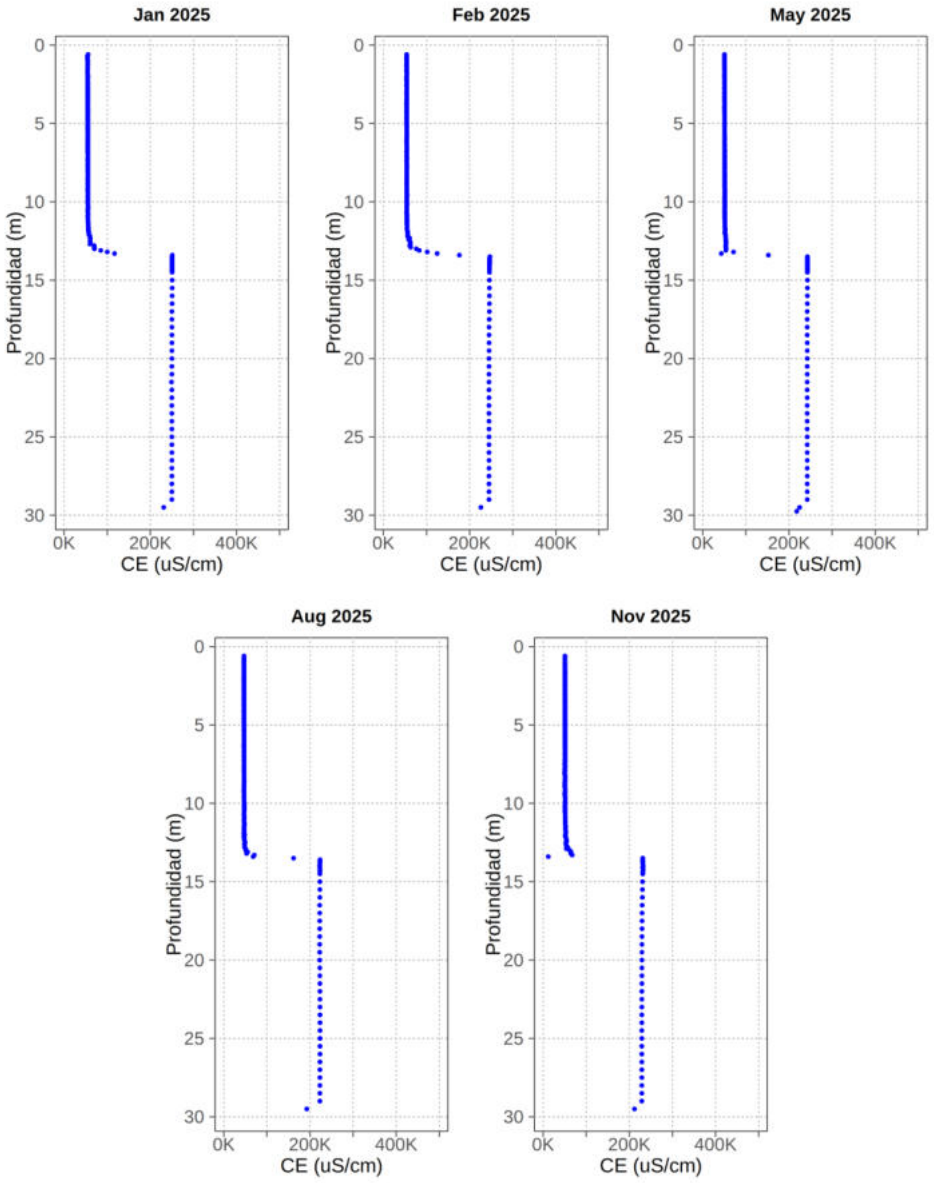
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la descripción de los resultados obtenidos durante las campañas del año 2025.

5.7.1.1 MP-01C

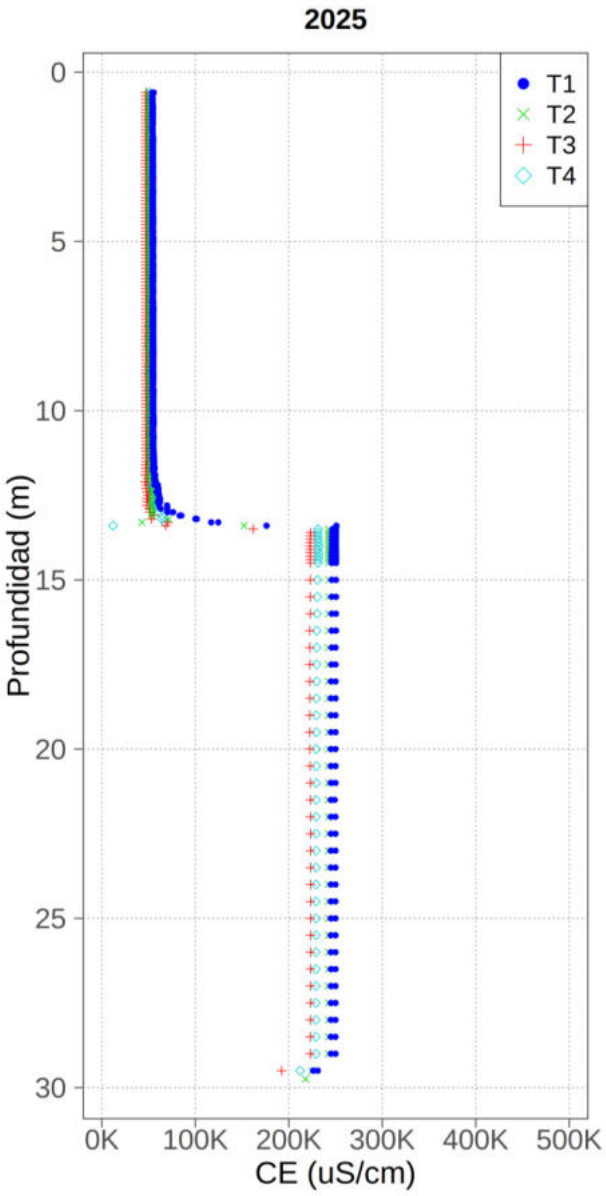
Durante el año 2025 la posición de la interfase salina en el punto MP-01C se mantiene en torno a los 13 m de profundidad hasta estabilizarse sobre los 200.000 µS/cm (Figura 5-36 y Figura 5-37).

Figura 5-36 Perfiles de C.E. en el punto MP-01C año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-37 Perfil trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-01C



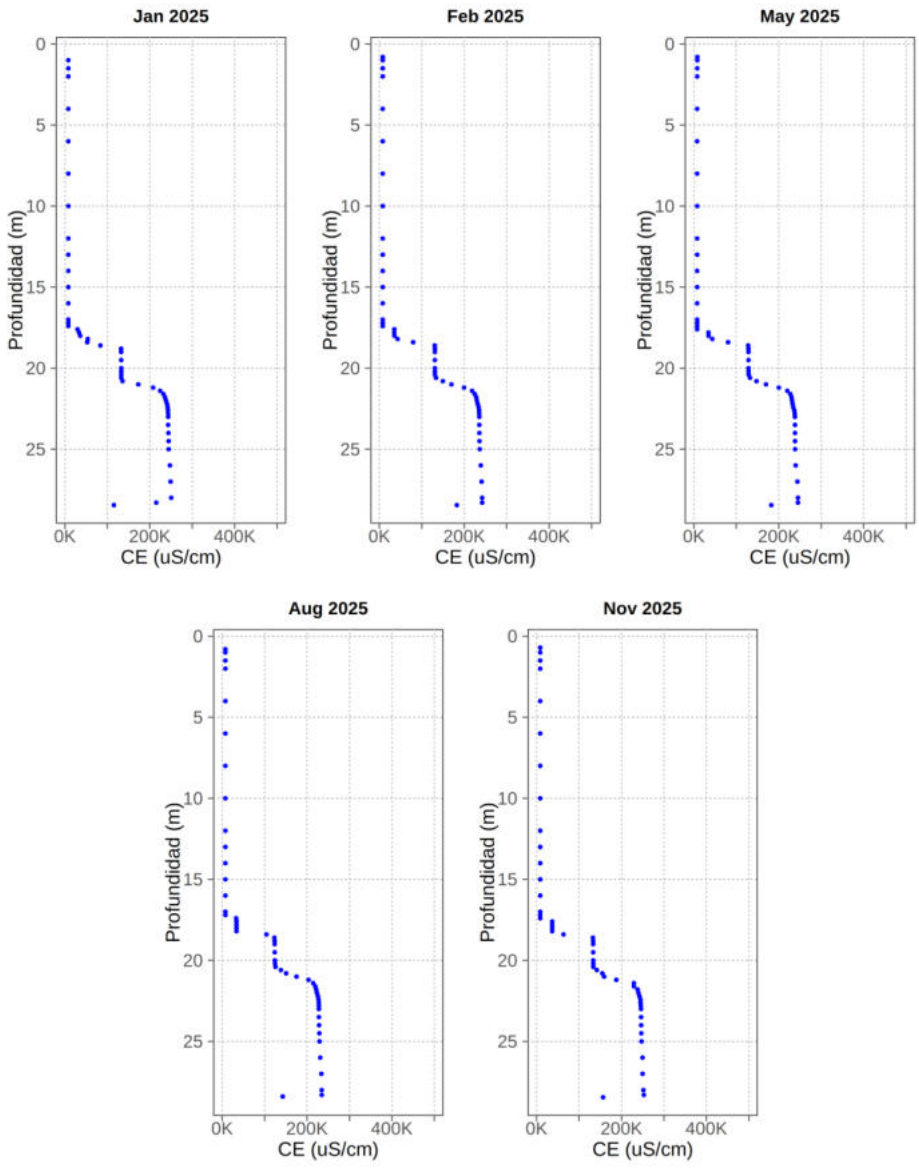
Fuente: Elaboración propia

5.7.1.2 MP-03C

El punto MP-03C muestra un patrón escalonado en la conductividad eléctrica del fluido durante las mediciones del año 2025 (Figura 5-38), con escalones de aumentos notorios hasta estabilizarse sobre los 200.000 µS/cm. La interfase salina ha sido reconocida entre los 17 y 21 m de profundidad en las campañas del año 2025 y no muestra variaciones en este periodo.

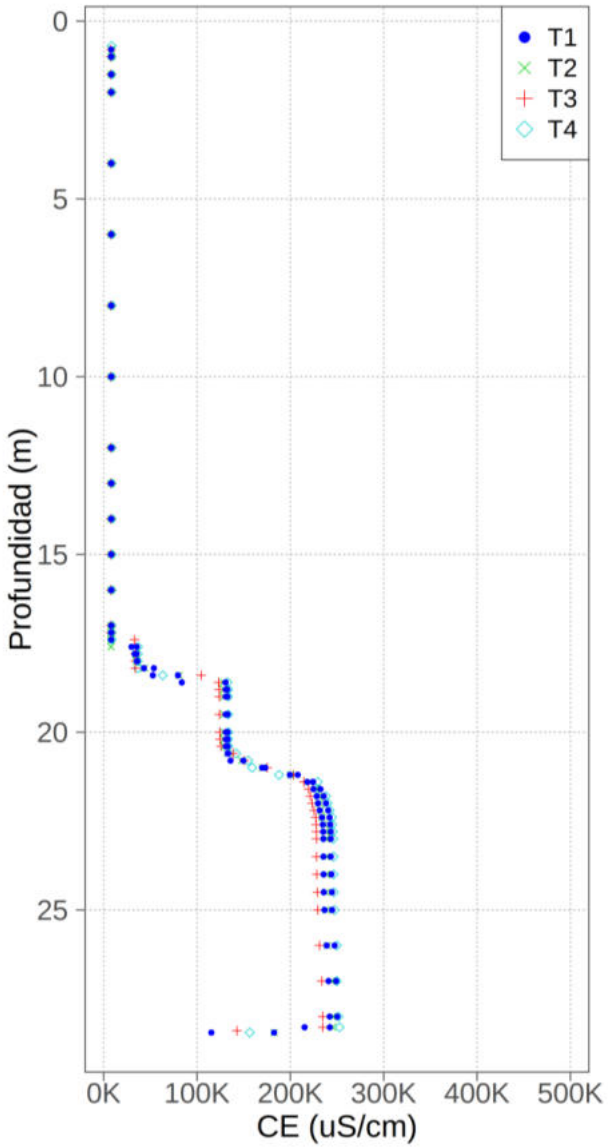
El límite inferior de la interfase salina (base o piso) se muestra estable con valores sobre 200.000 µS/cm en el 2025 en torno a los 21 m (Figura 5-39).

Figura 5-38 Perfiles de C.E. en el punto MP-03C año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-39 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-03C
2025

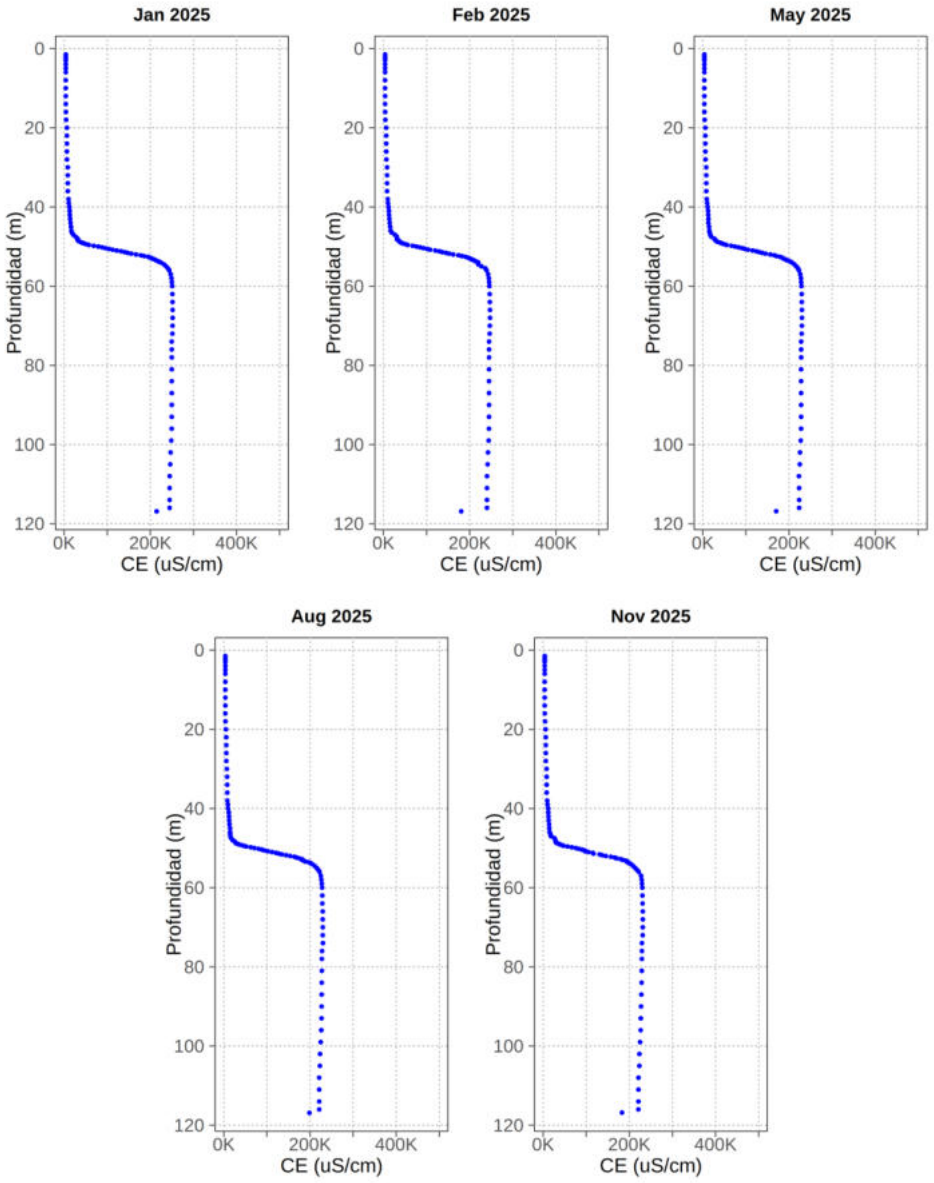


Fuente: Elaboración propia

5.7.1.3 MP-04C

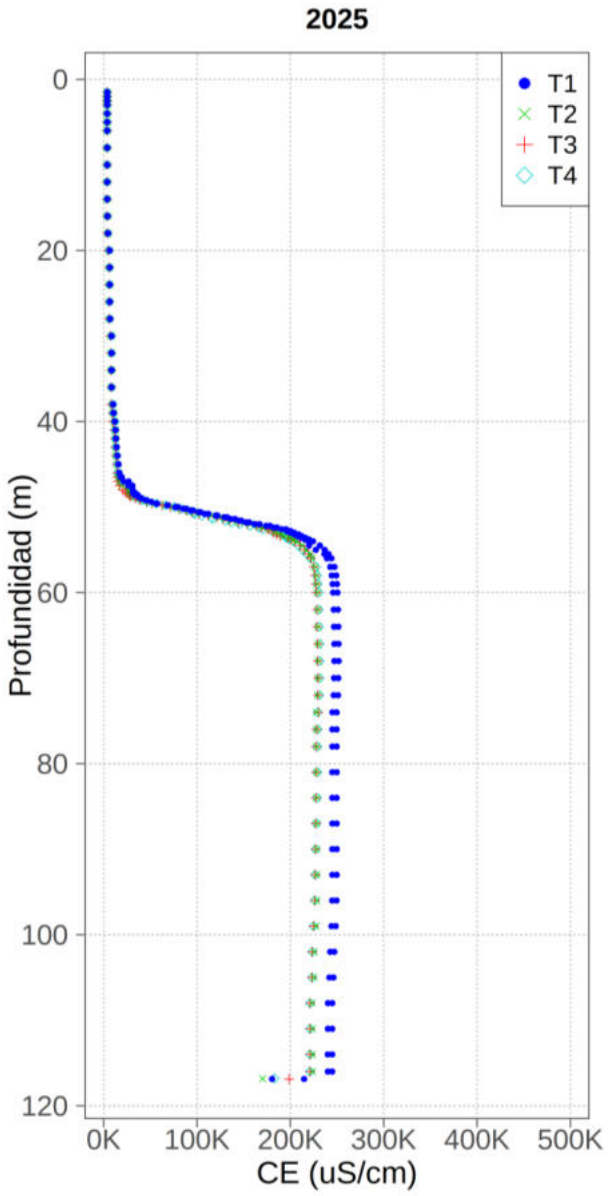
La información levantada en las campañas de 2025 en este punto muestra una interfase salina sin variaciones (Figura 5-40), con un aumento gradual de la conductividad eléctrica a partir de los 46 m de profundidad, hasta alcanzar valores sobre los 200.000 uS/cm a partir de los 52 m.

Figura 5-40 Perfiles de C.E. en el punto MP-04C año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-41 Perfiles trimestral 2024 de C.E. en el punto MP-04C



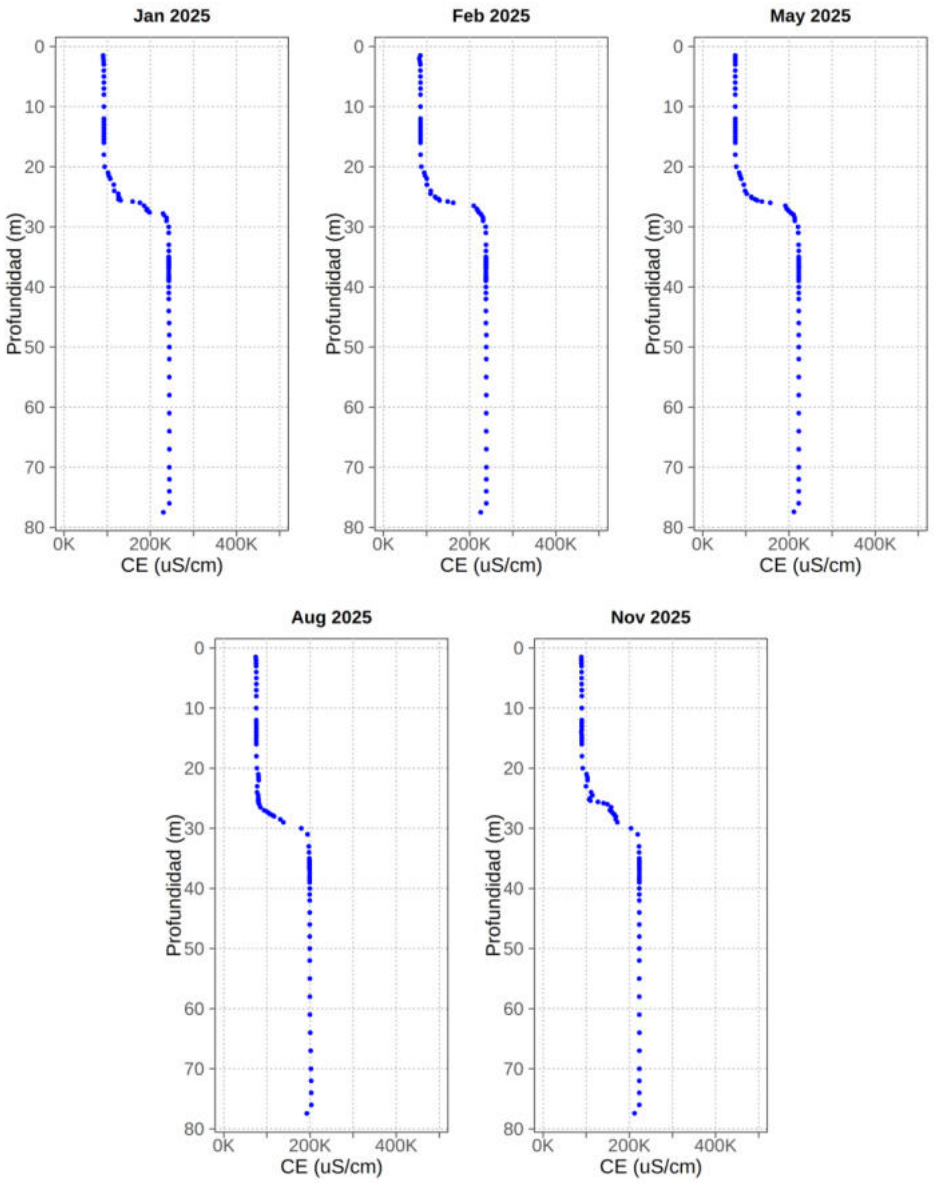
Fuente: Elaboración propia

5.7.1.4 MP-05C

Los perfiles realizados durante el año 2025 en el punto MP-05C muestran algunas variaciones en la posición (del piso) de la interfase salina dentro del año. Se observa un aumento gradual (particularmente en el mes de noviembre) de conductividad eléctrica entre los 24 m y 25 m de profundidad, a excepción de la medición del mes de agosto, en donde ocurre a los 27 m aproximadamente (Figura 5-42).

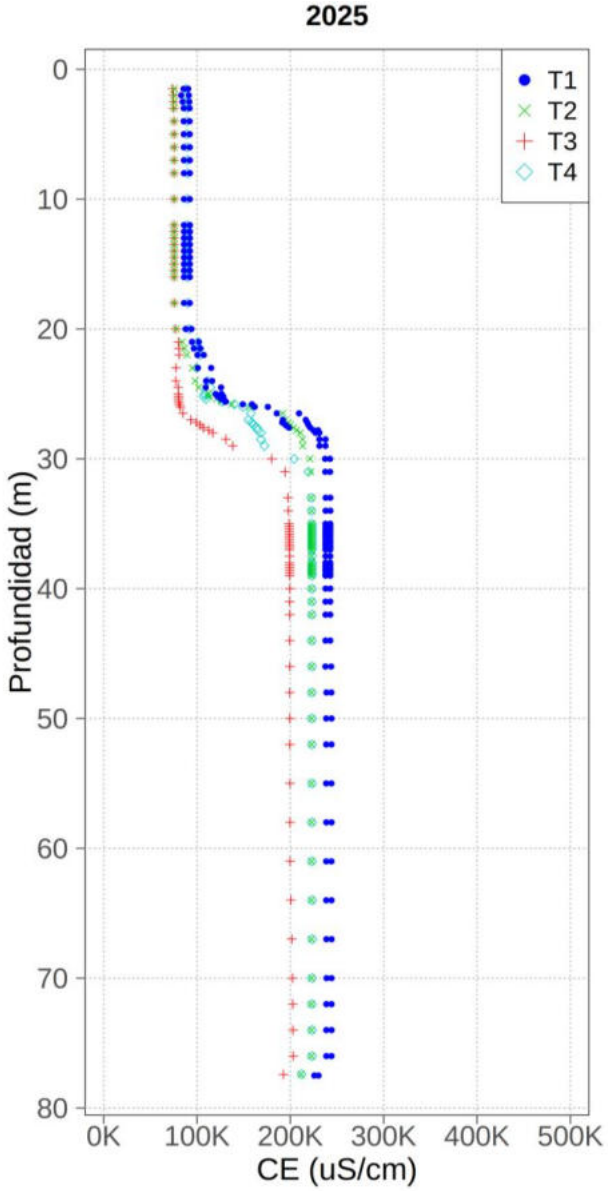
La base de la interfase salina (200.000 µS/cm) se encuentra entorno a los 30 m de profundidad, siendo el mes de agosto (tercer trimestre) el que muestra las menores conductividades eléctricas. En todas las campañas se observa el mismo aumento gradual de la conductividad eléctrica alcanzando a los 30 m de profundidad valores sobre 200.000 µS/cm (Figura 5-43).

Figura 5-42 Perfiles de C.E. en el punto MP-05C año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-43 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-05C

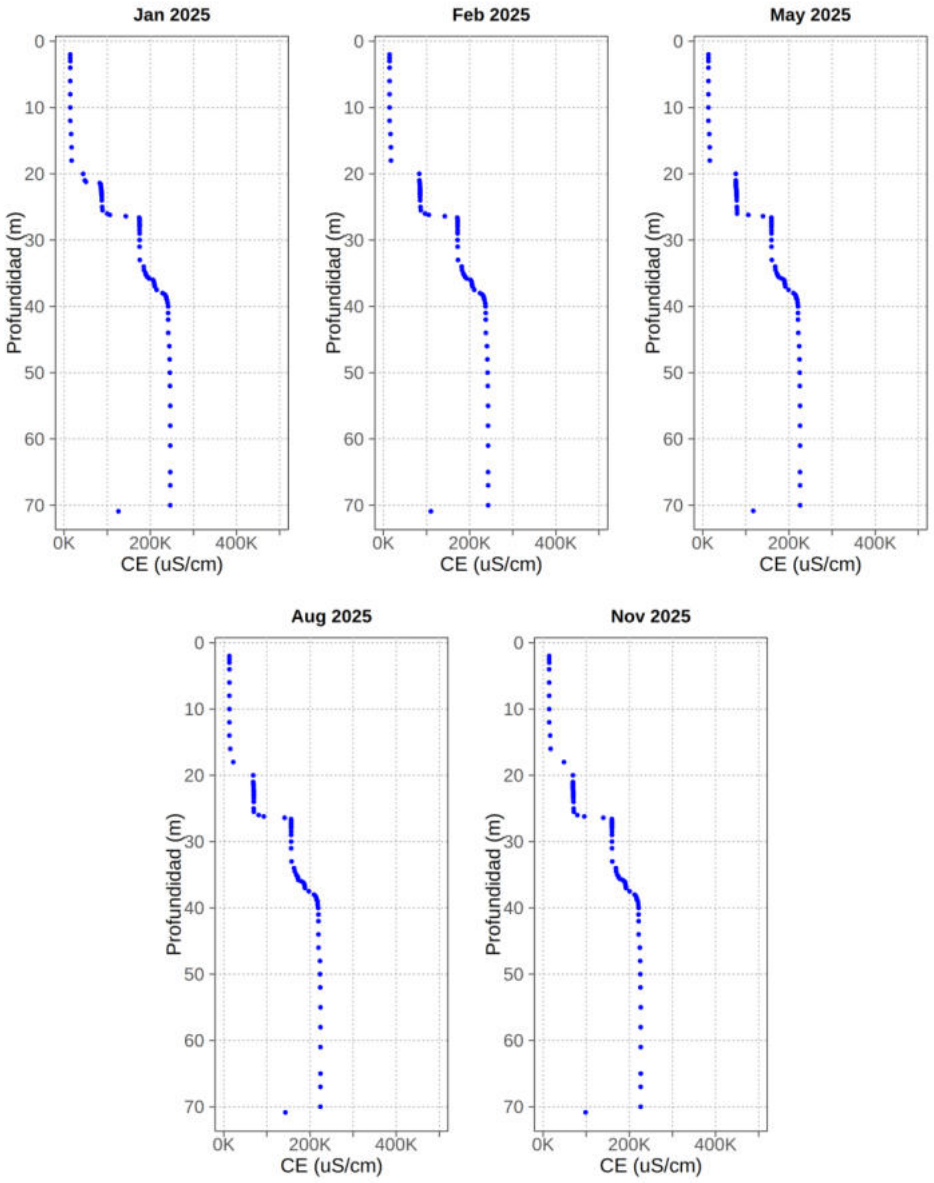


Fuente: Elaboración propia

5.7.1.5 MP-06C

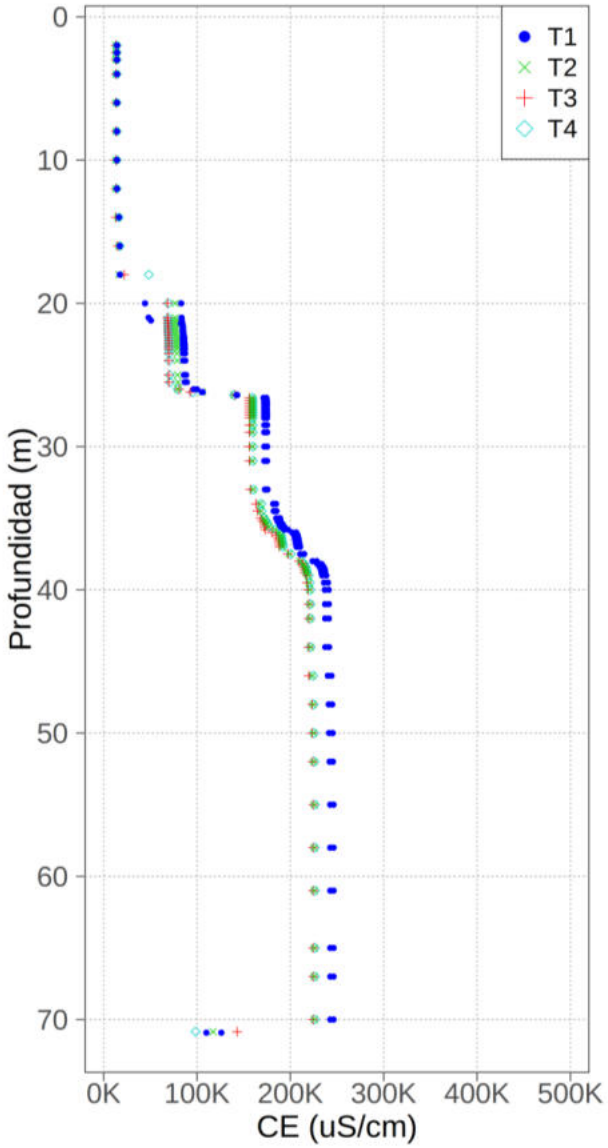
En la Figura 5-44 se muestran los resultados de las mediciones de conductividad eléctrica de las campañas del año 2025 en el punto MP-06C. Los resultados muestran un patrón escalonado similar en todas las mediciones entorno a los 20 m y 40 m aproximadamente. La profundidad de la interfase salina muestra una interfase estable, llegando a su base o piso entorno (200.000 µS/cm) en torno a los 37 m de profundidad (Figura 5-45).

Figura 5-44 Perfiles de C.E. en el punto MP-06C año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-45 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-06C
2025

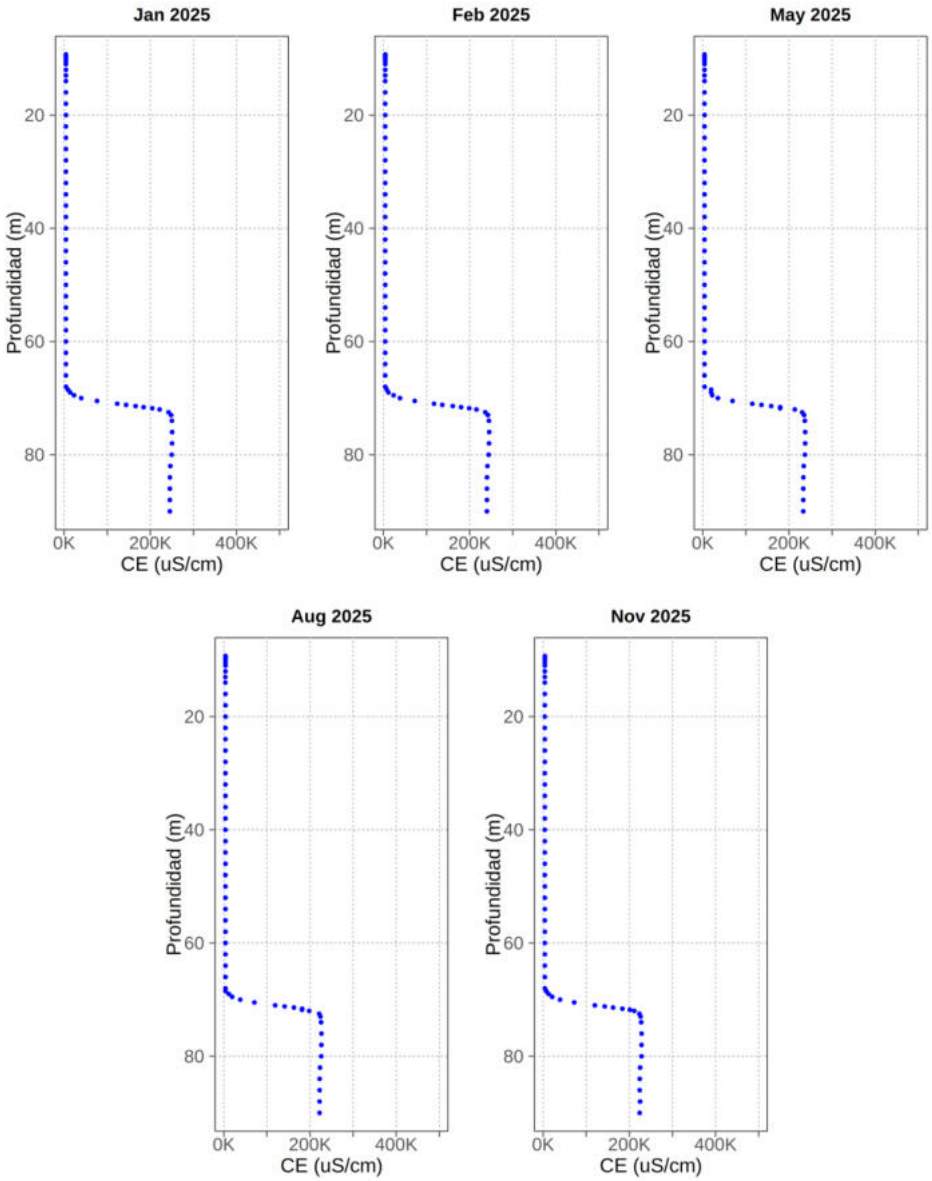


Fuente: Elaboración propia

5.7.1.6 MP-09C

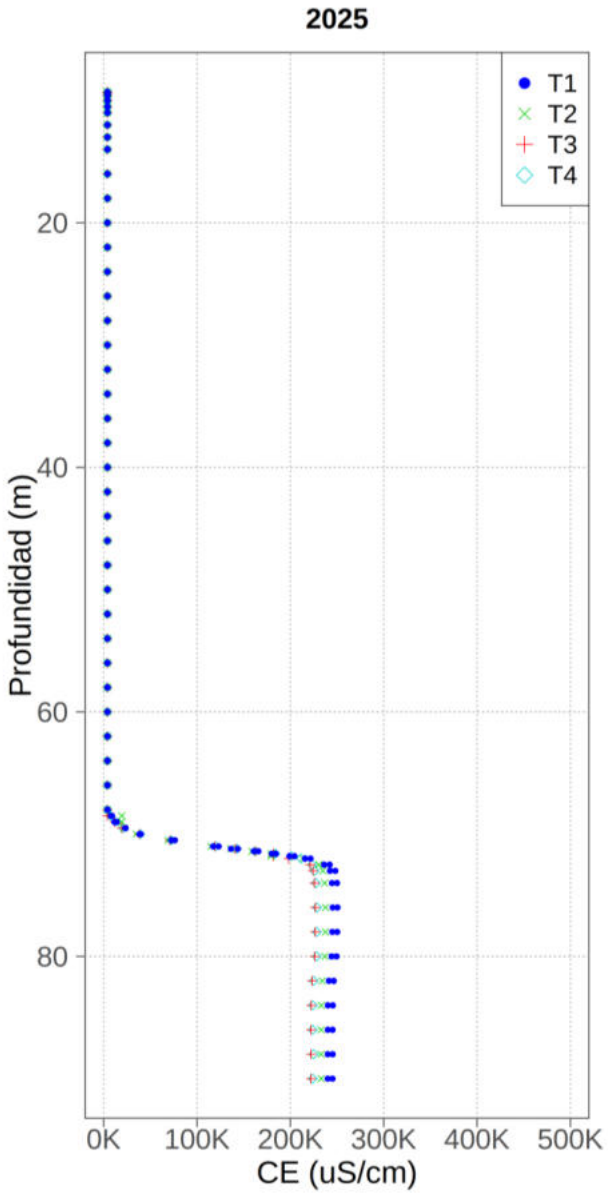
Los perfiles realizados durante el año 2025 en el punto MP-09C muestran que la conductividad eléctrica aumenta marcadamente desde los 70 m de profundidad aproximadamente, llegando a la base de la interfase salina, por sobre los 200.000 µS/cm, en torno a los 73 m de profundidad aproximadamente (Figura 5-46). La interfase salina se presenta estable en su posición para el 2025 (Figura 5-47).

Figura 5-46 Perfiles de C.E. en el punto MP-09C año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-47 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-09C

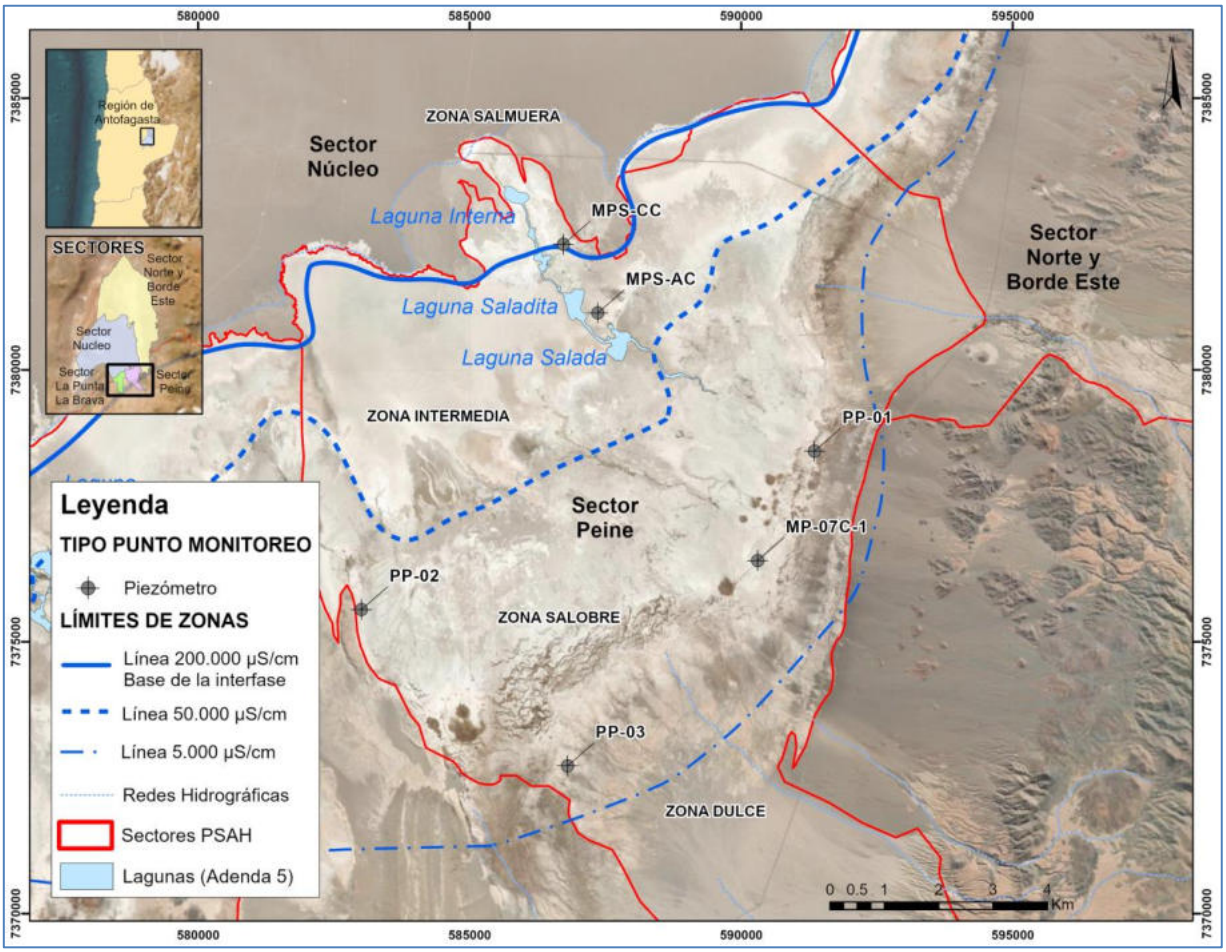


Fuente: Elaboración propia

5.7.2 Sector Peine

En la Figura 5-48 se muestra la ubicación de los puntos comprometidos para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el sector Peine. Estos corresponden a los puntos: MP-07C-1, PP-01, PP-02, PP-03, MPS-AC y MPS-CC.

Figura 5-48 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Peine



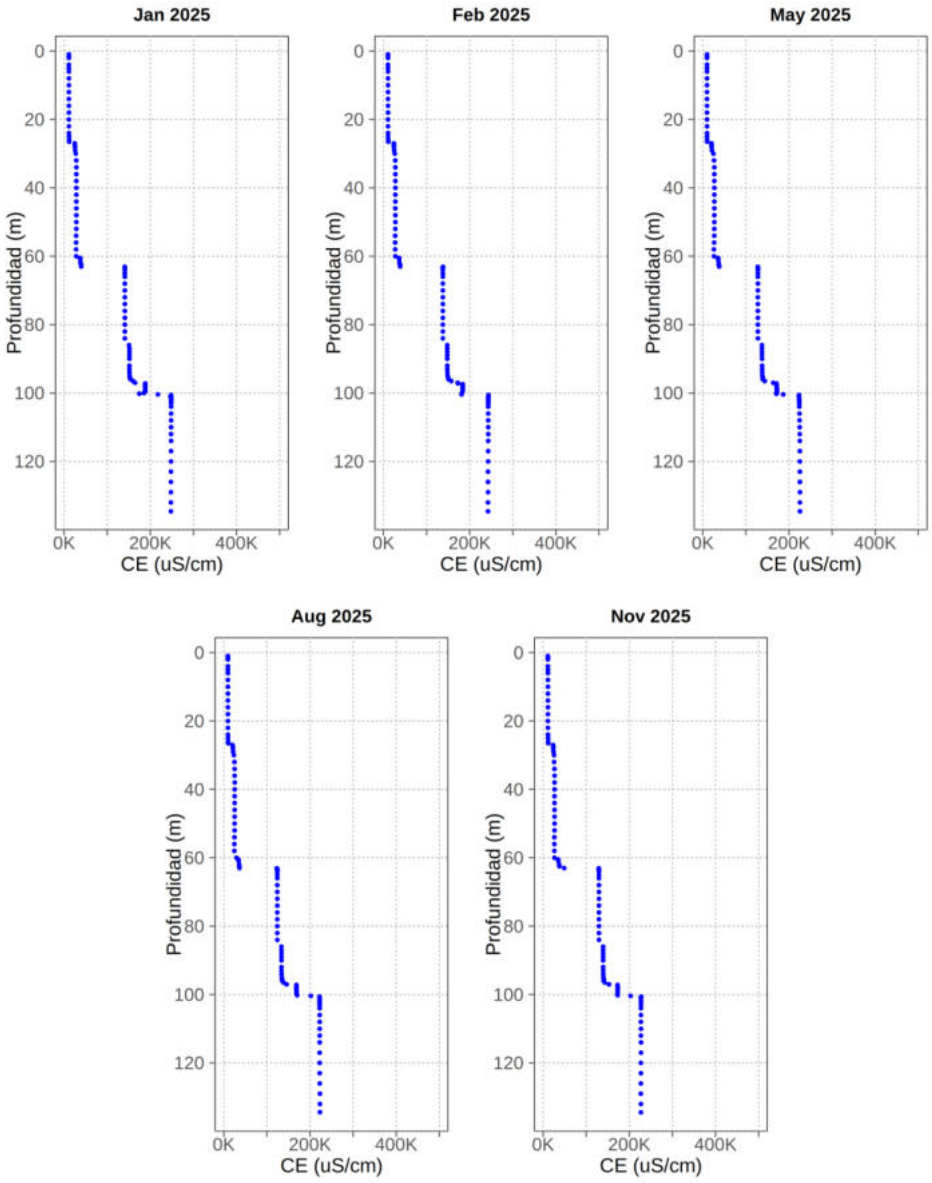
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la descripción de los resultados obtenidos durante las campañas del año 2025 en conjunto con su representación gráfica. Se incluye un gráfico con todo el registro 2025 separado en trimestres para una mejor comparación.

5.7.2.1 MP-07C-1

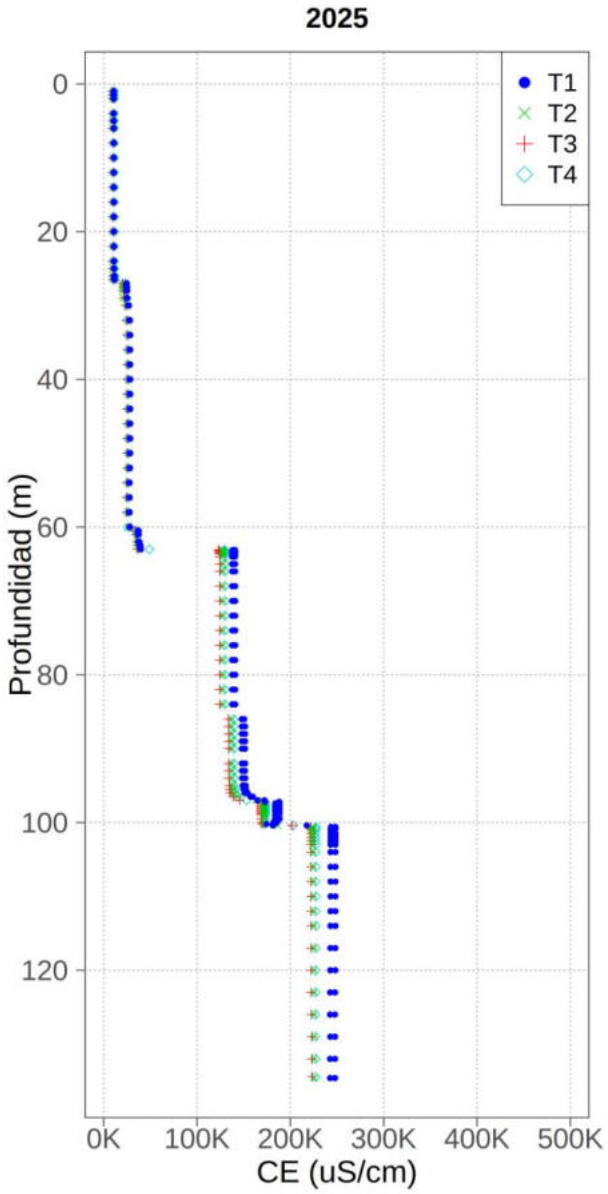
En el registro para el año 2025 del punto MP-07C-1 (Figura 5-49) se observa un notorio aumento en la conductividad eléctrica en varios escalones, partiendo aproximadamente a los 27 m de profundidad. La profundidad donde se encuentra el piso de la interfase salina en los meses analizados es aproximadamente a 100 m con valores de conductividad eléctrica por sobre 200.000 µS/cm, característicos para salmuera (Figura 5-50).

Figura 5-49 Perfiles de C.E. en el punto MP-07C-1 año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-50 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-07C-1

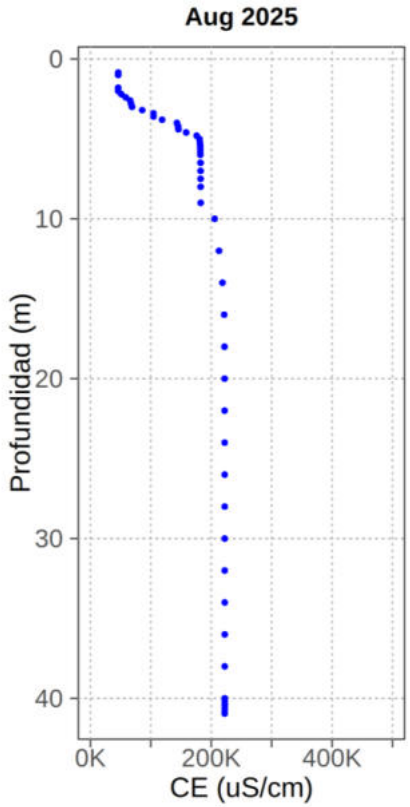


Fuente: Elaboración propia

5.7.2.2 MPS-AC

En el punto MPS-AC, ubicado en el entorno del sistema Peine cercano a la laguna Saladita, sólo se pudo realizar una única medida en 2025 debido a restricciones de la comunidad de Peine. Se identifica la posición de la base o piso de la interfase salina a través del aumento gradual de la conductividad eléctrica desde aproximadamente los 3 m de profundidad y llegando al piso entorno a los 10m de profundidad con valores sobre 200.000 µS/cm en el caso de esta medición puntual (Figura 5-51).

Figura 5-51 Perfil de C.E. en el punto MPS-AC año 2025

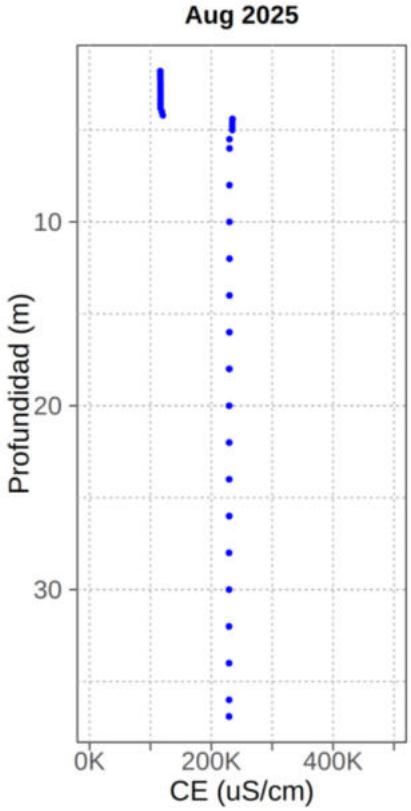


Nota: El pozo MPS-AC se encuentra sin acceso los meses de enero (Carta Oficial N°94/2024), febrero (Carta Oficial N°94/2024), mayo (correo Re_ Coordinación 23-05-2025 Hídrico) y noviembre (Carta Oficial N°147/2025).
Fuente: Elaboración propia

5.7.2.3 MPS-CC

El punto MPS-CC ubicado cercano a la laguna Interna presenta una única medida en agosto de 2025 debido a restricciones de la comunidad de Peine, cuyo resultado se muestra en la Figura 5-52. La interfase salina se observa en torno a los 4 m de profundidad. Destaca la alta conductividad eléctrica registrada en profundidades más someras desde el inicio del pozo, con agua intermedia de conductividad eléctrica desde los 120.000 µS/cm aproximadamente, esto dada la cercanía al núcleo del Salar.

Figura 5-52 Perfil de C.E. en el punto MPS-CC año 2025



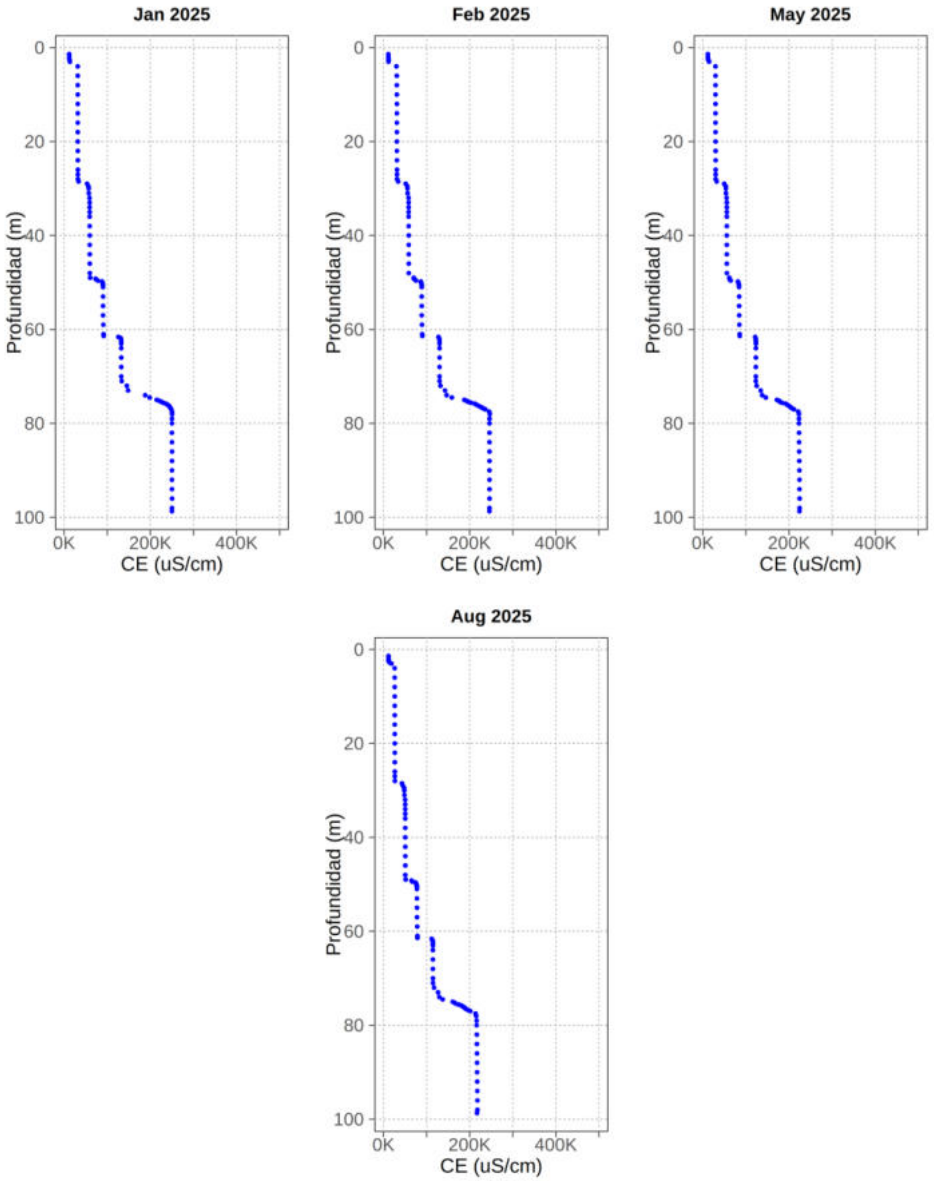
Nota: El pozo MPS-CC se encuentra sin acceso los meses de enero (Carta Oficial N°94/2024), febrero (Carta Oficial N°94/2024), mayo (Re_ Coordinación 12-05-2025 Hídrico, 20250512_SUSPENSION_SSI) y noviembre (Carta Oficial N°147/2025).

Fuente: Elaboración propia

5.7.2.4 PP-01

Durante el año 2025, el punto PP-01 muestra cinco escalones de conductividad eléctrica, desde los 4 m de profundidad hasta estabilizarse en la base de la interfase en torno a los 80 m (entre los 75 m y 77 m de profundidad aproximadamente) (Figura 5-53). La profundidad de la base de la interfase se observa estable durante el año (Figura 5-54).

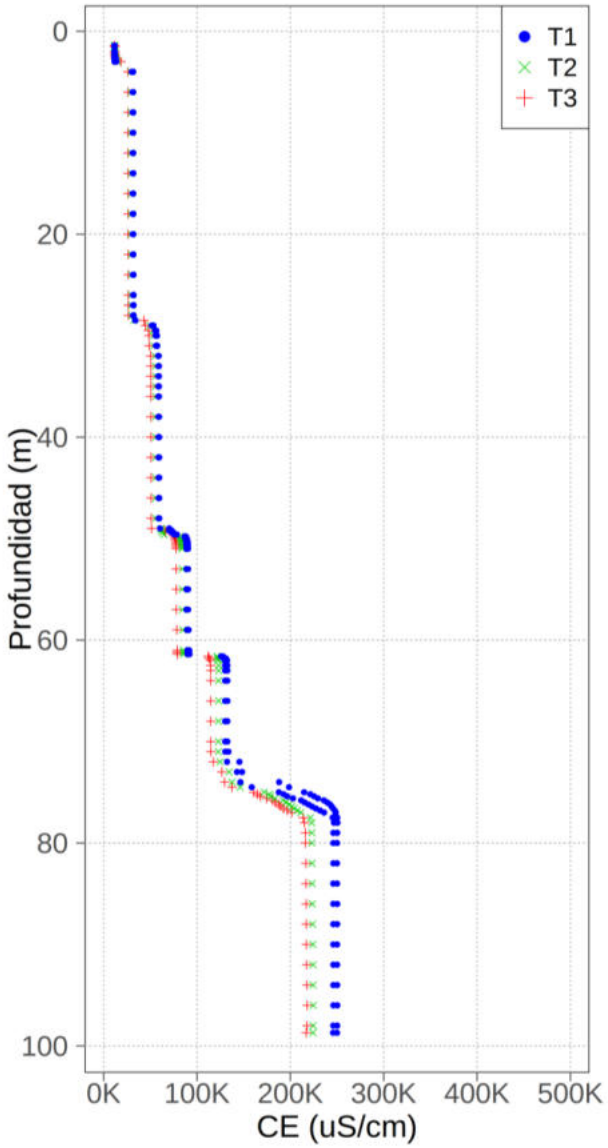
Figura 5-53 Perfiles de C.E. en el punto PP-01 año 2025



Nota: El pozo PP-01 tuvo restricción de acceso el mes de noviembre (Carta Oficial N°147/2025).

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-54 Perfiles trimestrales 2025 de C.E. en el punto PP-01
2025

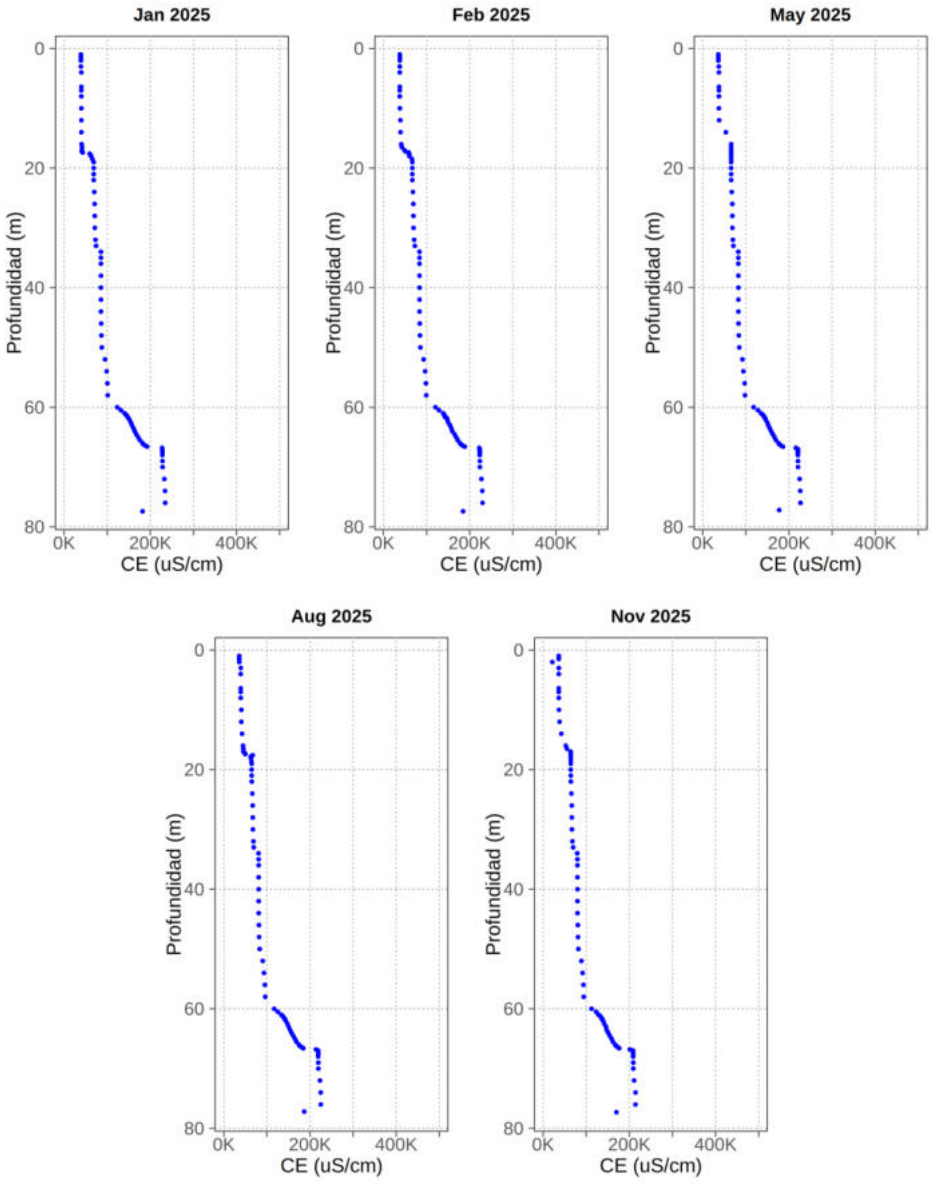


Fuente: Elaboración propia

5.7.2.5 PP-02

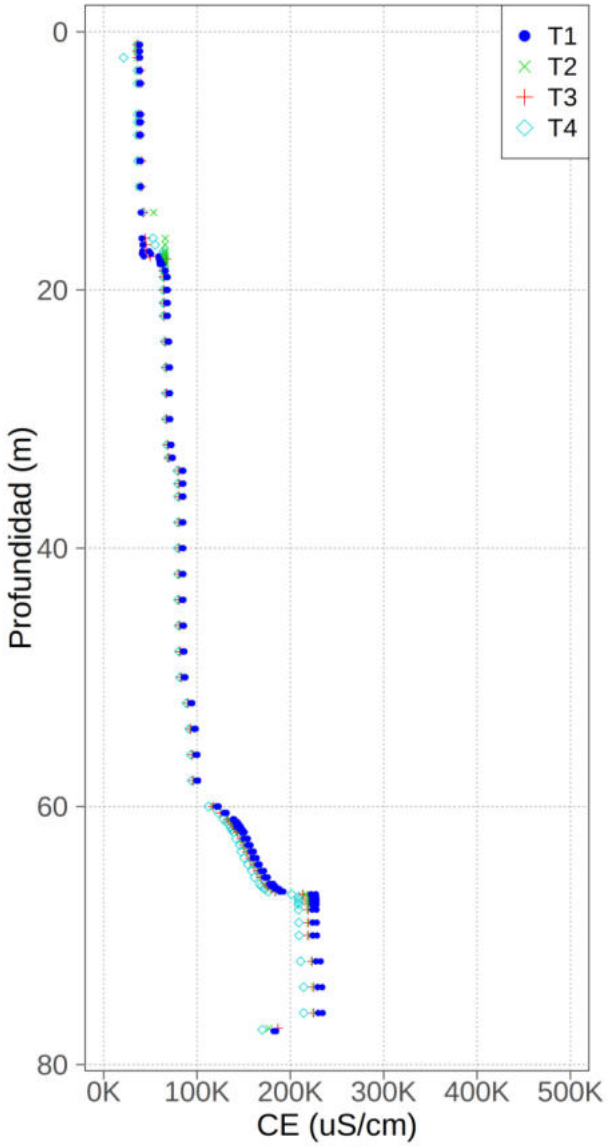
En la Figura 5-55 y la Figura 5-56, muestran los resultados de los perfiles realizados durante el 2025 para el punto PP-02. La conductividad eléctrica tiene un primer aumento en torno a los 20 m de profundidad desde la cual sigue aumentando, leve pero progresivamente hasta llegar a la base o piso de la interfase (200.000 µS/cm) en torno a los 67 m de profundidad.

Figura 5-55 Perfiles de C.E. en el punto PP-02 año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-56 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto PP-02
2025

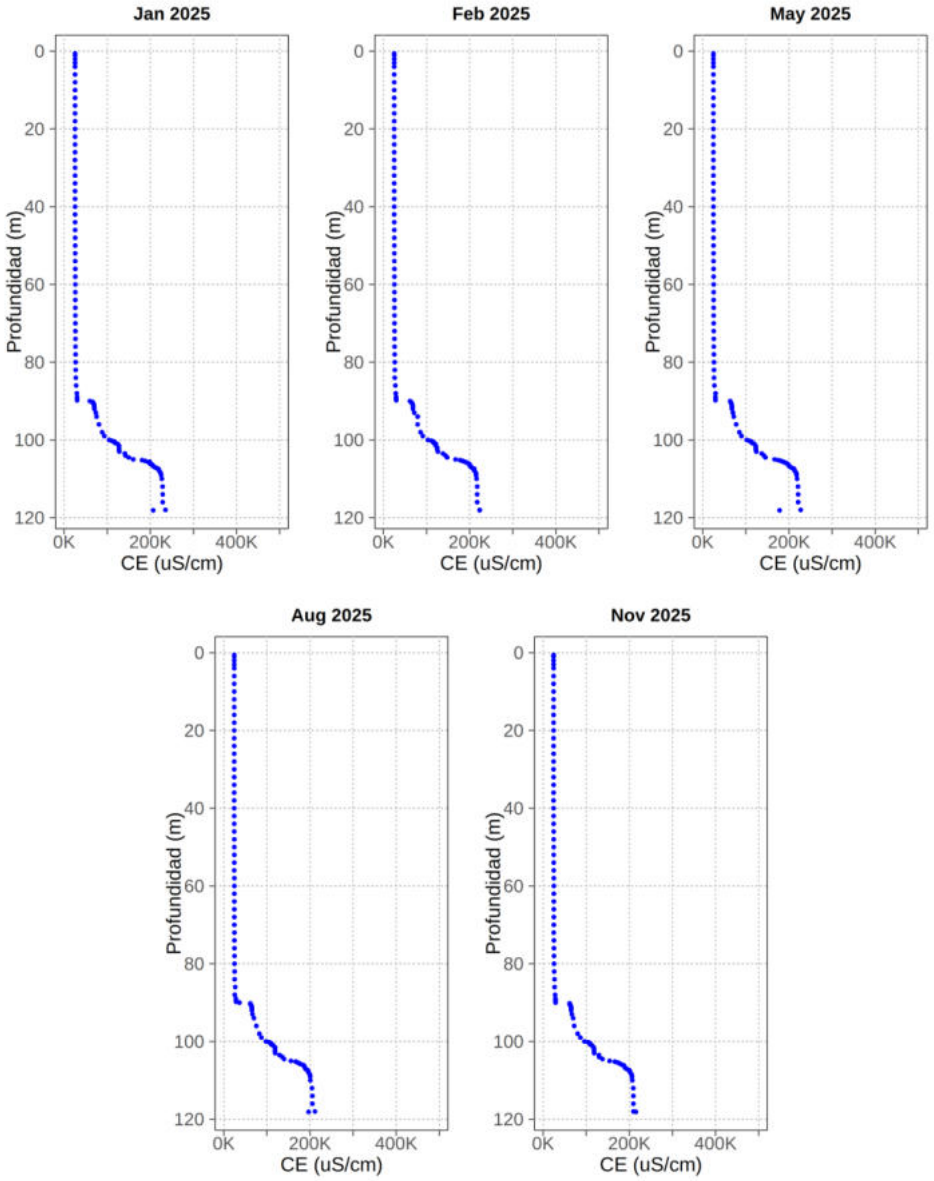


Fuente: Elaboración propia

5.7.2.6 PP-03

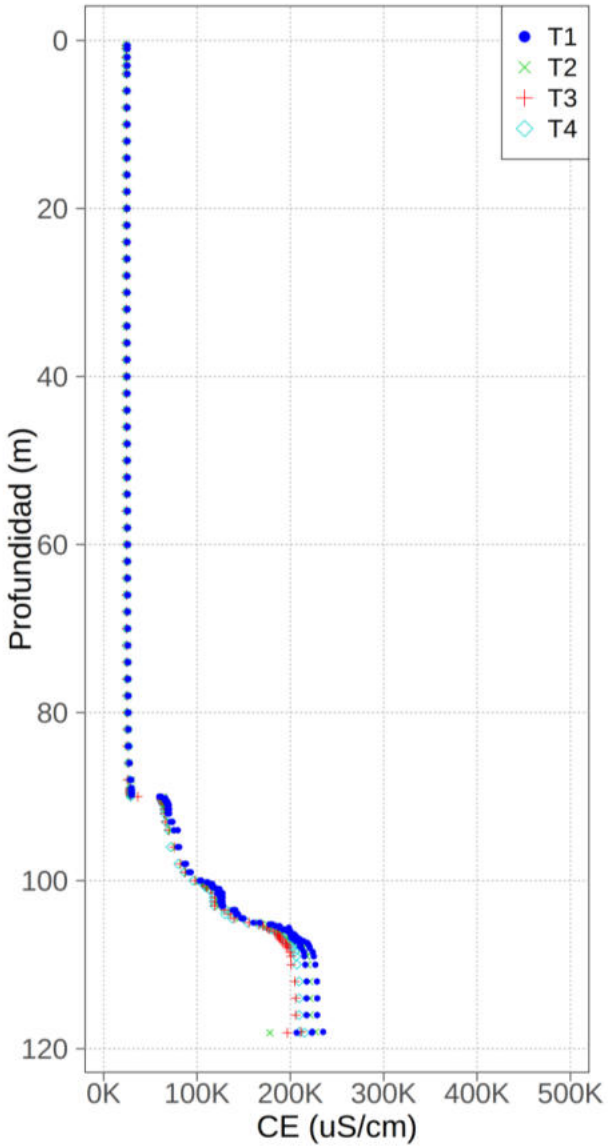
Las campañas de 2025 en el punto PP-03 muestran que la interfase salina se presenta desde los 90 hasta 110 m de profundidad, donde la conductividad eléctrica aumenta de manera gradual a valores por sobre los 200.000 µS/cm (Figura 5-57 y Figura 5-58).

Figura 5-57 Perfiles de C.E. en el punto PP-03 año 2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-58 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto PP-03
2025

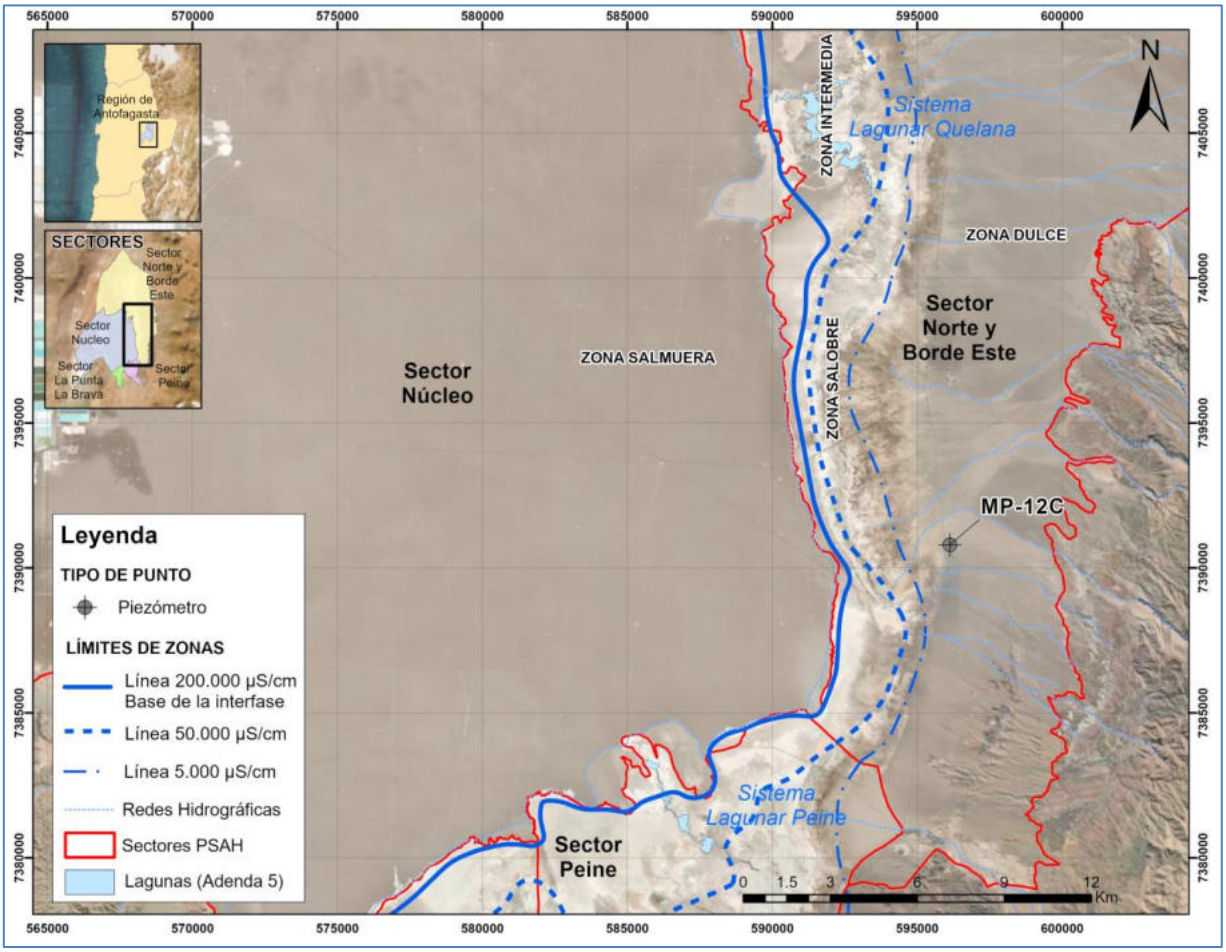


Fuente: Elaboración propia

5.7.3 Sector Norte y Borde Este

En la Figura 5-59 se muestra la ubicación del punto comprometido para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el Norte y Borde Este, el cual corresponde al punto MP-12C.

Figura 5-59 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Norte y Borde Este

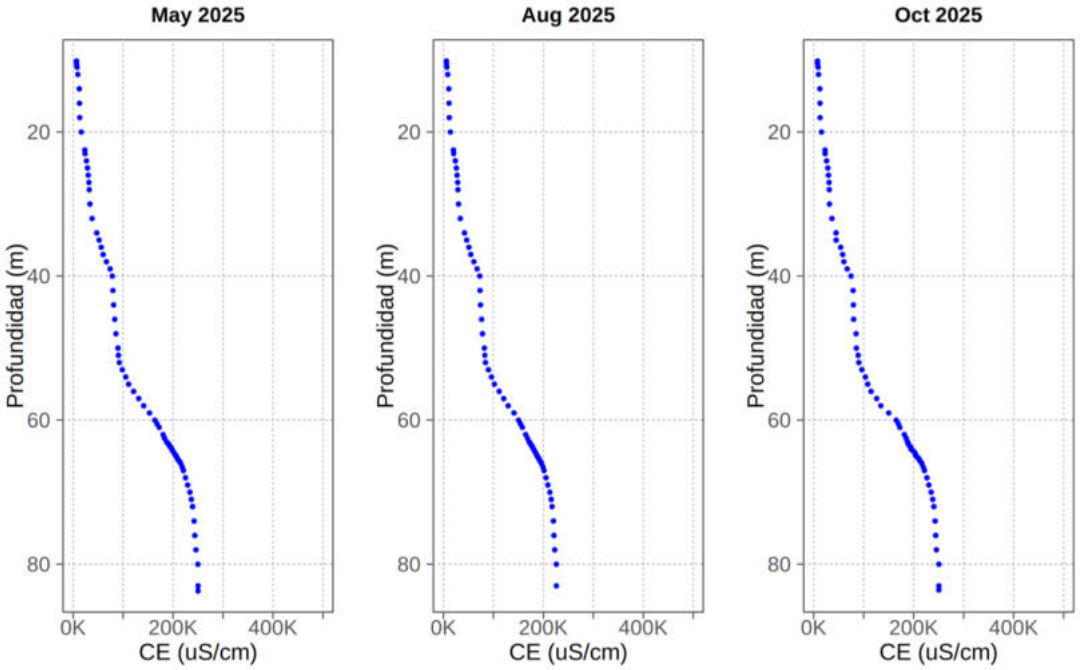


Fuente: Elaboración propia

5.7.3.1 MP-12C

En la Figura 5-60 se observa el resultado para las campañas de medición de perfiles de conductividad eléctrica para el año 2025, en donde se observa un aumento gradual y sostenido de la conductividad eléctrica en profundidad, hasta llegar a la base o piso de la interfase entorno a los 65 m de profundidad.

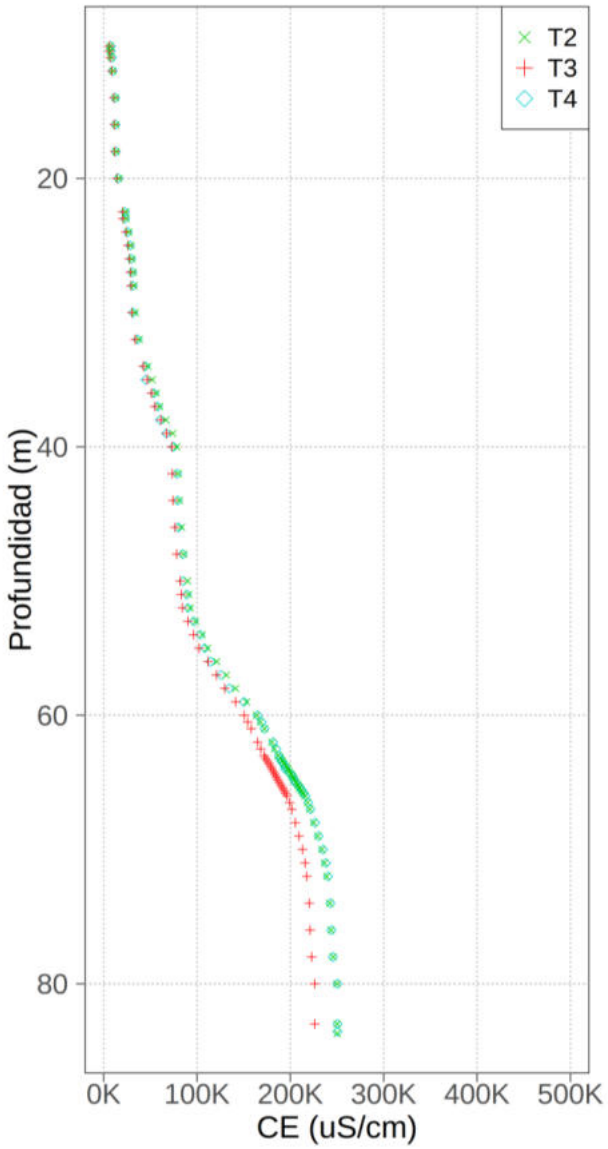
Figura 5-60 Perfiles de C.E. en el punto MP-12C año 2025



Nota: El pozo MP-12C se encuentra con acceso restringido los meses de enero (RE_ CALENDARIO SOCAIRE TALABRE CAMAR), febrero (RE_ CALENDARIO SOCAIRE_Febrero) y noviembre (Carta Oficial N°147/2025).

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-61 Perfiles trimestral 2025 de C.E. en el punto MP-12C
2025



Nota: Debido a la restricción de acceso no se grafica el primer trimestre (T1) para el pozo.
Fuente: Elaboración propia

5.8 Composición Química de las aguas

En el presente subcapítulo se exhiben los resultados de la composición química de las aguas en base al monitoreo comprometido del año 2025, en los puntos definidos en el PSAH. Dicho monitoreo corresponde a los realizados en los meses de enero, abril, julio y octubre; en este último mes por temas de permisos por parte de la comunidad de Peine no se pudo acceder a todos los puntos de monitoreo por lo que se continuo con el monitoreo de estos en el mes de noviembre. Se debe considerar que la frecuencia de monitoreo de composición química es trimestral, aumentando la frecuencia a mensual en los meses de enero y febrero, debido a que en diciembre de 2024 se implementaron de manera preventiva las acciones asociadas al PAT sector acuífero, según se indica en la subsección 6.3.6.1 de este Informe, por lo que en 2025 se hizo una campaña adicional de monitoreo en febrero.

Los puntos monitoreados se distribuyen en 3 sectores individualizados como:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este

La descripción de los resultados se realiza abordando su clasificación por sector en base a la conductividad eléctrica, para luego presentar el resto de los parámetros químicos por cada sector señalado. La ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en la Figura 5-62, Figura 5-84 y Figura 5-106.

Como se menciona en la sección 4.3.8, la variable de calidad de las aguas superficiales, subterráneas y salmueras se obtiene a través de la medición de parámetros *in situ* y del muestreo de aguas para su análisis químico en laboratorio.

El total de puntos comprometidos en la RCA N°21/2016 como parte de esta variable son 40, incluyendo puntos en aguas superficiales (vertientes y lagunas) y pozos, todos los cuales se encuentran operativos. En el Anexo H se presentan todos los puntos de monitoreo de calidad de agua para cada uno de los sectores.

Se debe tener en cuenta que, para los 3 sectores de monitoreo, existen puntos que no pudieron ser monitoreados por restricciones de acceso de CONAF y/o Comunidades. En la sección 4.4.1 Tabla 4-30 se indican los sectores en que no fue posible realizar el muestreo en determinadas campañas del 2025 y los motivos asociados.

En el Anexo H-1 se entregan los resultados y/o registros de las campañas del año 2025, de los meses de enero, febrero, abril, julio, octubre y noviembre (toma de los puntos con restricción de acceso en octubre), indicando el nombre de cada punto, la fecha de muestreo y medición, los valores de los parámetros *in situ* y resultados de los parámetros analizados en

laboratorio comprometidos en el PSAH. Cabe destacar que en estas mismas tablas se indica que los monitoreos de 2025 fueron realizados por la ETFA ANAM y CEA como subcontrato de la anterior mencionada para análisis en laboratorio de algunos elementos.

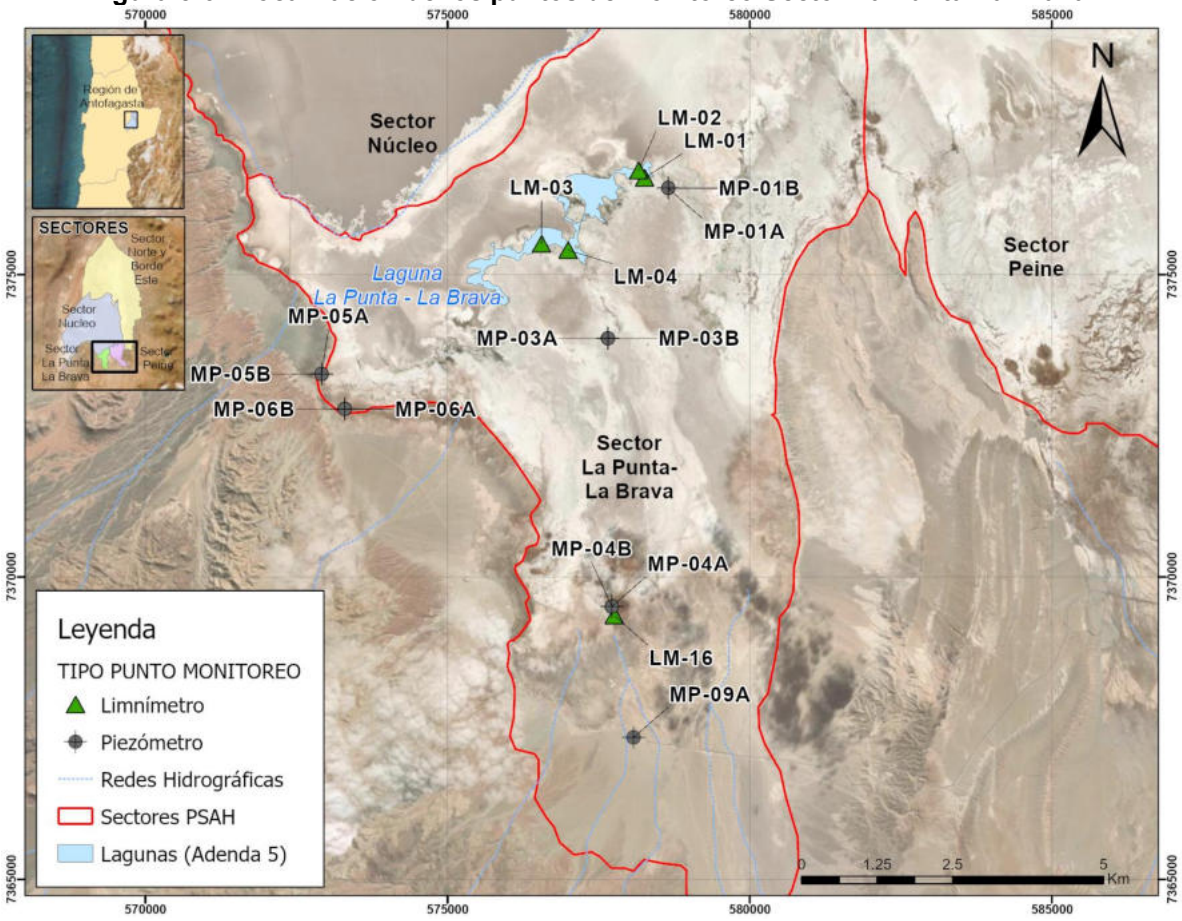
Se destaca que en enero de 2025 (Carta R91 2025) algunos parámetros no pudieron ser medidos debido a una descoordinación por parte de la ETFA, en donde se manejó información incorrecta respecto al desarrollo del proceso de muestreo y se gestionó de forma anticipada la cancelación de análisis de algunos parámetros (Carta R91 2025 – TCA 245).

Sobre el cumplimiento de error de balance iónico, se detalla la metodología utilizada en el apartado 4.3.8.4. De las 126 muestras con balance iónico el 2025, el 61,1% de las muestras (77) presenta un error inferior al 5%, 27 muestras (21,4%) presentan un error entre 5% y 7% (ambos porcentajes inclusive), 22 muestras (17,4%) presentan un error de balance entre 7% y 10% y ninguna muestra presentan un error de balance mayor que 10%, todo lo anterior en valor absoluto.

5.8.1 Sector La Punta – La Brava

Los puntos de monitoreo pertenecientes al sector La Punta-La Brava se observan en la Figura 5-62.

Figura 5-62 Localización de los puntos de monitoreo Sector La Punta-La Brava.



Fuente: Elaboración propia

5.8.1.1 Parámetros Fisicoquímicos in situ

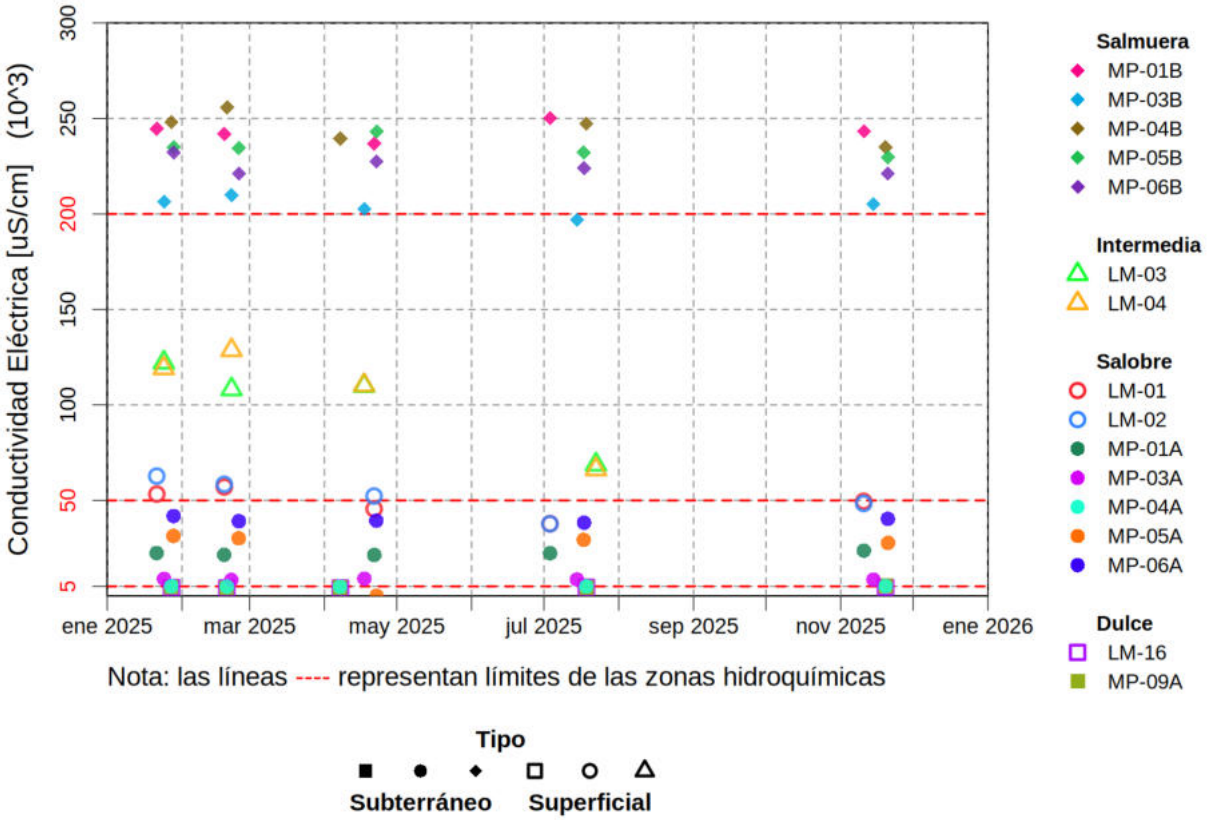
5.8.1.1.1 Conductividad eléctrica in situ

Respecto a la conductividad eléctrica de terreno (CE) del sector La Punta-La Brava (Figura 5-63), se observa que las aguas superficiales muestran una tendencia a la baja hasta julio, mes en el que la CE comienzan a aumentar nuevamente. Esta tendencia se encuentra asociada a la dinámica estacional, tal como se observa en el análisis histórico de esta variable (capítulo 6.1.8). Mas allá de ello, se tienen tres tendencias principales en las aguas superficiales. Por un lado, las aguas salobres (LM-01 y LM-02) poseen valores entre 37.750 µS/cm en julio y 62.740 µS/cm, en enero, mientras que las aguas superficiales intermedias (LM-03 y LM-04) valores entre 66.310 µS/cm en julio y 128.700 µS/cm en febrero. Por otro lado, en el sur, el punto LM-16, ubicado en Tilopozo, presenta los menores valores de CE en comparación con el resto de los limnímetros ubicados en las lagunas, registrando valores entre 4.106 µS/cm en febrero y 4.501 µS/cm en julio, correspondientes a agua dulce.

Respecto a las aguas subterráneas, se observan 3 grupos principales. Las muestras de salmuera (pozos MP-01B, MP-03B, MP-04B, MP-05B y MP-06B) tienen valores que varían

aproximadamente entre los 197.000 µS/cm en (MP-03B en julio) y los 255.800 µS/cm (MP-04B en febrero). Los pozos de agua salobre (MP-01A, MP-03A, MP-04A, MP-05A y MP-06A) muestran una CE entre 4.787 µS/cm (MP-04A en abril) y 41.860 µS/cm (MP-06A en enero). Finalmente, se tiene el pozo MP-09A de agua dulce con valores entre 4.226 µS/cm en febrero y 5.256 µS/cm en noviembre. En este último caso, así como en todos los puntos que tienen valores puntuales en 2 zonas hidroquímicas diferentes, se asocia el punto a la zona correspondiente utilizando la mediana de su CE.

Figura 5-63: Conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector La Punta-La La Brava.



Fuente: Elaboración propia

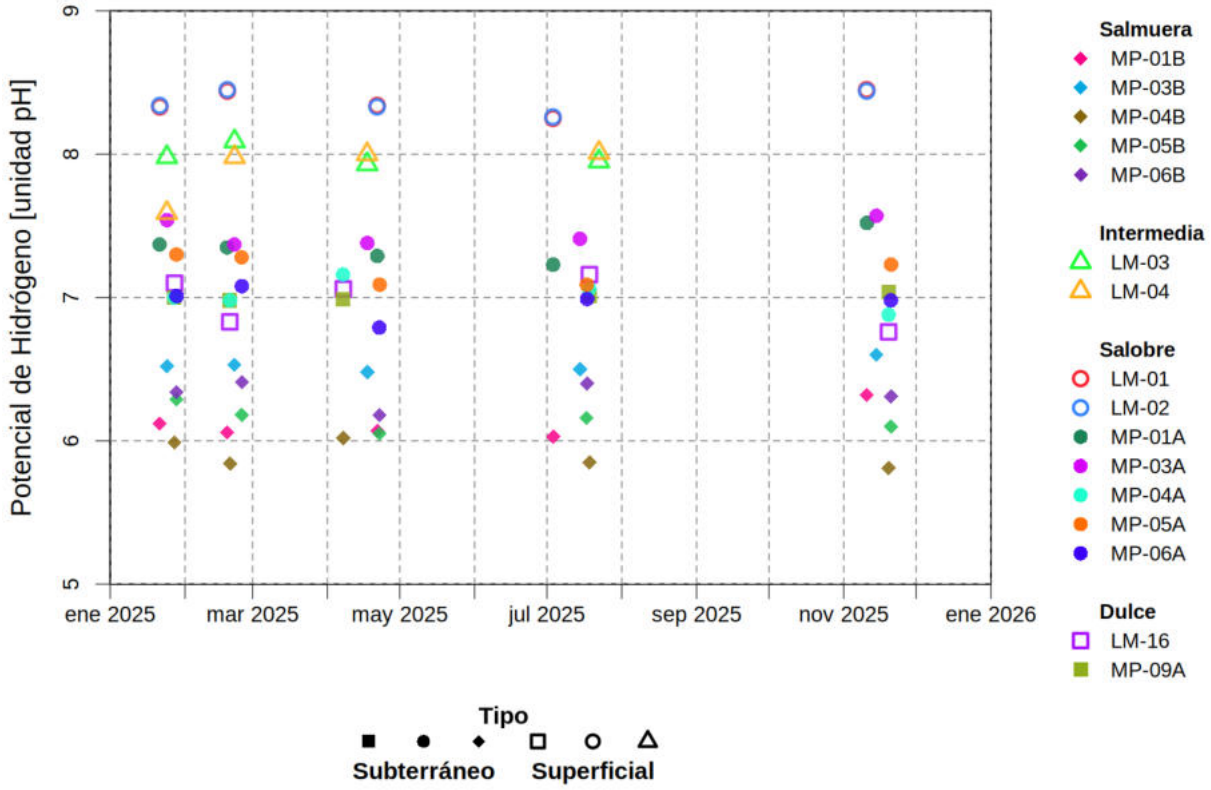
5.8.1.1.2 pH in situ

Los resultados de pH de terreno para el Sector La Punta-La Brava muestran un comportamiento distintivo entre aguas superficiales y subterráneas (Figura 5-64), con una estacionalidad no muy clara. Las muestras con los pH más elevados corresponden, en general, a las aguas superficiales con valores que llegan hasta 8,45 (noviembre en LM-01 y febrero en LM-02) con mínimos de 6,76 en el punto LM-16 en noviembre. Se destaca que, en general, las muestras superficiales de agua salobre poseen valores de pH levemente más elevados que las muestras superficiales de agua intermedia y de agua dulce.

Respecto a las aguas subterráneas, la tendencia general muestra que poseen valores de pH más bajos que las aguas superficiales, entre 5,81 en el pozo MP-04B en noviembre y 7,57 en

el pozo MP-03A también en noviembre. Se identifica que las muestras subterráneas de aguas dulce y salobre poseen valores de pH marcadamente más elevados que las muestras subterráneas de salmuera, dentro del rango de 6,5 y 7,5.

Figura 5-64 Variación pH *in situ* sector La Punta-La Brava

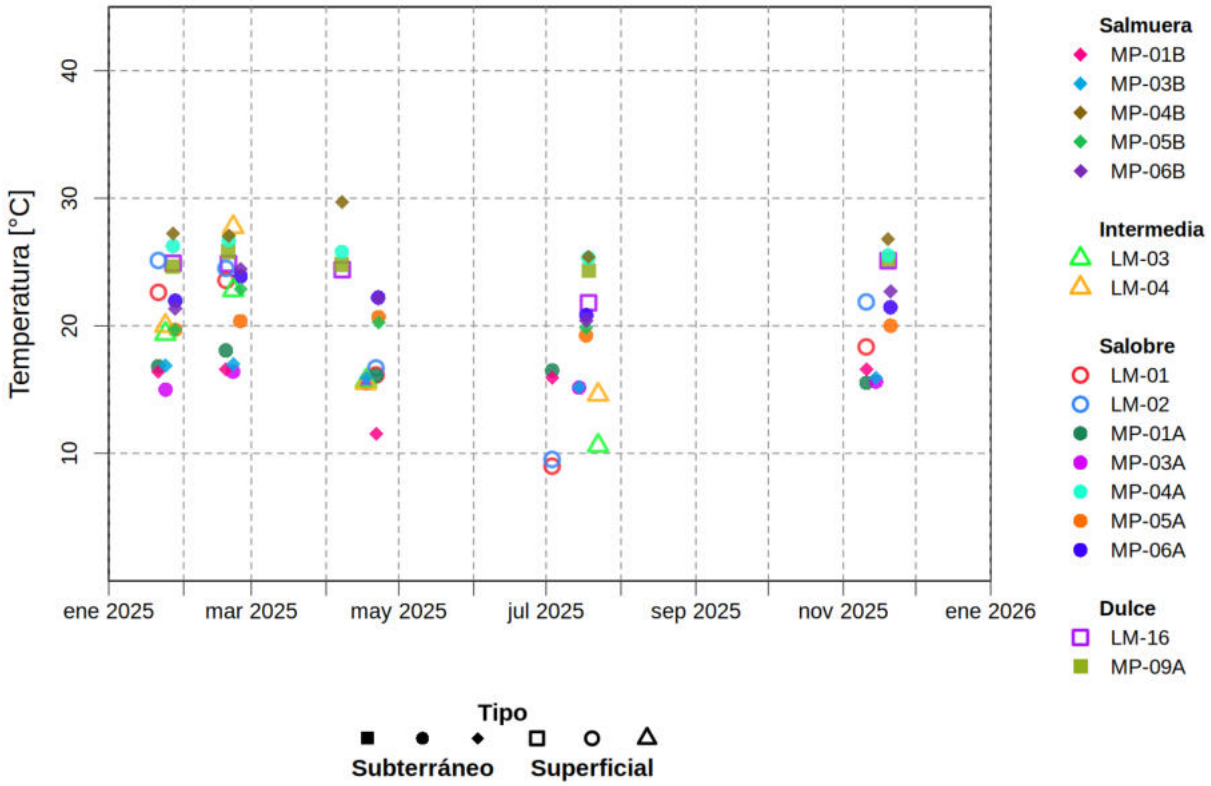


Fuente: Elaboración propia

5.8.1.1.3 Temperatura in situ

Los resultados de temperatura de terreno en las muestras del sector La Punta-La Brava indican que existe una variación estacional, con los mínimos detectados en el mes de julio y los máximos en los meses de verano (Figura 5-4). Respecto a las aguas superficiales, se puede observar que cuentan con las temperaturas más bajas analizadas, de 8,99°C en punto LM-01 para el mes de julio y las más altas de 27,74°C en punto LM-04 para el mes de febrero. Respecto a las aguas subterráneas, estas cuentan con mínimos más altos que las aguas superficiales, de 11,54°C en pozo MP-01B en abril y máximos más altos también, de 29,7°C en el pozo MP-04B en abril, sin una clara tendencia respecto al tipo de agua.

Figura 5-65 Temperatura in-situ para sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

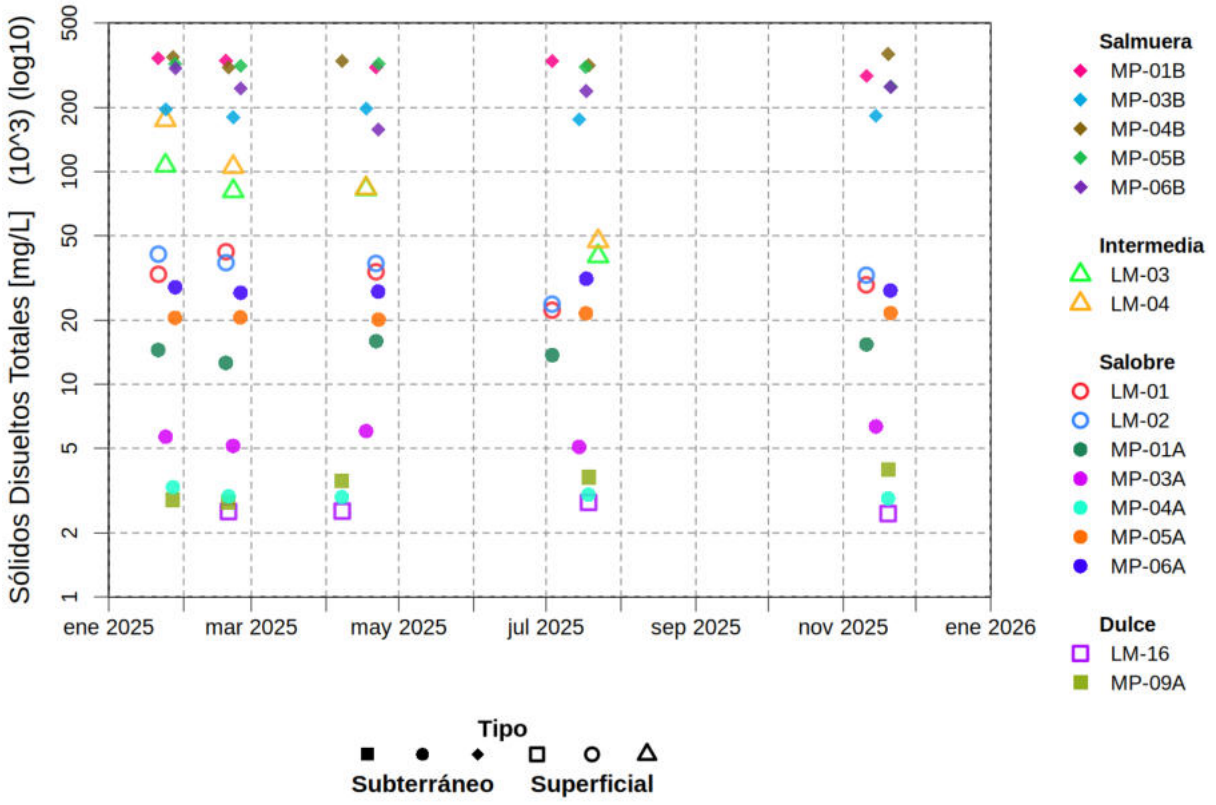
5.8.1.2 Parámetros Fisicoquímicos de Laboratorio

5.8.1.2.1 Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 5-66 se presentan los resultados de laboratorio del análisis de SDT en el Sector La Punta-La Brava. Existe una importante diferencia en los SDT entre las muestras de aguas superficiales y subterráneas. Respecto a las aguas superficiales, se observan valores entre 2.464 mg/l en el punto LM-16 en noviembre y 174.900 mg/l en el punto LM-04 en enero, con las muestras superficiales intermedias con valores más elevados que las muestras de agua salobre y dulce, lo cual es consistente con la clasificación de estas aguas a partir de la CE.

Para las aguas subterráneas se observa que existe un rango mucho más amplio en los SDT, con mínimos de 2.788 en el pozo MP-09A en febrero y máximos de 357.800 mg/l en el pozo MP-04B en noviembre (salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera son las que poseen los valores más elevados, lo cual es consistente con el hecho de que los pozos están habilitados en salmuera, seguido de las aguas subterráneas salobres y finalmente por la muestra de agua dulce subterránea.

Figura 5-66 Variación Temporal de SDT en laboratorio, Sector La Punta-La Brava 2025



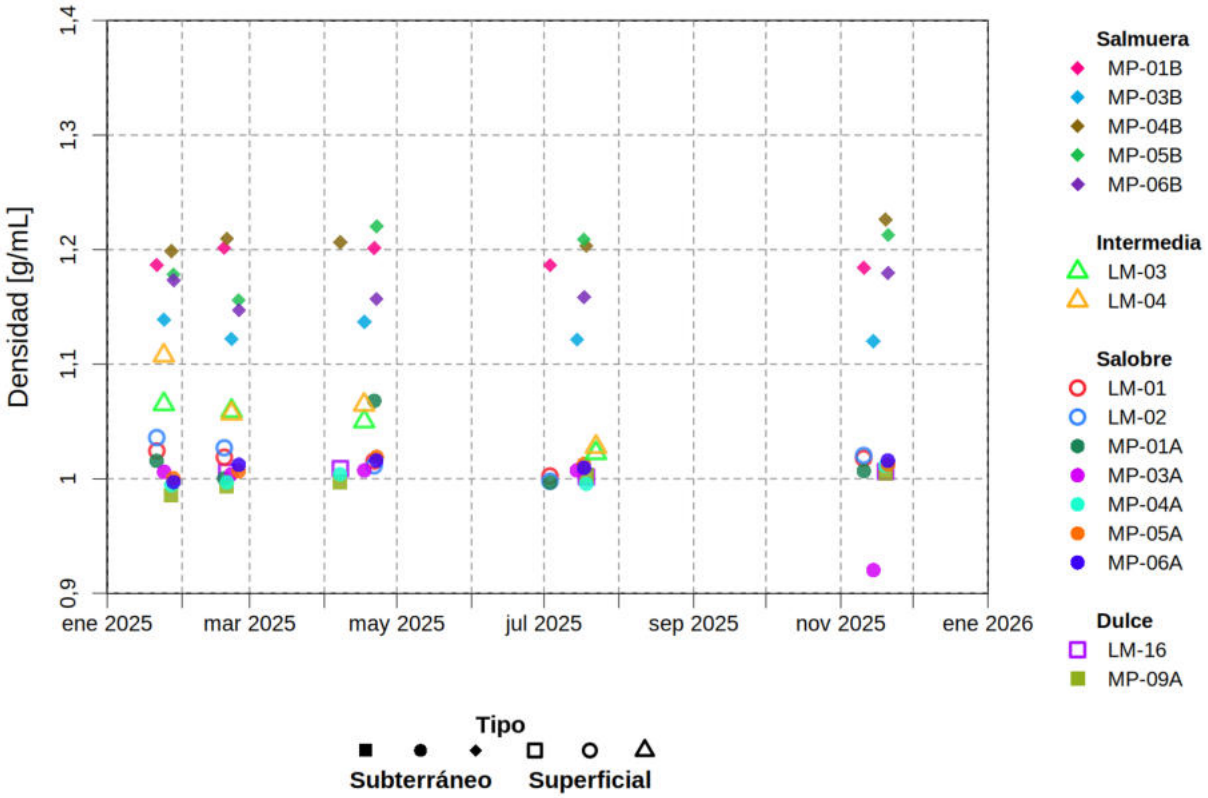
Fuente: Elaboración propia

5.8.1.2.2 Densidad

Con respecto a la densidad, se observa que en general esta sigue la misma tendencia que los SDT y CE. Respecto a las aguas superficiales, se tienen valores mínimos de 0,99 g/ml en el punto LM-02 en julio y máximos de 1,1 g/ml en el punto LM-04 en enero, siendo las muestras de aguas intermedias más densas que las muestras superficiales de agua dulce y salobre (Figura 5-6).

Por parte de las aguas subterráneas, presentan un rango de densidades más amplio que las aguas superficiales, con mínimos de 0,92 g/ml en el pozo MP-03A en noviembre y máximos de 1,22 g/ml en el pozo MP-04B también en noviembre, en donde las muestras subterráneas de salmuera (MP-XXB) son notoriamente más densas que las aguas subterráneas dulces y salobres. Estos valores de densidad se observan en la Figura 5-67

Figura 5-67 Variación Temporal Densidad en Laboratorio, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

5.8.1.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

5.8.1.3.1 Aniones mayores

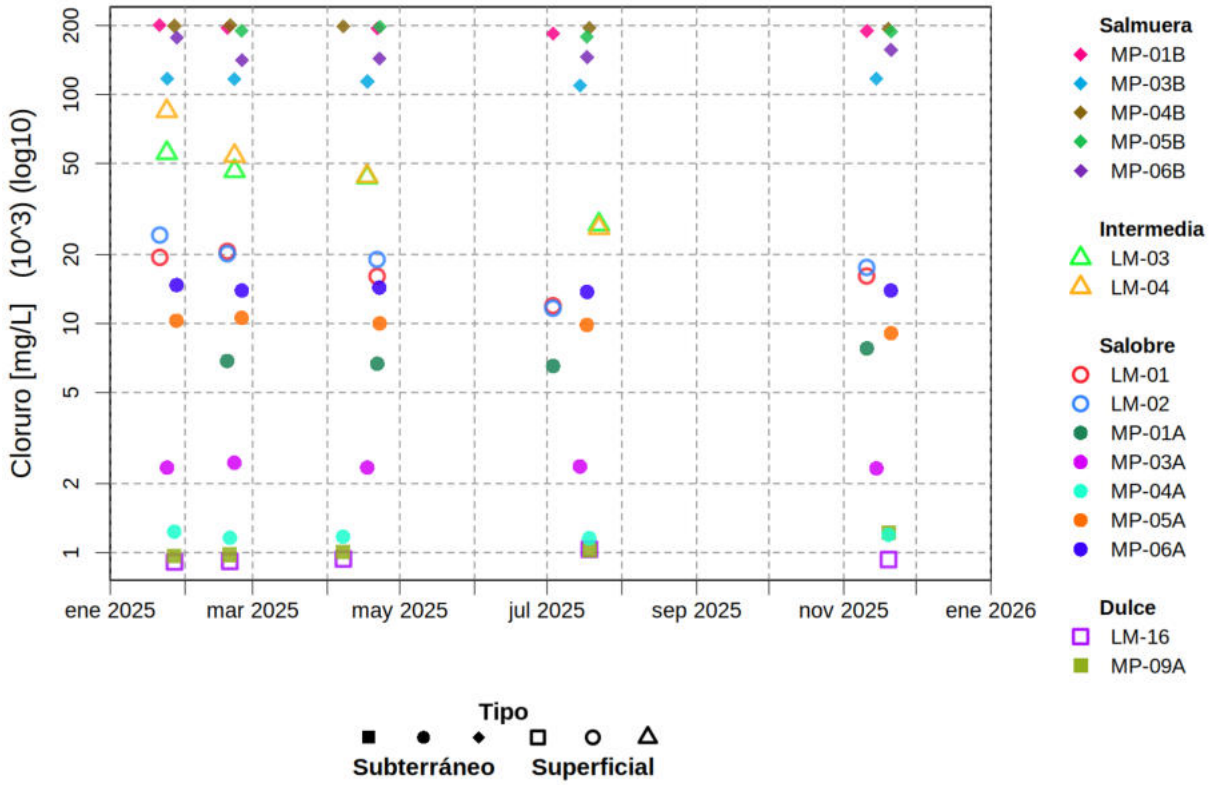
Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}).

Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores y responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT, con un rango general de concentraciones mucho más amplio en aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales, dada la variedad de puntos subterráneos analizados (de aguas dulces a salmueras) Las aguas superficiales presentan mínimos en las concentraciones de cloruro de 909,2 mg/l en el punto LM-16 en enero y máximos de 84.607,9 mg/l en el punto LM-04 también en enero. De forma similar a otros parámetros analizados anteriormente, las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de cloruro mayores que las aguas superficiales salobres y dulce.

Respecto a las aguas subterráneas, poseen mínimos de 966 mg/l en el pozo MP-09A en enero y máximos de 200.961,3 mg/l en el pozo MP-01B también en enero, con las concentraciones de cloruro notoriamente más altas en muestras subterráneas de salmuera (MP-XXB), respecto

a las aguas subterráneas salobres y dulce. La tendencia de las concentraciones de cloruro se observa en la Figura 5-68.

Figura 5-68 Concentraciones de cloruro en muestras del sector La Punta-La Brava

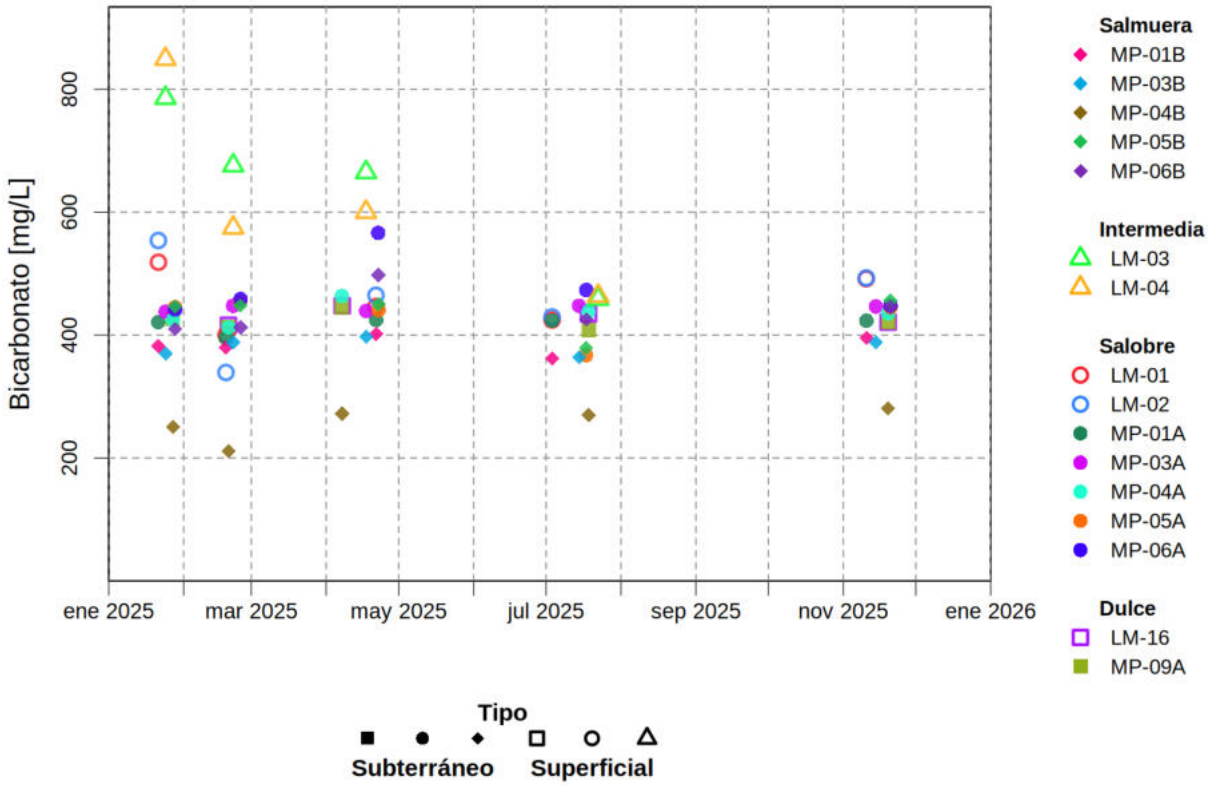


Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de bicarbonatos poseen una diferencia notoria entre aguas superficiales y subterráneas, con las concentraciones más altas el primer semestre del año, en particular para las aguas superficiales. Las aguas superficiales presentan concentraciones de bicarbonato mayores, con un mínimo de 339,16 mg/l en el punto LM-02 en febrero y un máximo de 849,12 en el punto LM-04 en enero (Figura 5-69). Las aguas superficiales intermedias presentan concentraciones de bicarbonato mayores que las aguas superficiales de agua salobre y dulce.

Las aguas subterráneas poseen mínimos de 211,06 mg/l en el pozo MP-04B en febrero y máximos de 566,08 mg/l en el punto MP-06A en abril, con las muestras subterráneas de salmuera con concentraciones menores que las aguas subterráneas salobres y dulce.

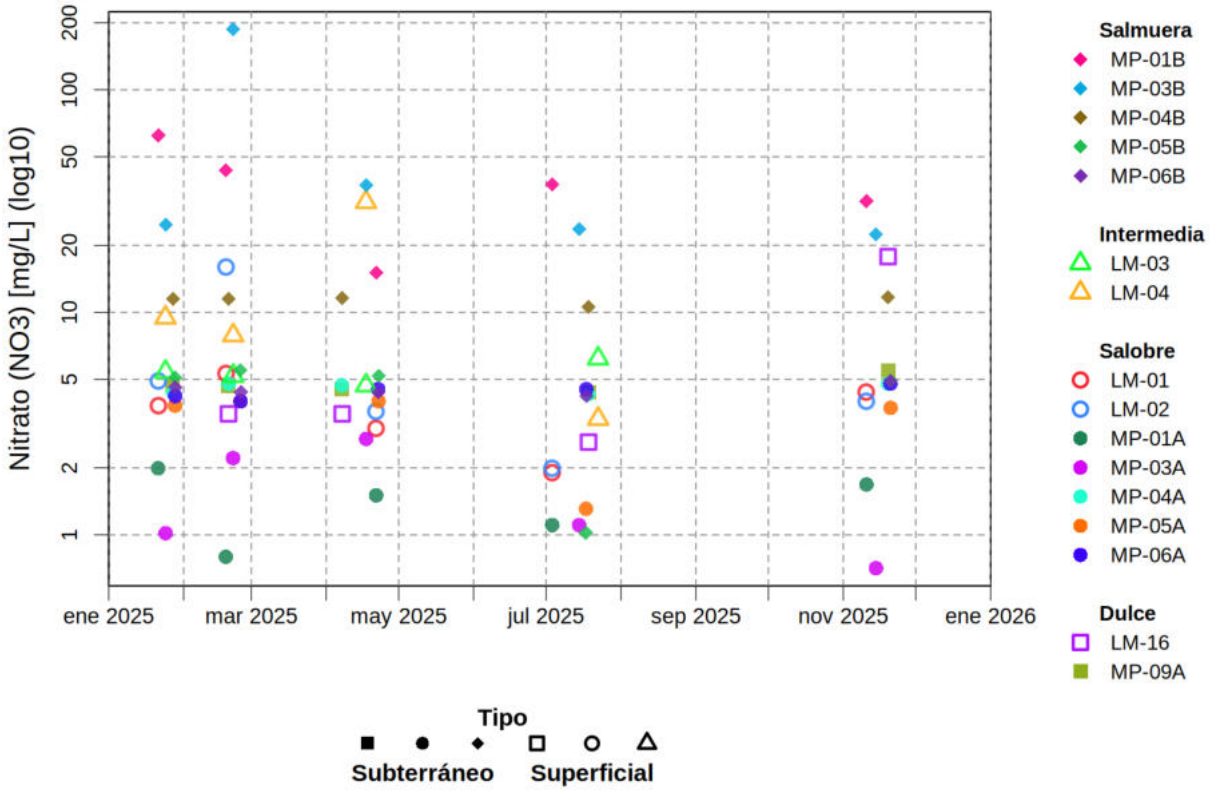
Figura 5-69 Concentraciones de bicarbonato en muestras del sector La Punta La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Los valores del nitrato presentan gran variabilidad entre aguas superficiales y subterráneas (Figura 5-70). Respecto a las aguas superficiales, se tienen mínimos de 1,903 mg/l en el punto LM-01 en julio y máximos de 31,29 mg/l en el punto LM-04 en abril, sin una tendencia clara entre los distintos tipos de agua. Respecto a las aguas subterráneas, los mínimos se presentan en el punto MP-03A (0,708 mg/l en noviembre) y máximos que llegan a 186,9 mg/l en el punto MP-03B en febrero. En general, destacan altas concentraciones de nitrato en aguas subterráneas de salmuera, en particular los puntos MP-01B y MP-03B.

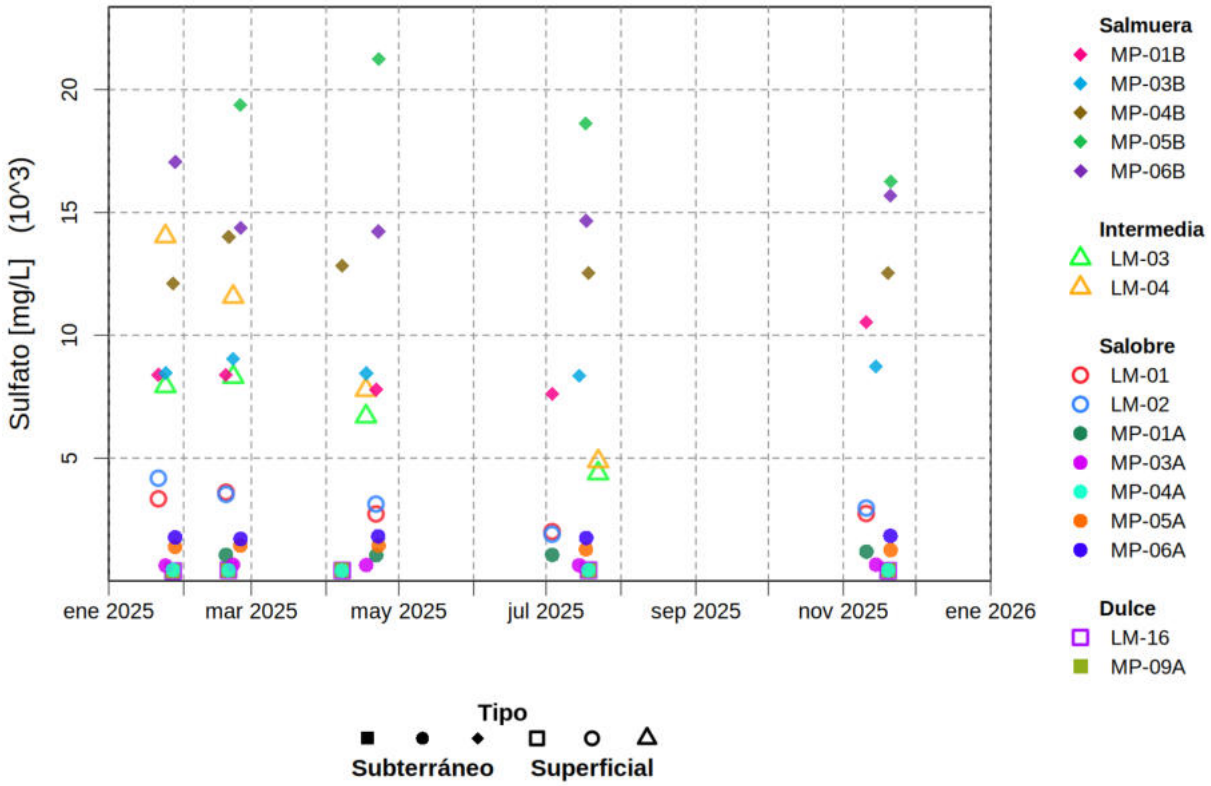
Figura 5-70 Concentraciones de nitrato en muestras del sector La Punta La Brava.



Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sulfatos, al igual que en el caso de los cloruros, existe un rango mucho más amplio en las aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales, dada la variabilidad de aguas subterráneas consideradas en este sector. Las aguas superficiales poseen mínimos de 400,9 mg/l en el punto LM-16 en enero y máximos de 14.028,1 mg/l en el punto LM-04 también en enero. Se observan concentraciones de sulfato mayores en las aguas superficiales intermedias respecto a aguas superficiales salobres y dulce. Respecto a aguas subterráneas, se tienen concentraciones de sulfato mínimas de 391,2 mg/l en el punto MP-09A en enero y valores máximos de 21.246,5 en el punto MP-05B en abril, con las concentraciones más altas en las aguas subterráneas de salmuera. Las concentraciones de sulfato se pueden observar en la Figura 5-71.

Figura 5-71 Concentraciones de sulfato en sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

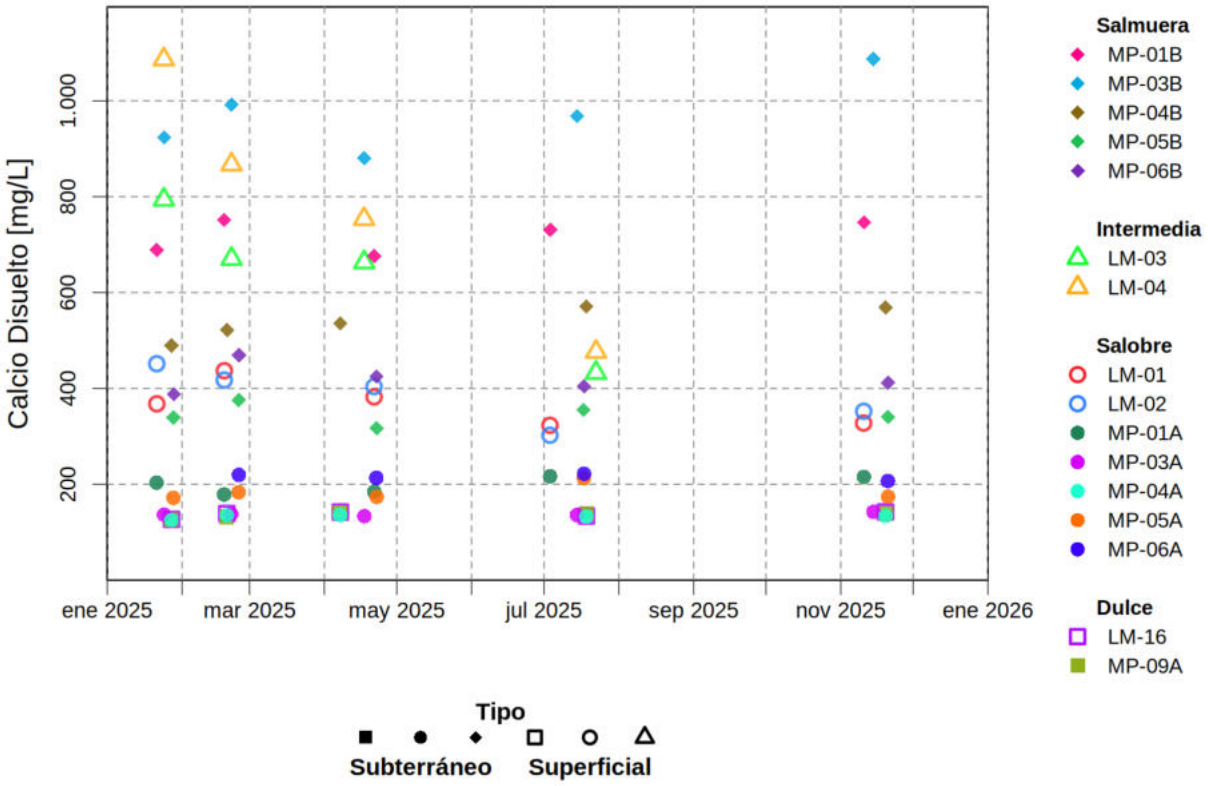
5.8.1.3.2 Cationes mayores

Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}).

Una característica común a los cationes considerados es que los pozos que monitorean la salmuera tienden a presentar las mayores concentraciones, mientras que los pozos correspondientes a aguas dulce y salobres, presentan valores menores a las concentraciones de las aguas superficiales intermedias y salobres.

Sobre las concentraciones de calcio disuelto, se presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 126,82 mg/l en el punto LM-16 en enero y un máximo de 1.086,48 mg/l en el punto LM-04 también en enero (Figura 5-72). Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de calcio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro similar, con valores mínimos de 125,17 mg/l en el punto MP-04A en enero y máximos de 1.087,2 mg/l en el punto MP-03B en noviembre (salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de calcio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de calcio disuelto se observan en la Figura 5-72.

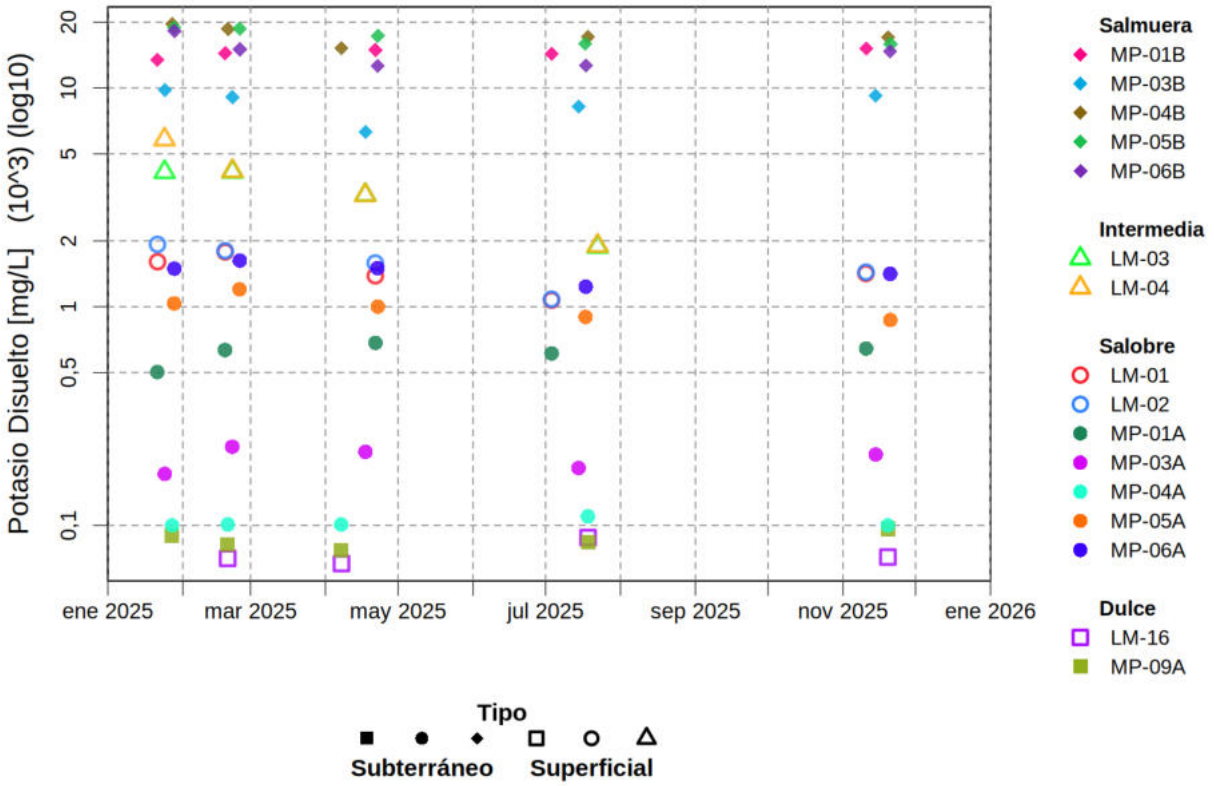
Figura 5-72 Concentraciones de calcio disuelto en sector La Punta-La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El potasio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 66,95 mg/l en el punto LM-16 y un máximo de 5.821 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de potasio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 77 mg/l en el punto MP-09A y máximos de 19.577 mg/l en el punto MP-04B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de potasio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de potasio disuelto se observan en la Figura 5-73.

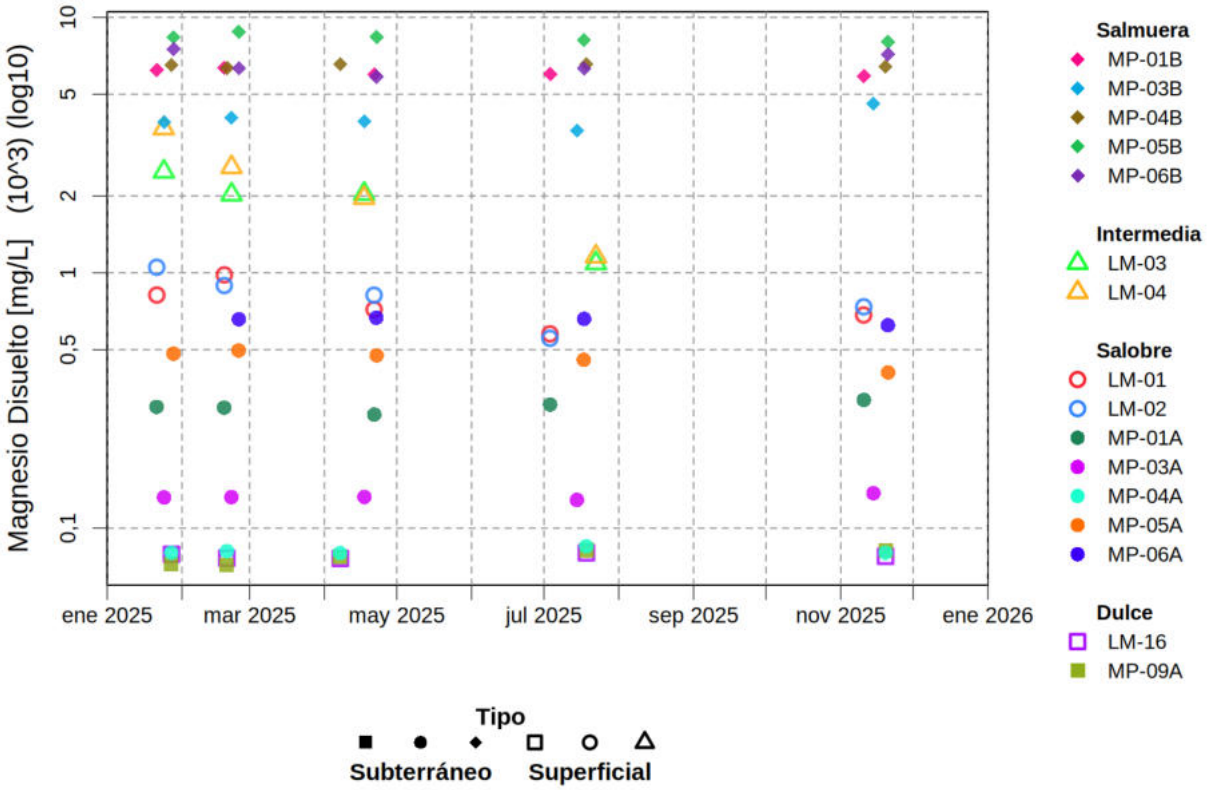
Figura 5-73 Concentraciones de potasio disuelto en sector La Punta-La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El magnesio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 76,14 mg/l en el punto LM-16 en abril y un máximo de 3.674,14 mg/l en el punto LM-04 en enero. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de magnesio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 71,85 mg/l en el punto MP-09A en febrero y máximos de 8.768,2 mg/l en el punto MP-05B también en febrero, siendo este último un pozo que capta salmuera. Como se ha observado, las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de magnesio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de magnesio disuelto se observan en la Figura 5-74.

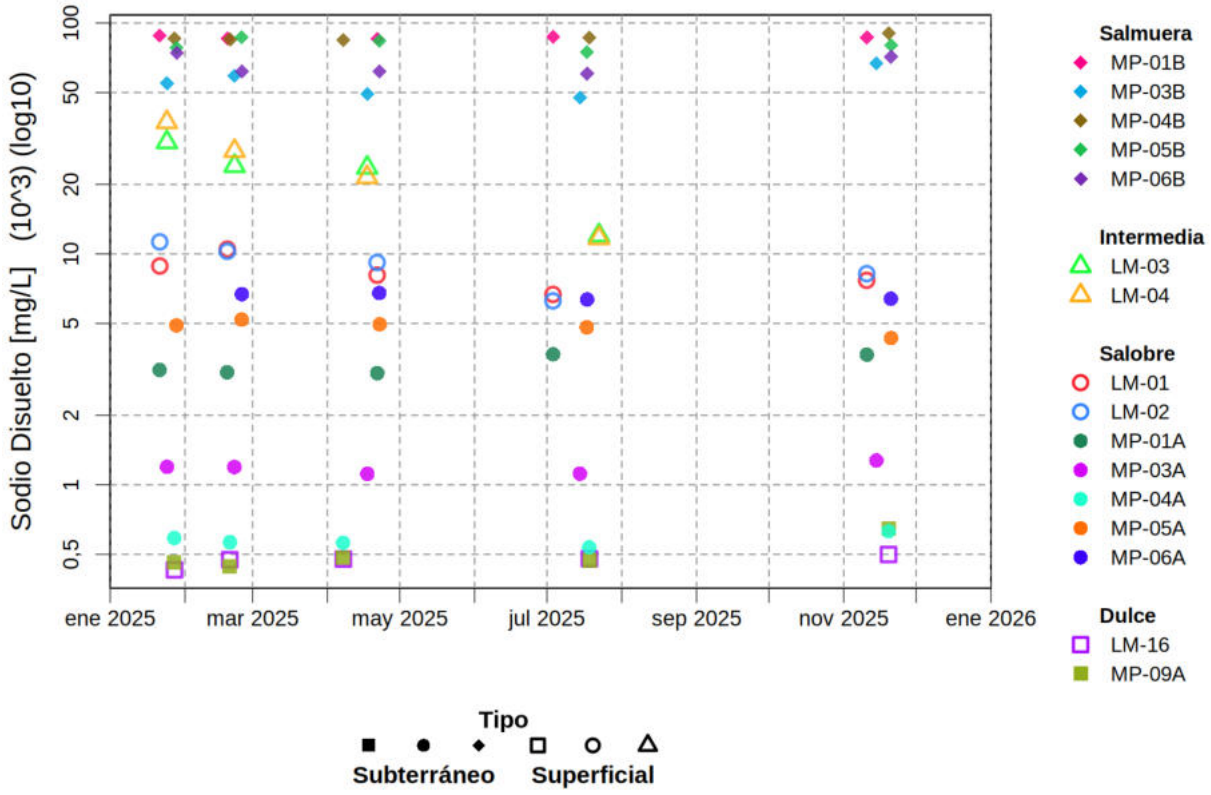
Figura 5-74 Concentraciones de magnesio disuelto en sector La Punta-La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El sodio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 428,3 mg/l en el punto LM-16 en enero y un máximo de 37.192,96 mg/l en el punto LM-04 también en enero. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de sodio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 442,22 mg/l en el punto MP-09A en febrero y máximos de 90.338,8 mg/l en el punto MP-04B en noviembre (Salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de sodio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de sodio disuelto se observan en la Figura 5-75.

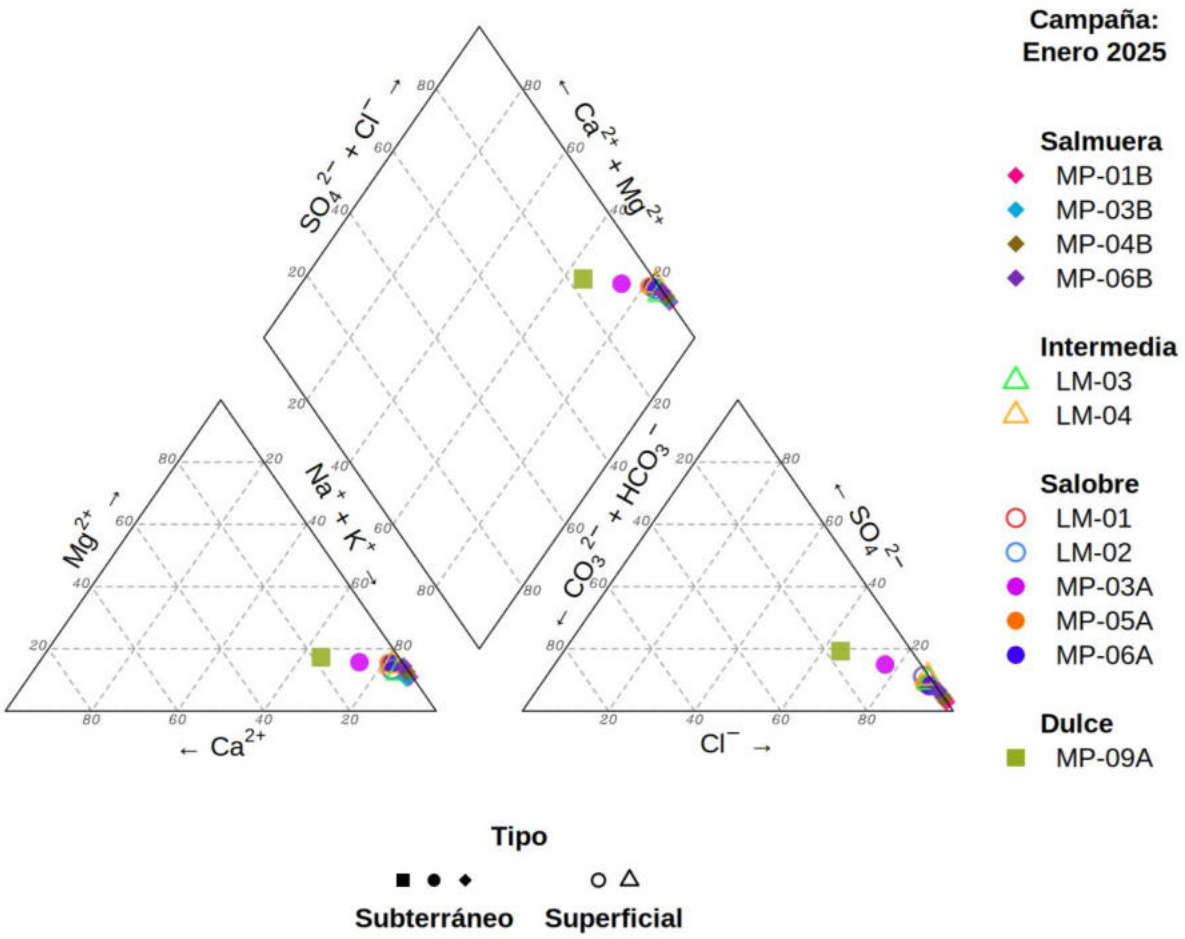
Figura 5-75 Concentraciones de sodio disuelto en sector La Punta-La Brava.



Fuente: Elaboración propia

Desde la Figura 5-76 a la Figura 5-80, se presentan Diagramas de Piper con las clasificaciones de composición de las aguas de acuerdo con sus concentraciones de elementos mayores, para las campañas de enero, febrero, abril, julio y octubre-noviembre de 2025. Se puede observar que las muestras corresponden al tipo de cloruradas sódicas, siendo los puntos LM-16, MP-04A y MP-09A levemente diferentes al resto de los puntos del sector. La variación en los contenidos porcentuales de los elementos principales entre las diferentes campañas no ha sido significativa, y su clasificación se mantiene constante a lo largo de las campañas del año 2025.

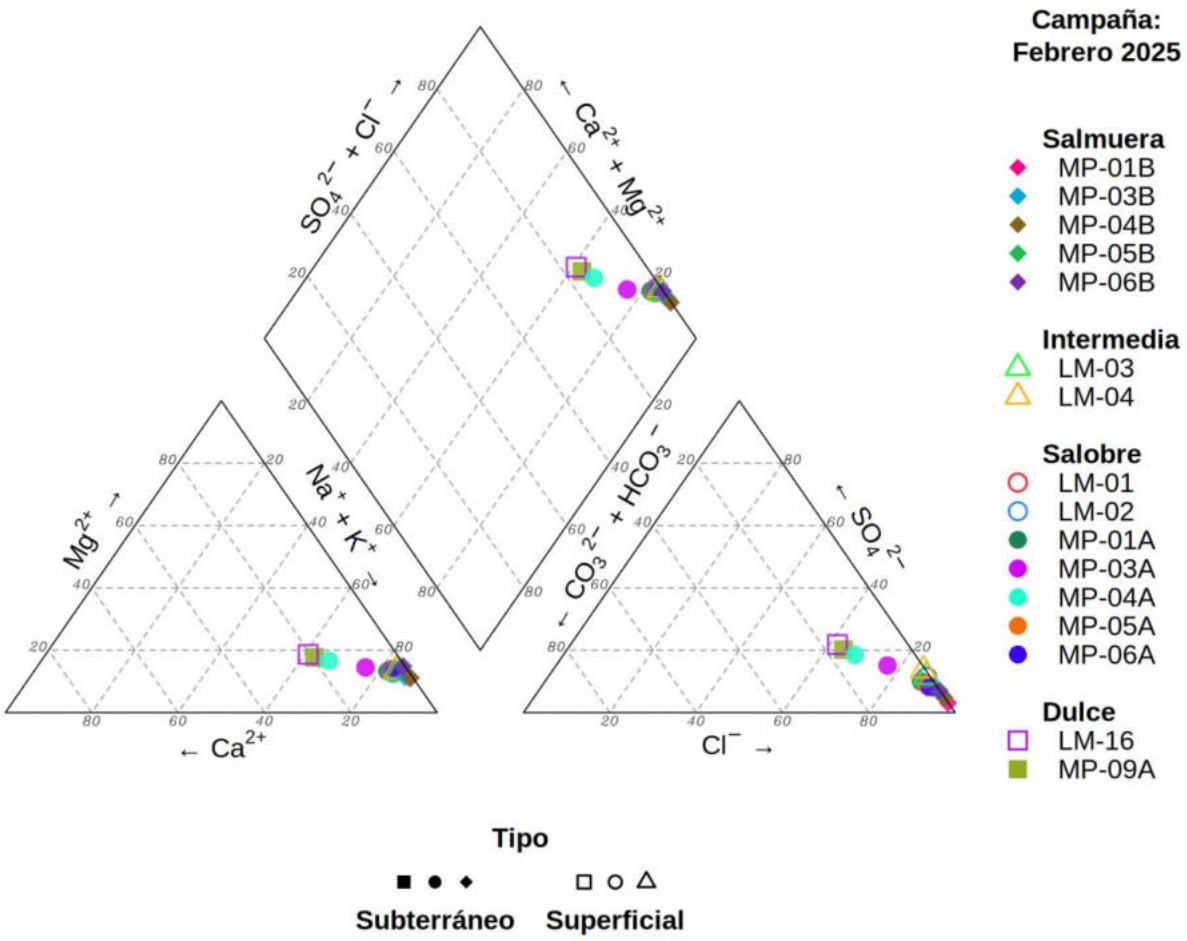
Figura 5-76 Diagrama de Piper, campaña enero 2025, Sector La Punta-La Brava



*Se destaca que la falta de muestras en diagrama Piper de enero de 2025 se debe a problemas en la recepción de muestras por parte de la ETFA.

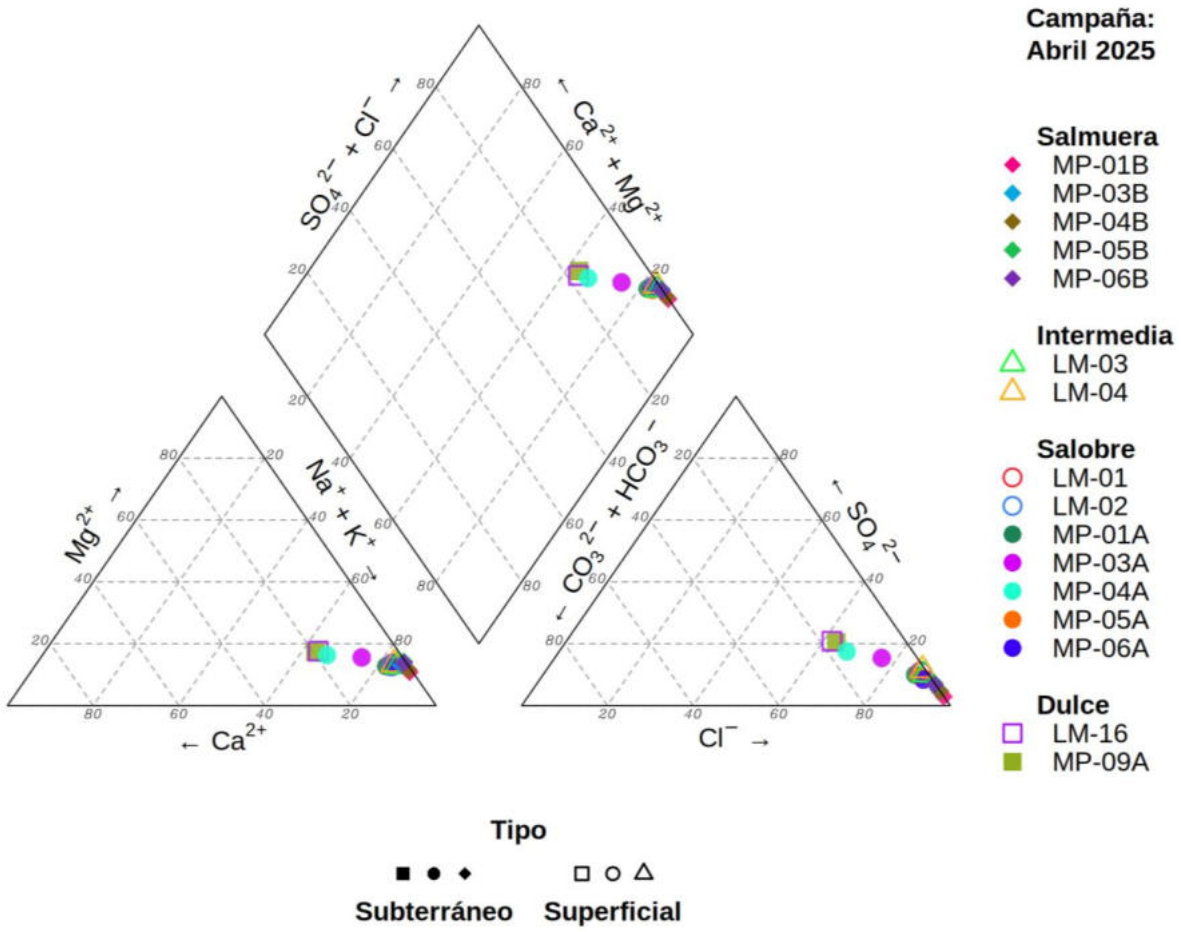
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-77 Diagrama de Piper, campaña febrero 2025, Sector La Punta-La Brava



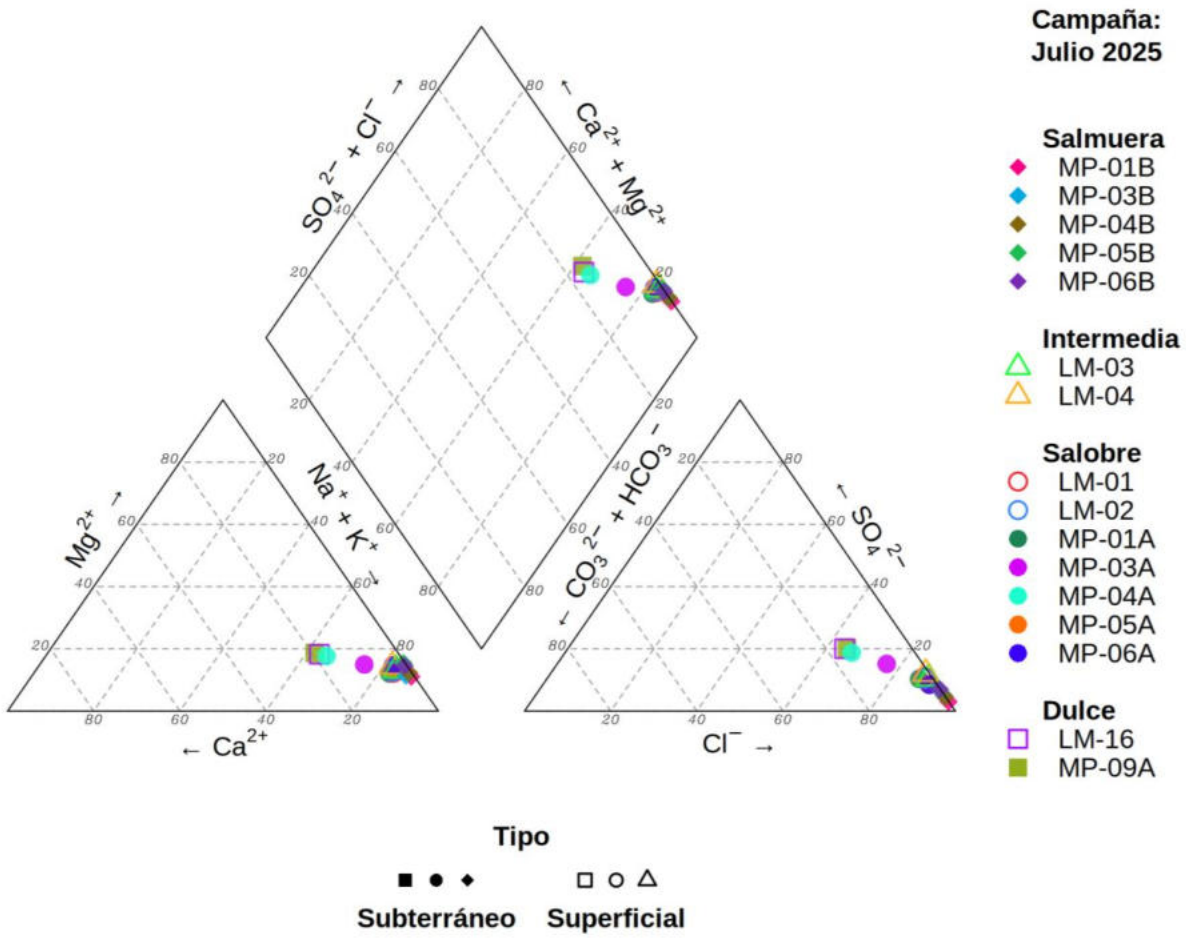
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-78 Diagrama de Piper, campaña abril 2025, Sector La Punta-La Brava



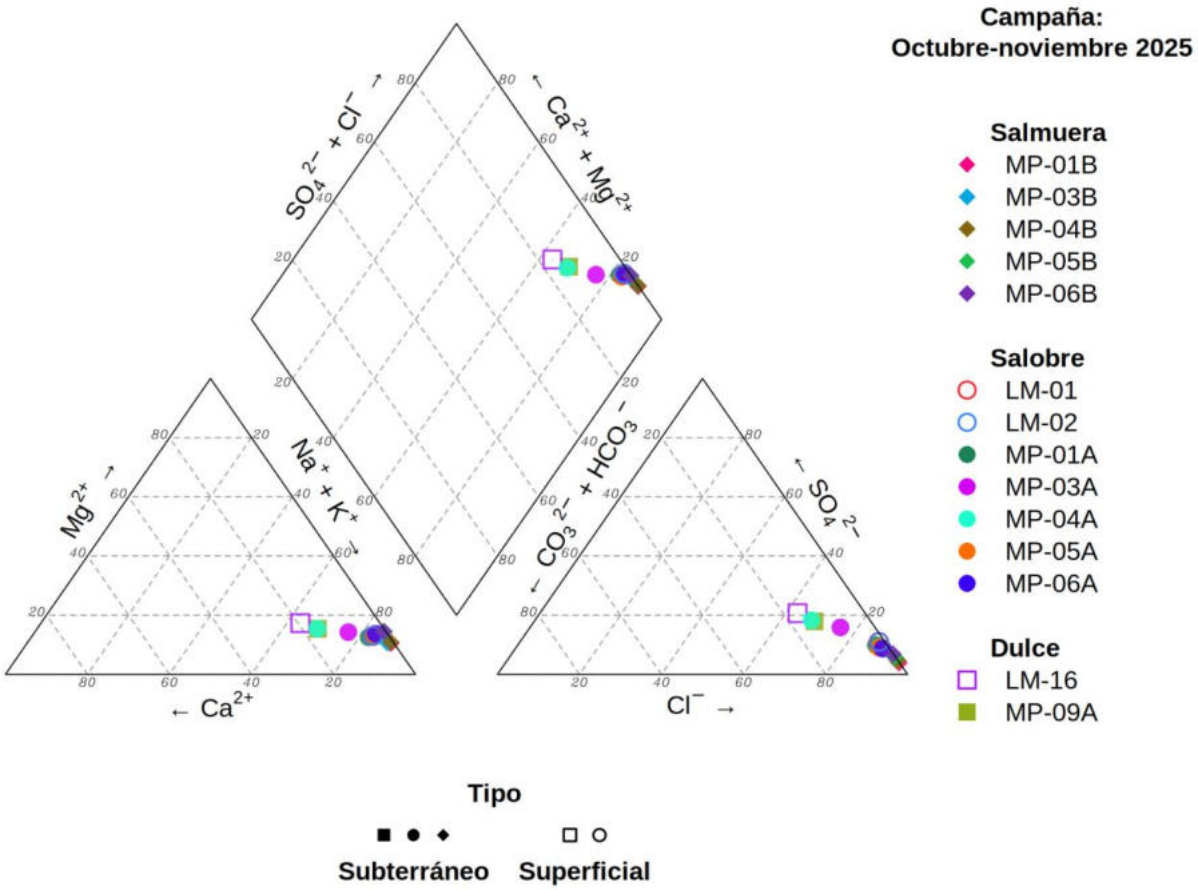
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-79 Diagrama de Piper, campaña julio 2025, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-80 Diagrama de Piper, campaña octubre-noviembre 2025, Sector La Punta-La Brava



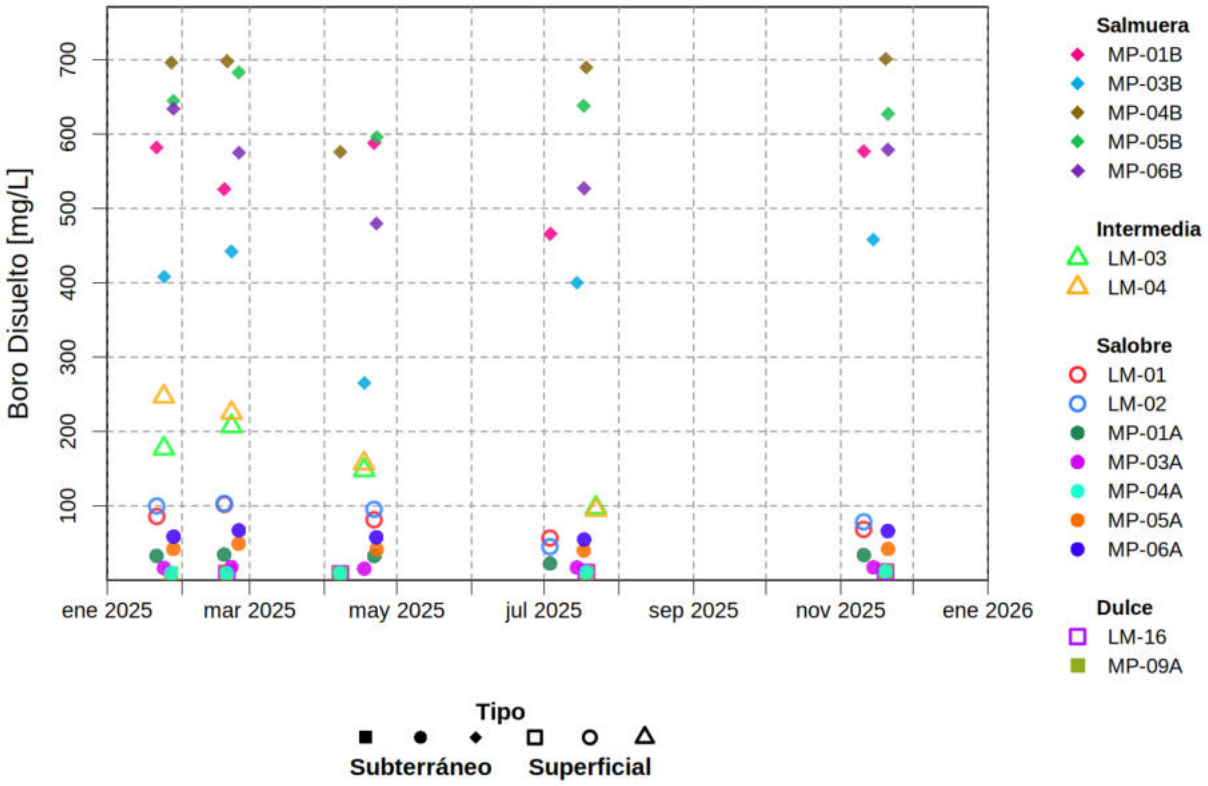
Fuente: Elaboración propia

5.8.1.4 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Los elementos minoritarios y trazas que se analizan corresponden a Boro (B^{3+}), Litio (Li^{+}) y Estroncio (Sr^{2+}).

El boro disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 8,48 mg/l en el punto LM-16 en abril y un máximo de 247 mg/l en el punto LM-04 en enero. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de boro disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 8,57 mg/l en el punto MP-09A en abril y máximos de 701 mg/l en el punto MP-04B en noviembre. Las muestras subterráneas de salmuera (MP-XXB) poseen concentraciones de boro disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de boro disuelto se observan en la Figura 5-81.

Figura 5-81 Concentraciones de boro disuelto en sector La Punta-La Brava.

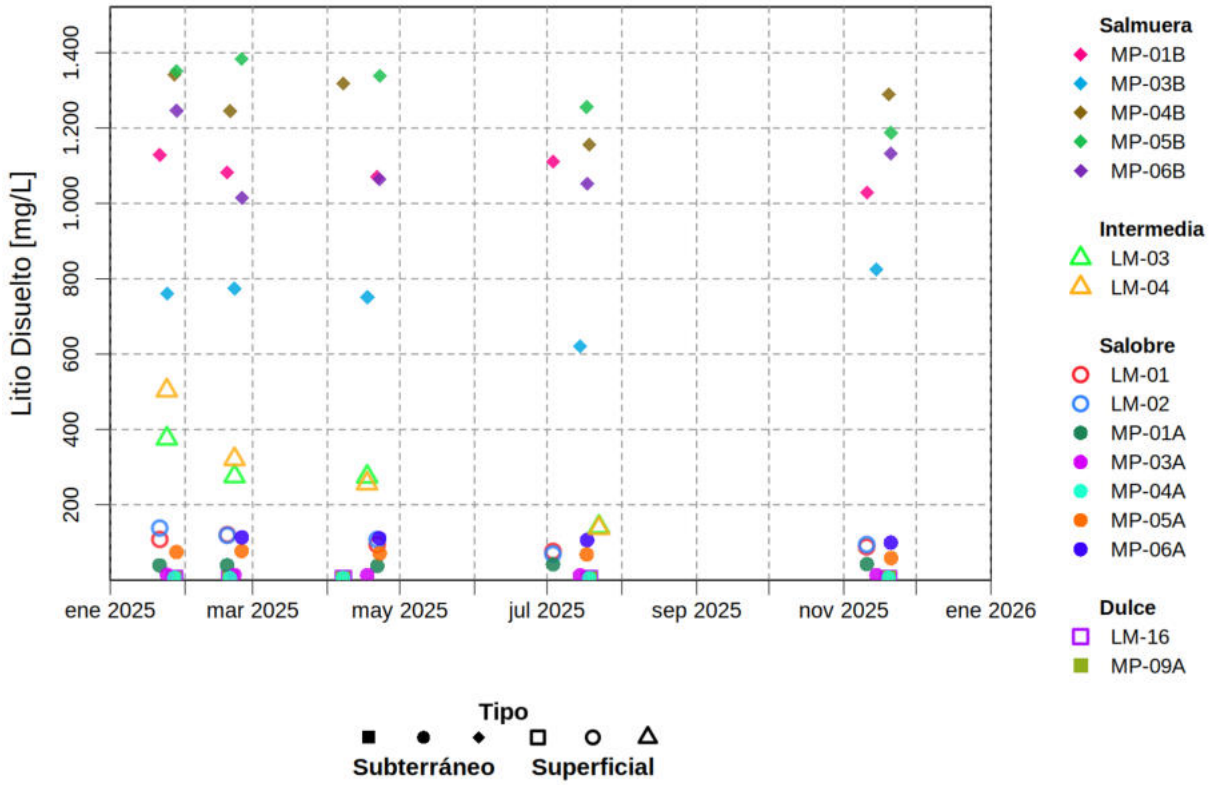


Fuente: Elaboración propia

El litio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 4,02 mg/l en el punto LM-16 en noviembre y un máximo de 503,44 mg/l en el punto LM-04 en enero. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de litio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 3,77 mg/l en el punto MP-09A en febrero y

máximos de 1.384,4 mg/l en el punto MP-05B también en febrero (salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de litio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de litio disuelto se observan en la Figura 5-82.

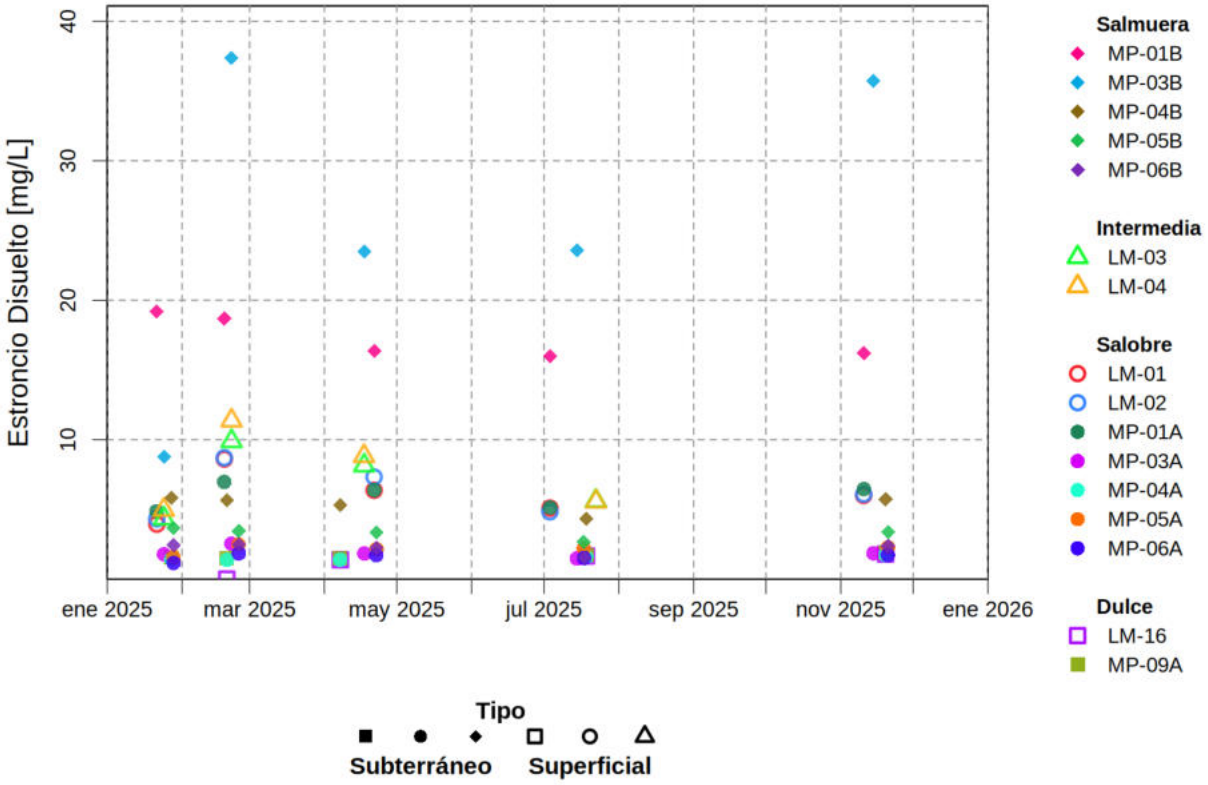
Figura 5-82 Concentraciones de litio disuelto en sector La Punta-La Brava.



Fuente: Elaboración propia

El estroncio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 0,0003 mg/l en el punto LM-16 en febrero y un máximo de 11,37 mg/l en el punto LM-04 también en febrero. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de estroncio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 1,16 mg/l en el punto MP-06A en enero y máximos de 37,37 mg/l en el punto MP-03B en febrero (salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de estroncio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de estroncio disuelto se observan en la Figura 5-83.

Figura 5-83 Concentraciones de estroncio disuelto en sector La Punta-La Brava.

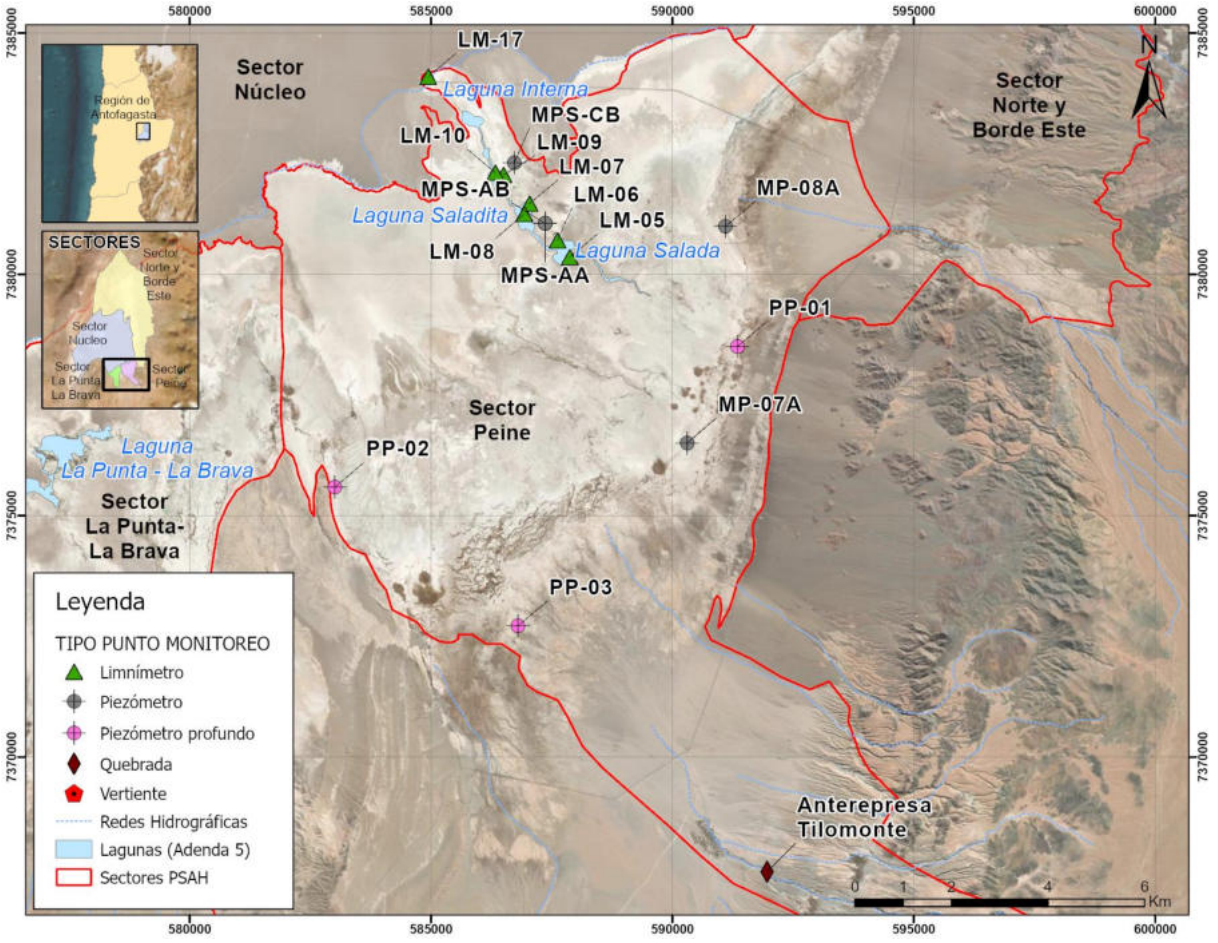


Fuente: Elaboración propia

5.8.2 Sector Peine

Los puntos de monitoreo pertenecientes al sector Peine se observan en la Figura 5-84. Se destaca que los puntos LM-05, LM-06, LM-09, MPS-AA, MPS-AB y MPS-CB solo poseen datos en julio, según lo indicado en Tabla 4-30.

Figura 5-84 Localización de los puntos de monitoreo Sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

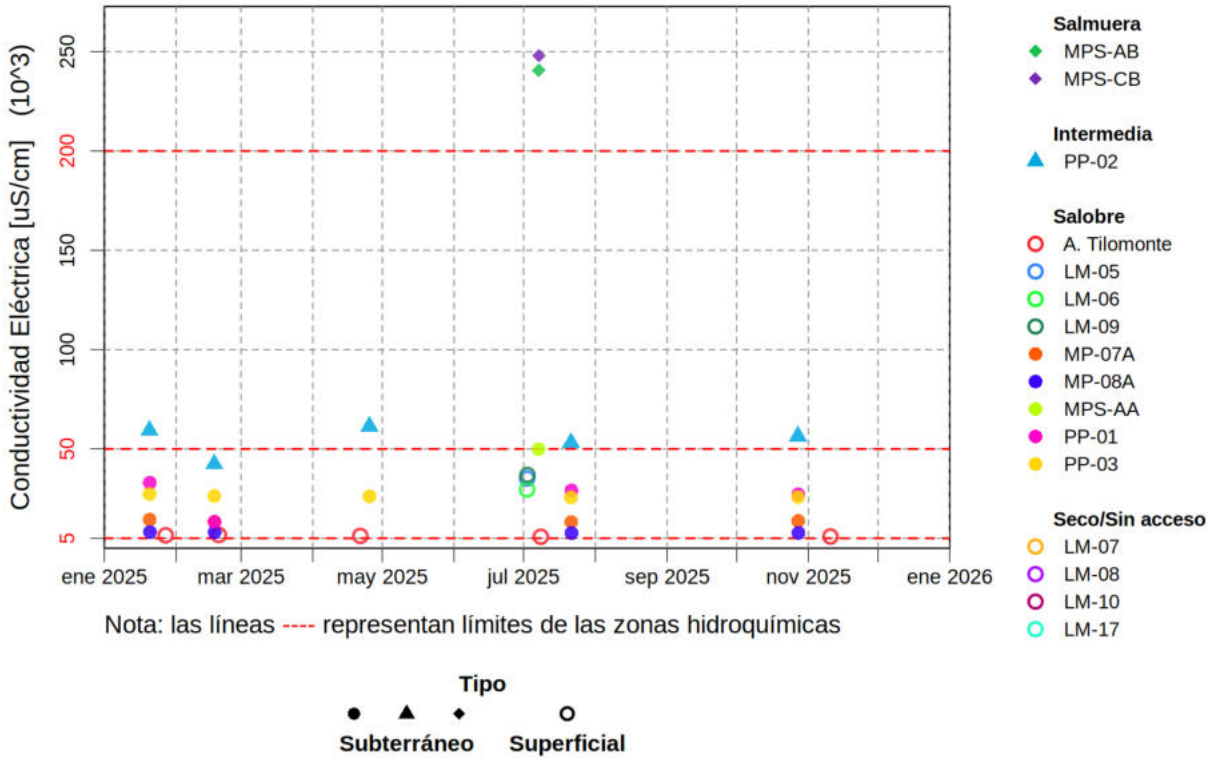
5.8.2.1 Parámetros Fisicoquímicos in situ

5.8.2.1.1 Conductividad eléctrica in situ

Respecto a la CE de terreno del sector Peine, se observan 2 comportamientos en puntos de monitoreo de aguas superficiales. Por un lado, se tienen los puntos LM-05, LM-06 y LM-09, que muestran CE entre 29.580 µS/cm en el punto LM-06 en julio y 36.880 µS/cm en el punto LM-09 también en julio, correspondientes a aguas salobres. Por otro lado, el punto de monitoreo Anterepresa Tilomonte posee CE menores, con una mediana de 6.201 µS/cm, el cual es notoriamente menor al resto de los puntos de monitoreo superficiales, pero aun clasificando como agua salobre. Este punto se ubica al sur del sector Peine, más alejado del Núcleo y donde recibe agua de las quebradas provenientes de la precordillera. Los puntos LM-07, LM-08, LM-10 y LM-17 se encuentran secos o sin acceso durante 2025.

Respecto a los puntos de monitoreo subterráneos, se destacan 3 comportamientos generales. Por un lado, se tienen los puntos MPS-AB y MPS-CB, los cuáles presentan valores de CE entre 240.700 µS/cm en julio y 248.000 µS/cm también en julio, clasificando como aguas de salmuera. Por otro lado, el punto PP-02 presenta valores de CE entre 42.370 µS/cm en febrero y 61.360 µS/cm en abril, lo cual indica que es aguas intermedias. Finalmente, los pozos PP-01, PP-03, MPS-AA, MP-07A y MP-08A poseen CE entre 7.680 µS/cm en el pozo MP-08A en julio y 49.880 µS/cm en el pozo MPS-AA en julio también, por lo cual se consideran aguas salobres. El comportamiento de aguas superficiales y subterráneas de CE durante el año 2025 se muestra en la Figura 5-85.

Figura 5-85 Conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Peine.



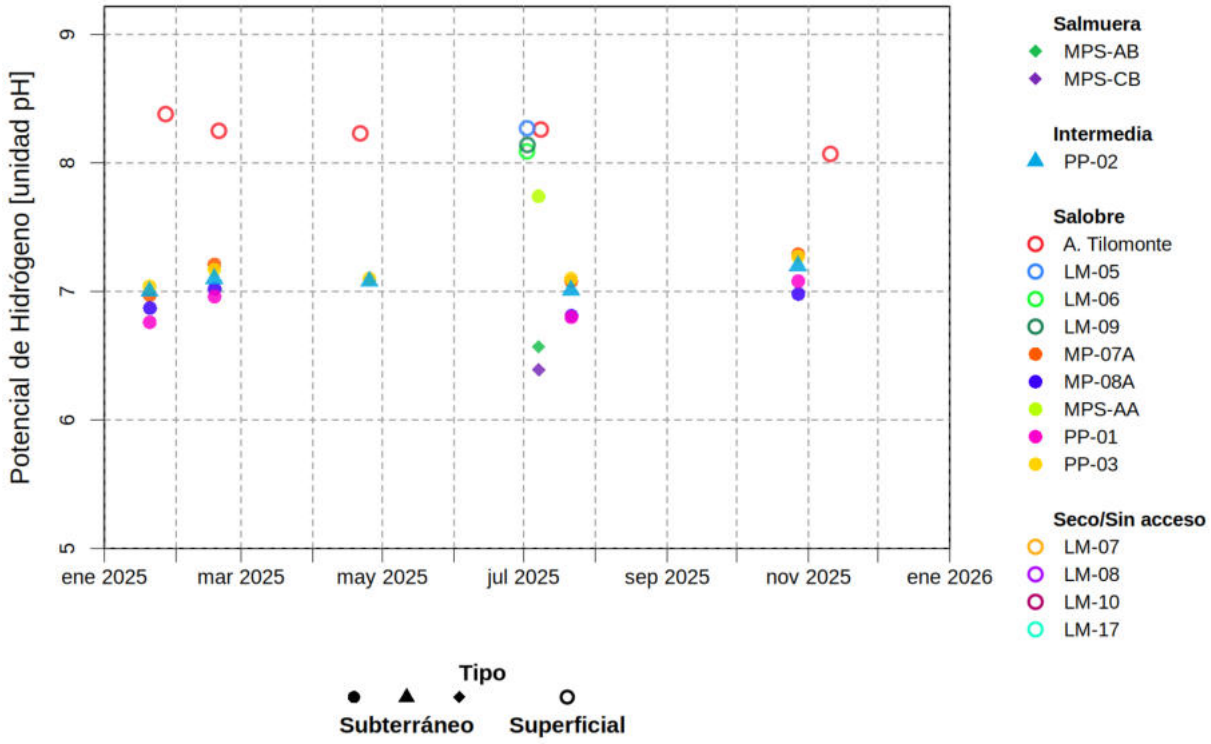
Fuente: Elaboración propia

5.8.2.1.2 pH in situ

Los resultados de pH de terreno para el Sector Peine muestran un comportamiento distintivo entre aguas superficiales y subterráneas. Las muestras con los pH más elevados corresponden a las aguas superficiales, con valores que llegan hasta 8,38 en el punto Anterepresa Tilopozo en enero y con mínimos de 8,07 en el mismo punto en noviembre.

Respecto a las aguas subterráneas, se identifican 2 grupos. El primero de ellos corresponde a las aguas subterráneas salobres e intermedias que poseen valores de pH más bajos que las aguas superficiales, entre 6,76 en el pozo PP-01 en enero y 7,74 en el pozo MPS-AA en julio. Los valores de pH de las aguas subterráneas de salmuera son más bajos aún, con mínimos de 6,39 y máximos de 6,57 ambos en julio. Las tendencias discutidas anteriormente se pueden observar en la Figura 5-86.

Figura 5-86 Variación pH *in situ* sector Peine

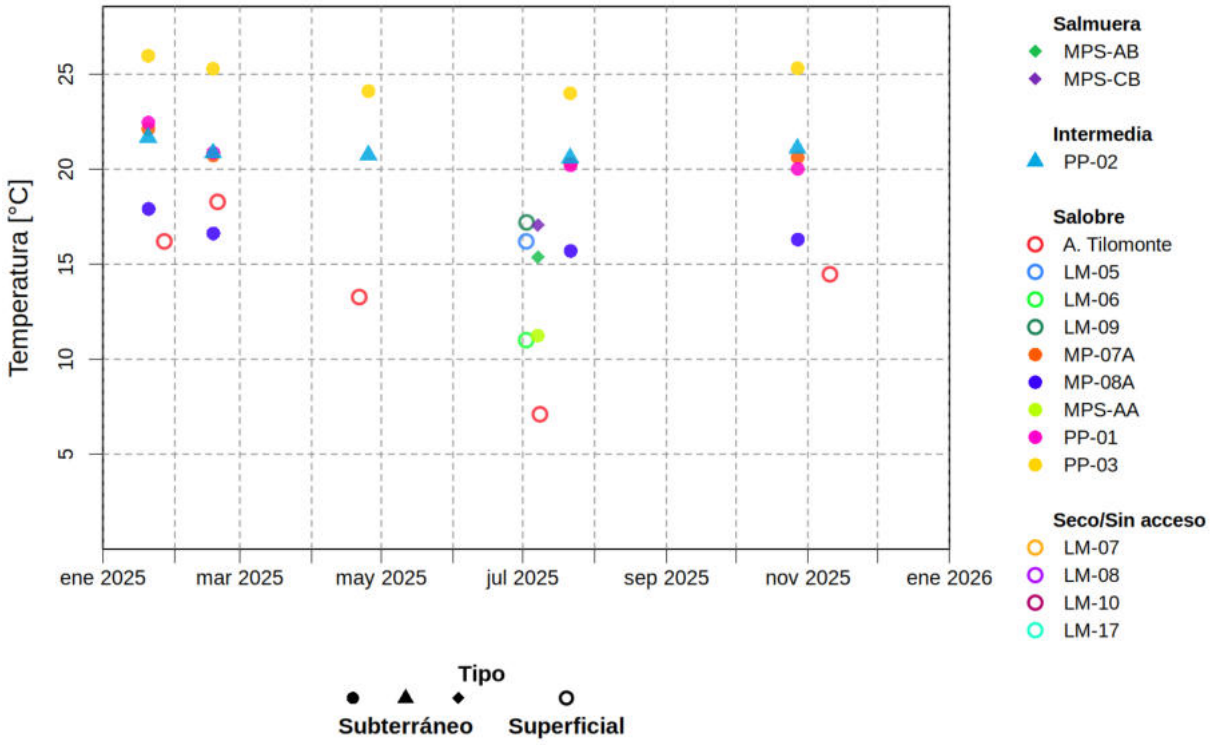


Fuente: Elaboración propia

5.8.2.1.3 Temperatura in situ

Los resultados de temperatura de terreno en las muestras del sector Peine indican que existe una variación estacional, con los mínimos detectados en el mes de julio y los máximos en el mes de enero. Respecto a las aguas superficiales, se puede observar que cuentan con las temperaturas más bajas analizadas, de 7,1 °C en punto Anterepresa Tilomonte para el mes de julio y las más altas de 18,28°C para el mismo punto en febrero. Respecto a las aguas subterráneas, estas cuentan con mínimos más altos que las aguas superficiales, de 11,24°C en el punto MPS-AA en julio y máximos más altos también, de 25,97°C en el pozo PP-03 en enero, sin una clara tendencia respecto al tipo de agua. El comportamiento de la temperatura se puede observar en la Figura 5-87.

Figura 5-87 Temperatura in-situ para sector Peine



Fuente: Elaboración propia

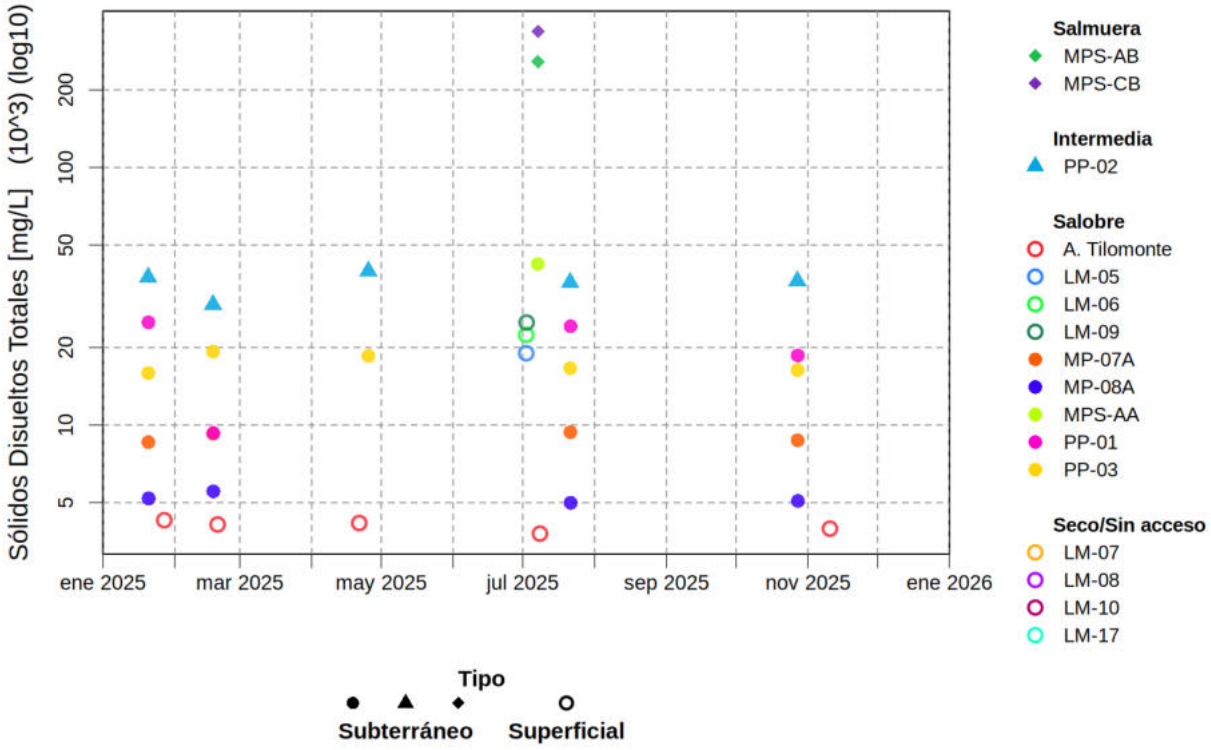
5.8.2.2 Parámetros Fisicoquímicos de Laboratorio

5.8.2.2.1 Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 5-88 se presentan los resultados de laboratorio del análisis de SDT en el Sector Peine. Respecto a las aguas superficiales, se observan 2 grupos principales. El primero corresponde a las aguas superficiales salobres de lagunas, las cuales presentan valores entre 19.000 mg/l en el punto LM-05 y 25.000 mg/l en el punto LM-09, ambos en julio. Por otro lado, el punto Anterepresa Tilomonte presenta SDT entre 3.788 mg/l en julio y 4.272 mg/l en enero.

Para las aguas subterráneas, se observa que existe un rango mucho más amplio en los SDT con mínimos de 4.992 mg/l en el pozo MP-08A en julio y máximos de 337.400 mg/l en el pozo MPS-CB también en julio. Las muestras subterráneas de salmuera (MPS-XXB) son las que poseen los valores más elevados, seguido de las aguas subterráneas salobres.

Figura 5-88 Variación Temporal de SDT en laboratorio, Sector Peine

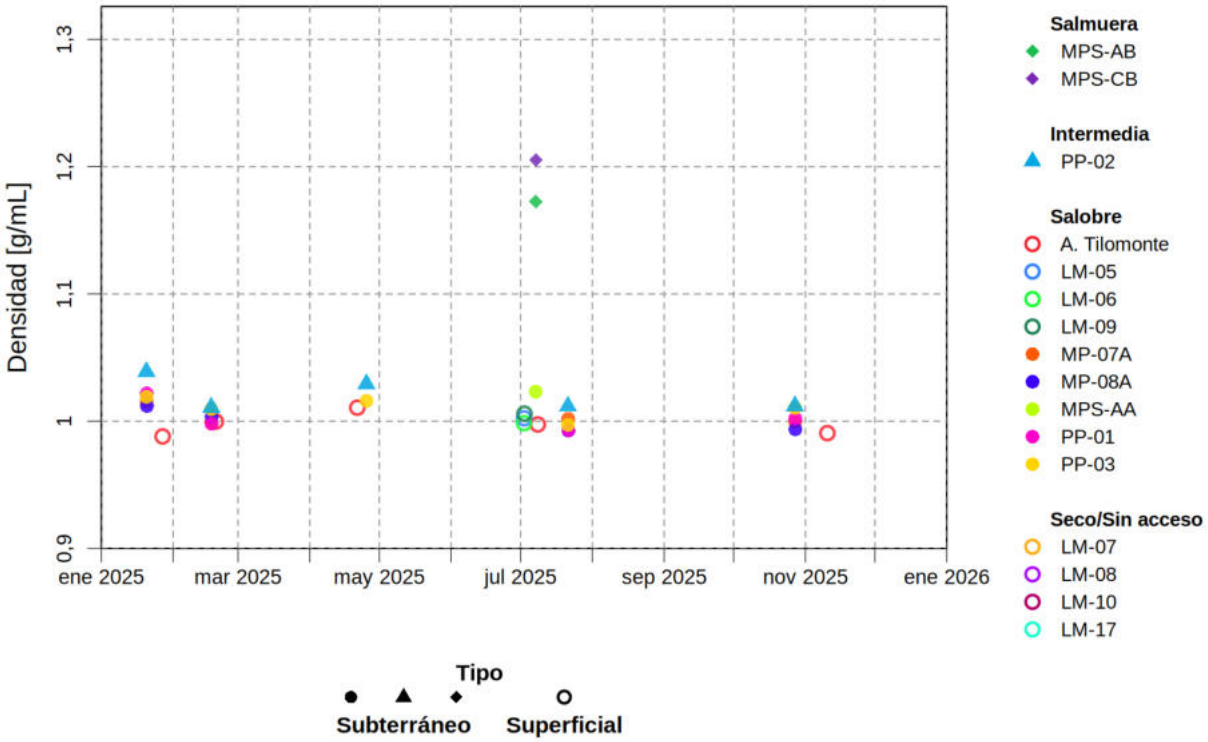


Fuente: Elaboración propia

5.8.2.2.2 Densidad

Con respecto a la densidad de las aguas superficiales, se tienen valores mínimos de 0,98 g/ml en el punto Anterepresa Tilomonte en enero y máximos de 1,01 g/ml en el mismo punto en abril. Por parte de las aguas subterráneas, presentan un rango de densidades más amplio que las aguas superficiales, con mínimos de 0,99 g/ml en el pozo MP-08A en abril y máximos de 1,2 g/ml en el pozo MPS-CB también en abril, en donde las muestras subterráneas de salmuera son notoriamente más densas que las aguas subterráneas dulces y salobres. Estos valores de densidad se observan en la Figura 5-89.

Figura 5-89 Variación Temporal Densidad en Laboratorio, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

5.8.2.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

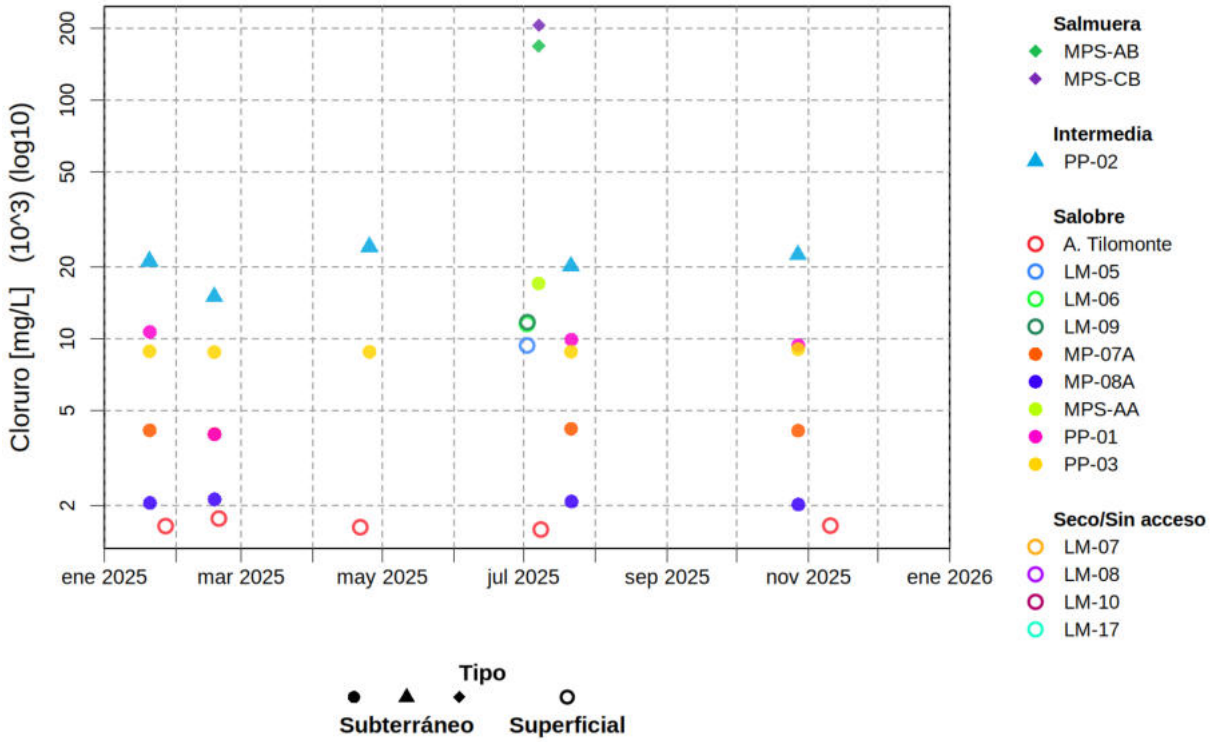
5.8.2.3.1 Aniones mayores

Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}).

Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores y responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT, con un rango mucho más amplio en aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales (dada la presencia de pozos con salmuera). Las aguas superficiales presentan mínimos en las concentraciones de cloruro de 1.586,3 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en julio y máximos de 11.739,4 mg/l en el punto LM-09 también en julio.

Respecto a las aguas subterráneas, poseen mínimos de 2.018,5 mg/l en el pozo MP-08A en octubre y máximos de 205.820,2 mg/l en el pozo MPS-CB en julio, con las concentraciones de cloruro notoriamente más altas en muestras subterráneas de salmuera, respecto a las aguas subterráneas salobres e intermedias. La variación de las concentraciones de cloruro se observa en la Figura 5-90.

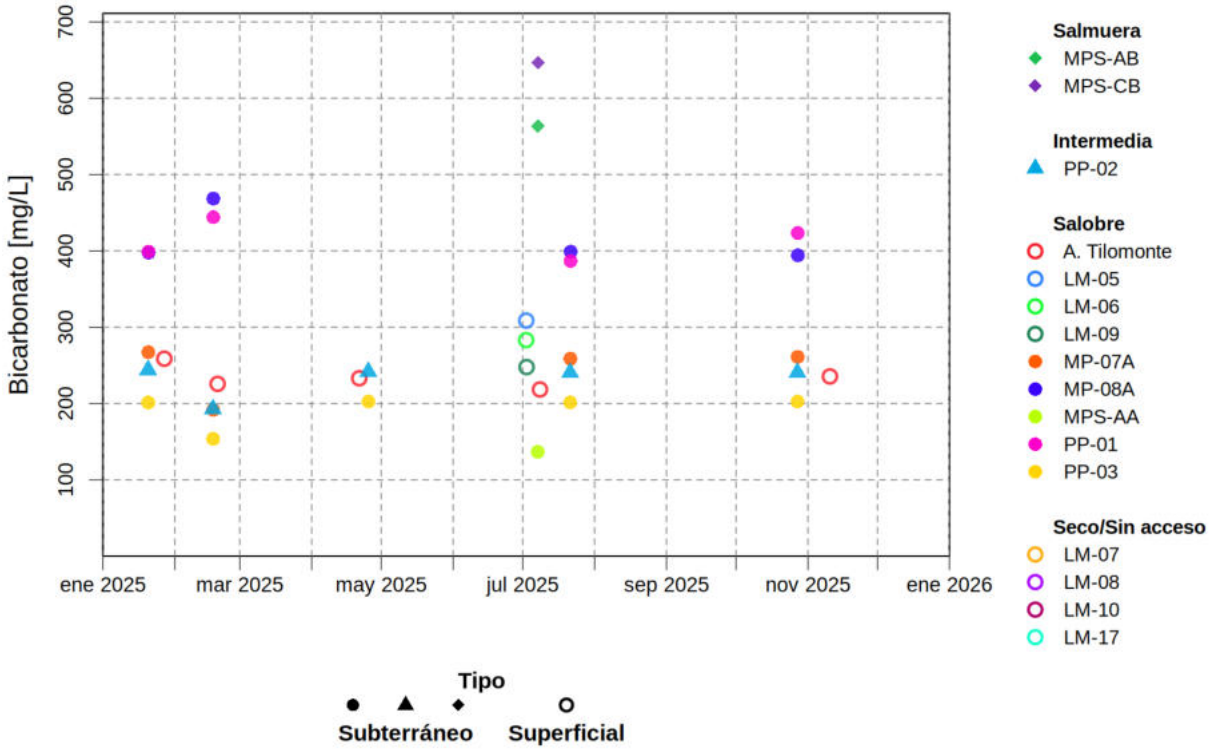
Figura 5-90 Concentraciones de cloruro en muestras del sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de bicarbonatos en las aguas superficiales se presentan concentraciones de bicarbonato con un mínimo de 218,38 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en julio y un máximo de 308,66 en el punto LM-05 en julio también. Las aguas subterráneas poseen mínimos de 136,64 mg/l en el pozo MPS-AA en julio y máximos de 646,6 mg/l en el punto MPS-CB también en julio. Las muestras subterráneas de salmuera (MPS-XXB) presentan mayores concentraciones en comparación a las aguas subterráneas salobres e intermedias. Las concentraciones de bicarbonato se observan en la Figura 5-91.

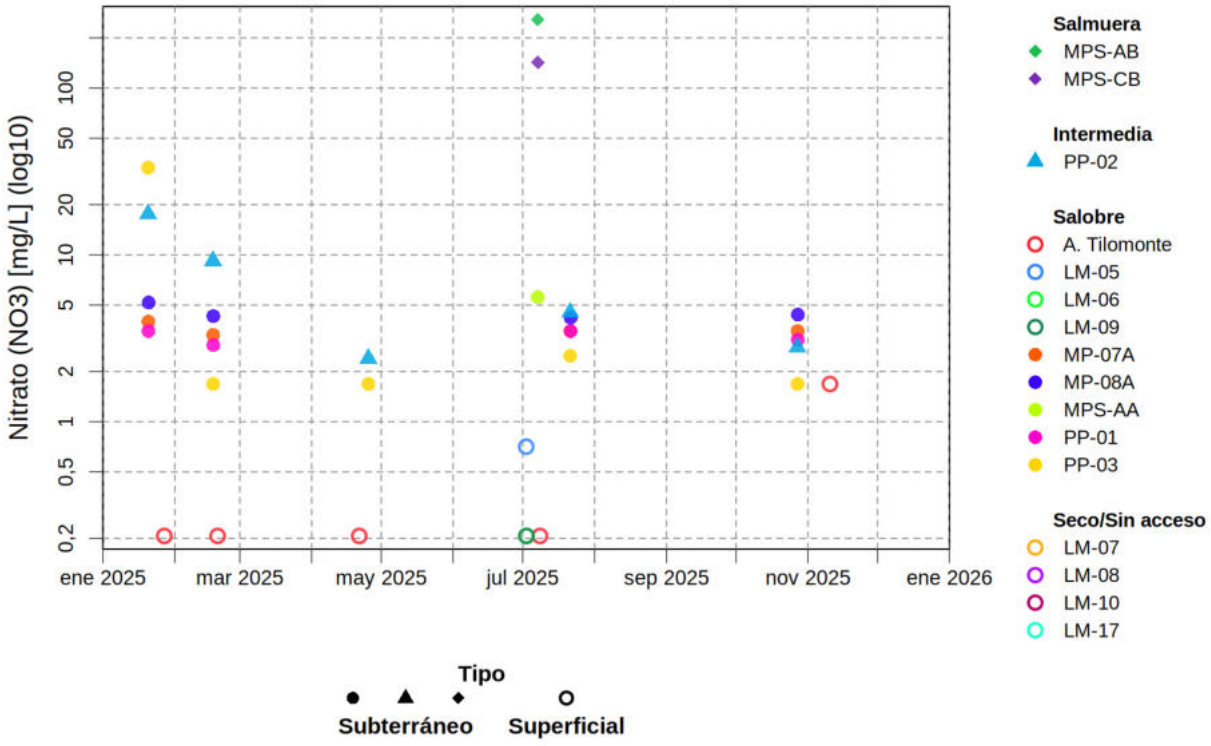
Figura 5-91 Concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

Los valores del nitrato presentan gran variabilidad entre aguas superficiales y subterráneas. En aguas superficiales se tienen concentraciones de nitrato menores, con mínimos bajo 0,62 mg/l (límite de detección) y máximos de 1,68 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en noviembre, sin una tendencia clara entre los distintos tipos de agua. Respecto a las aguas subterráneas, los mínimos son de 1,68 mg/l en el punto PP-03 en febrero, abril y octubre y máximos que llegan a 256,89 mg/l en el punto MPS-AB en julio. Destacan altas concentraciones de nitrato en aguas subterráneas de salmuera. Las concentraciones de nitrato se observan en la Figura 5-92.

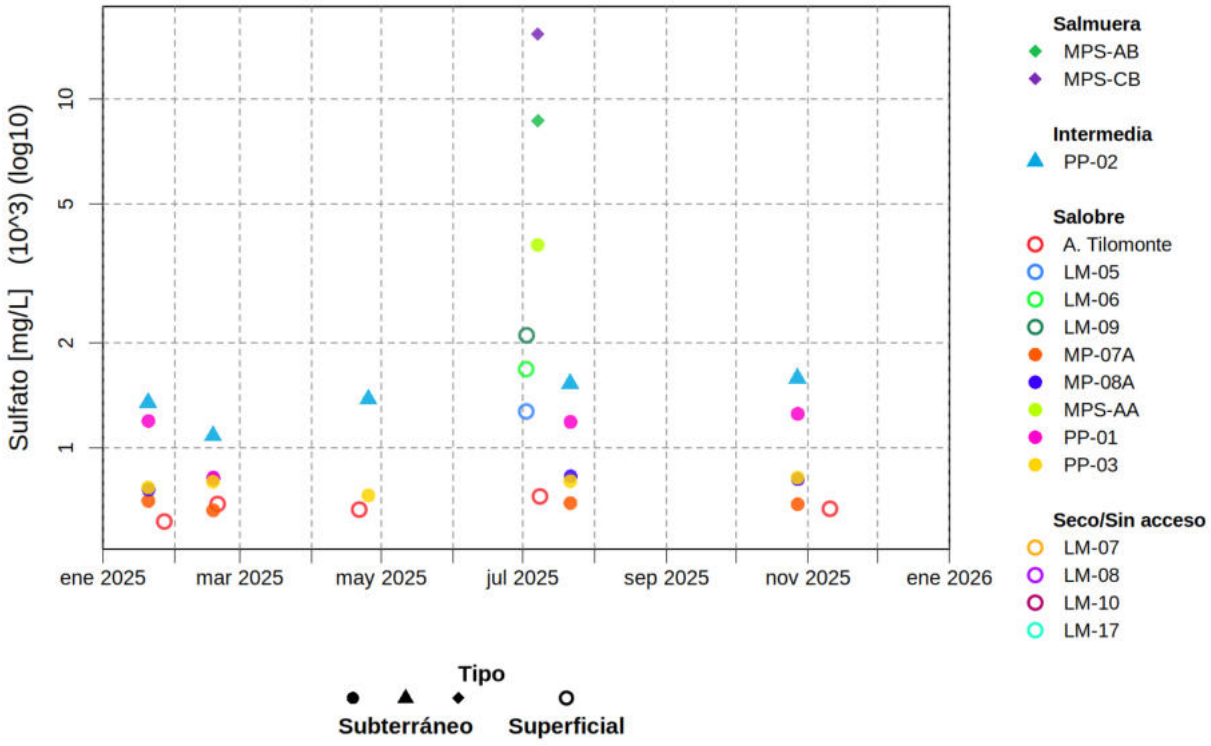
Figura 5-92 Concentraciones de nitrato en muestras del sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sulfatos, al igual que en el caso de los cloruros, existe un rango mucho más amplio en las aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales. Las aguas superficiales poseen mínimos de 614,8 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en enero y máximos de 2.101,9 mg/l en el punto LM-09 en julio. Respecto a aguas subterráneas, se tienen concentraciones de sulfato mínimas de 662,2 mg/l en el punto MP-07A en febrero y valores máximos de 15.349,5 mg/l en el punto MPS-CB en julio (Salmuera), con las concentraciones más altas en las aguas subterráneas de salmuera. Las concentraciones de sulfato se pueden observar en la Figura 5-93.

Figura 5-93 Concentraciones de sulfato en sector Peine



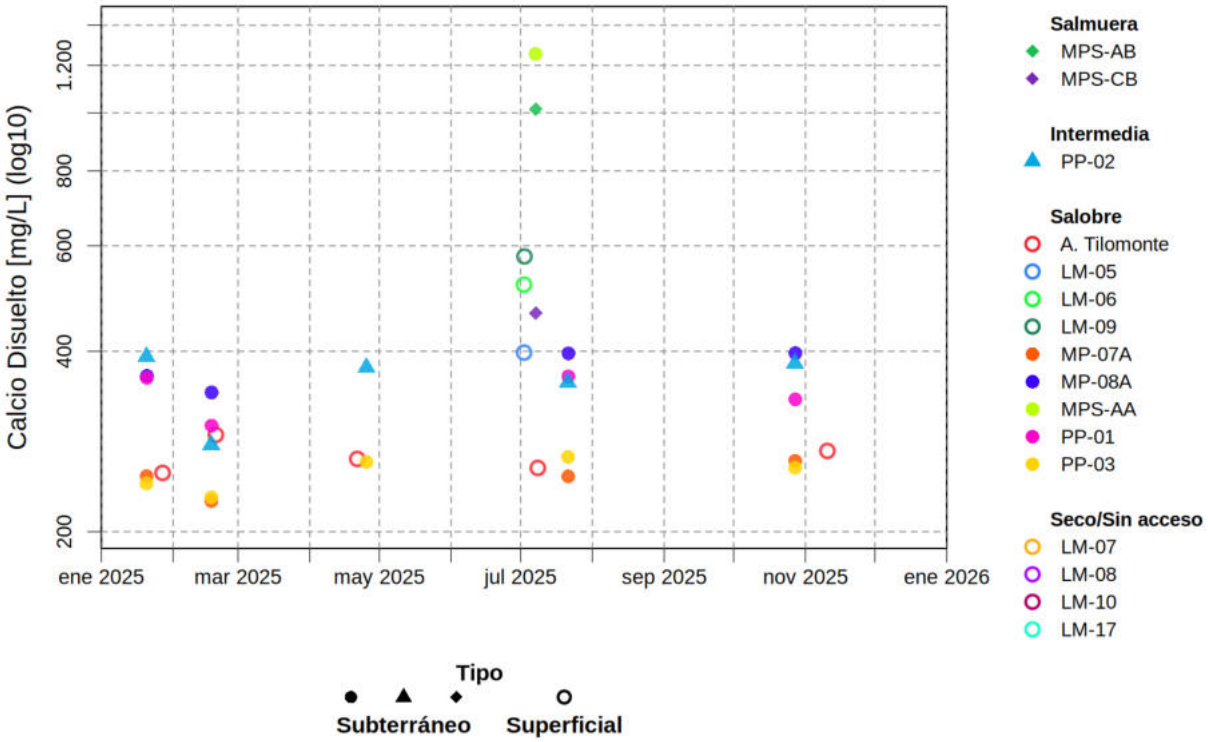
Fuente: Elaboración propia

5.8.2.3.2 Cationes mayores

Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}).

Las concentraciones de calcio disuelto presentan un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 250,7 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en enero y un máximo de 575,9 mg/l en el punto LM-09 en julio. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de calcio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 225,6 mg/l en el punto MP-07A en febrero y máximos de 1.254,1 mg/l en el punto MPS-AA en julio. Las concentraciones de calcio disuelto se observan en la Figura 5-94.

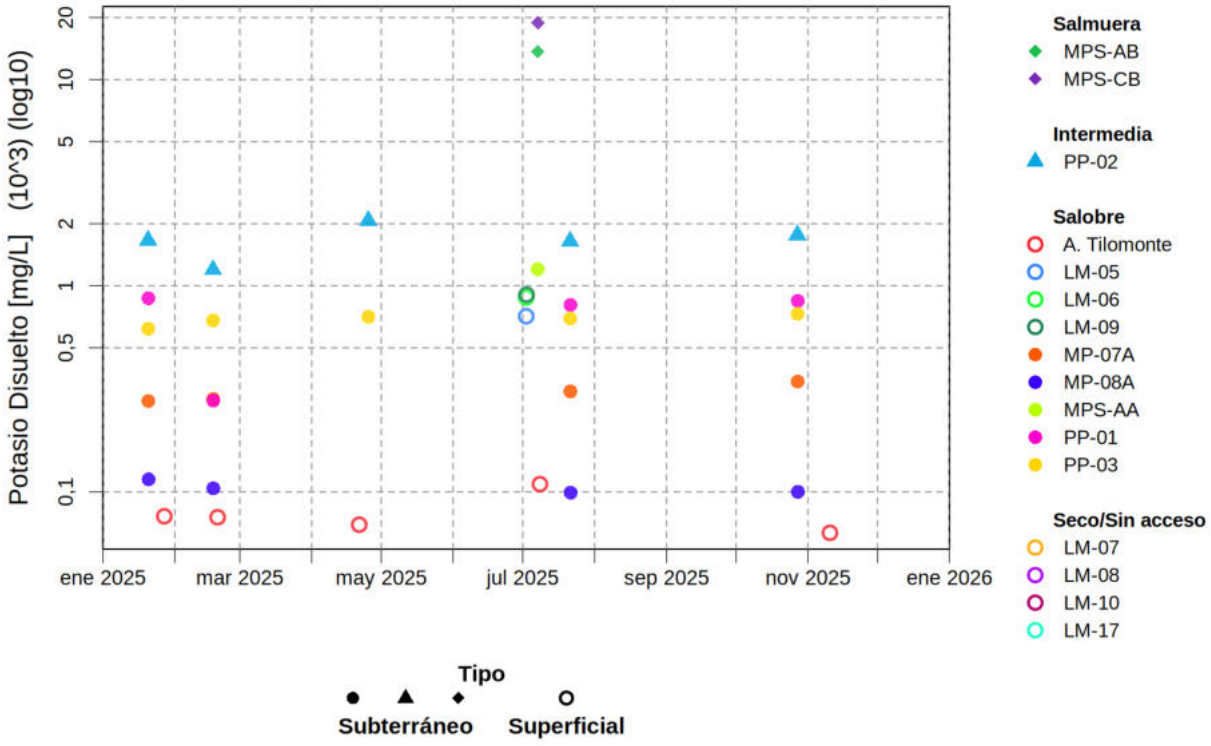
Figura 5-94 Concentraciones de calcio disuelto en sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

El potasio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 63,27 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en noviembre y un máximo de 905 mg/l en el punto LM-09 en julio. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 99,07 mg/l en el punto MP-08A en julio y máximos de 18.873 mg/l en el punto MPS-CB en julio también. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de potasio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres e intermedias. Las concentraciones de potasio disuelto se observan en la Figura 5-95.

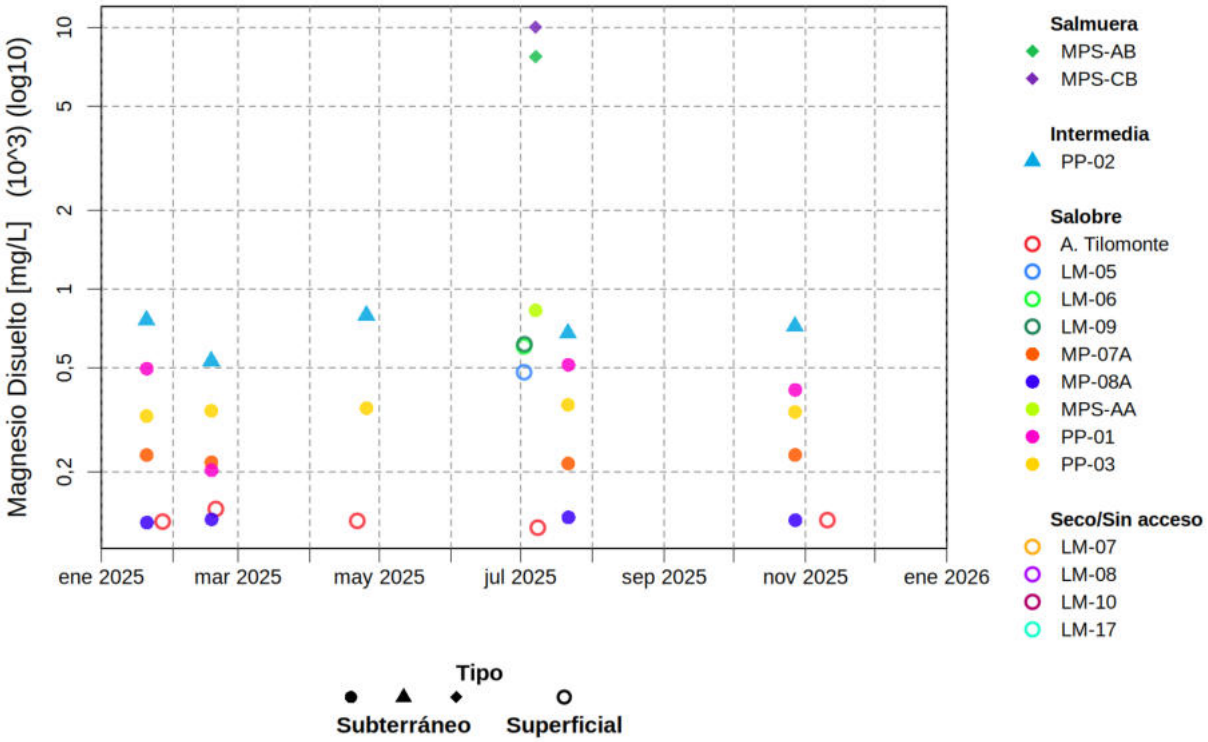
Figura 5-95 Concentraciones de potasio disuelto en sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

El magnesio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 122,31 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en julio y un máximo de 615,4 mg/l en el punto LM-09 en julio también. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 127,94 mg/l en el punto MP-08A en enero y máximos de 10.034,2 mg/l en el punto MPS-CB en julio. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de magnesio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de magnesio disuelto se observan en la Figura 5-96.

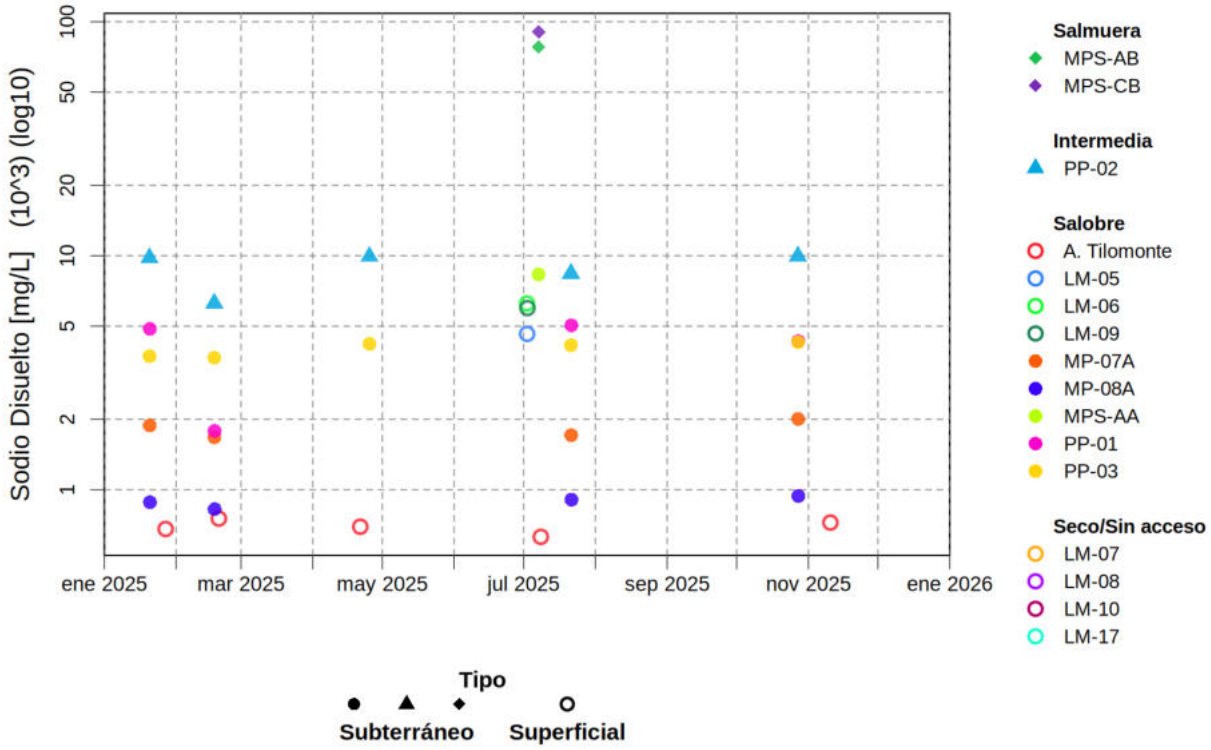
Figura 5-96 Concentraciones de magnesio disuelto en sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

El sodio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 628,87 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en julio y un máximo de 6.253,6 mg/l en el punto LM-06 en julio también. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 825,3 mg/l en el punto MP-08A en febrero y máximos de 90.539,4 mg/l en el punto MPS-CB en julio (Salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de sodio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. No se observa una estacionalidad clara en las muestras en 2025. Las concentraciones de sodio disuelto se observan en la Figura 5-97.

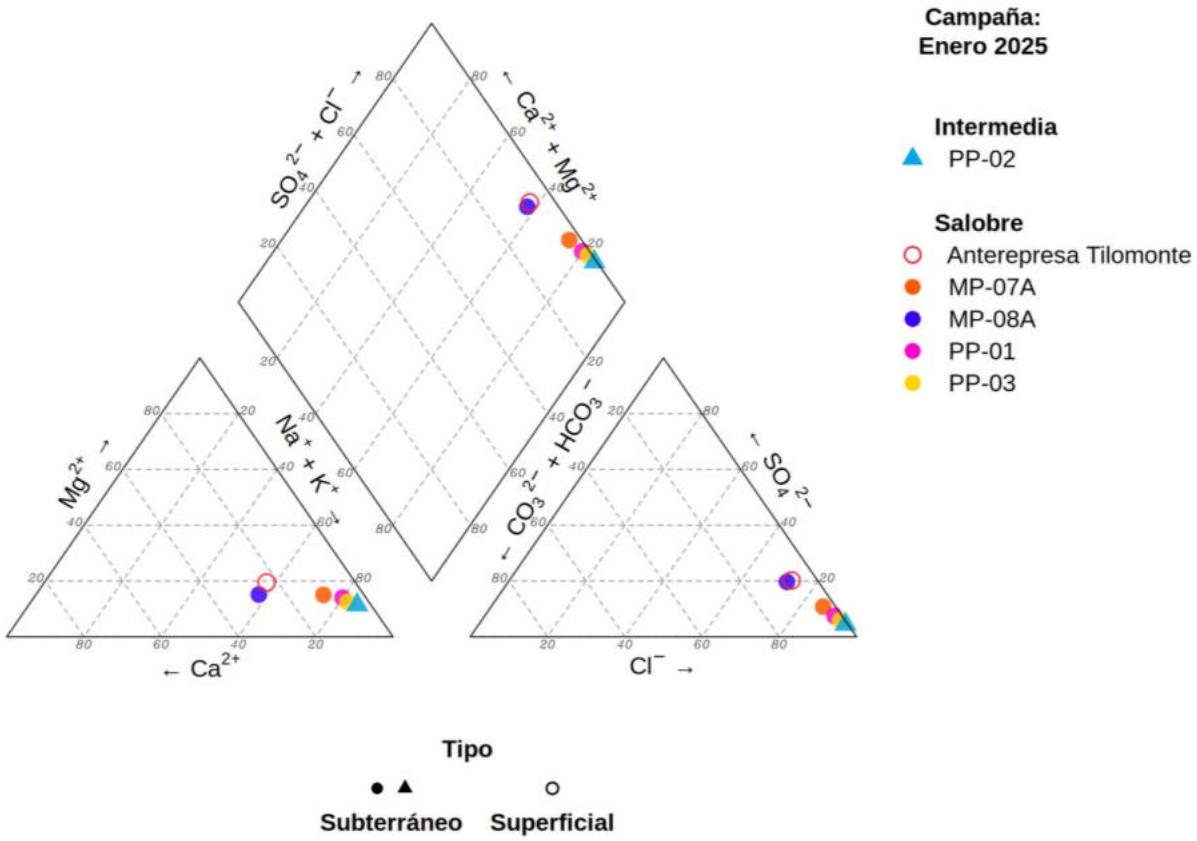
Figura 5-97 Concentraciones de sodio disuelto en sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

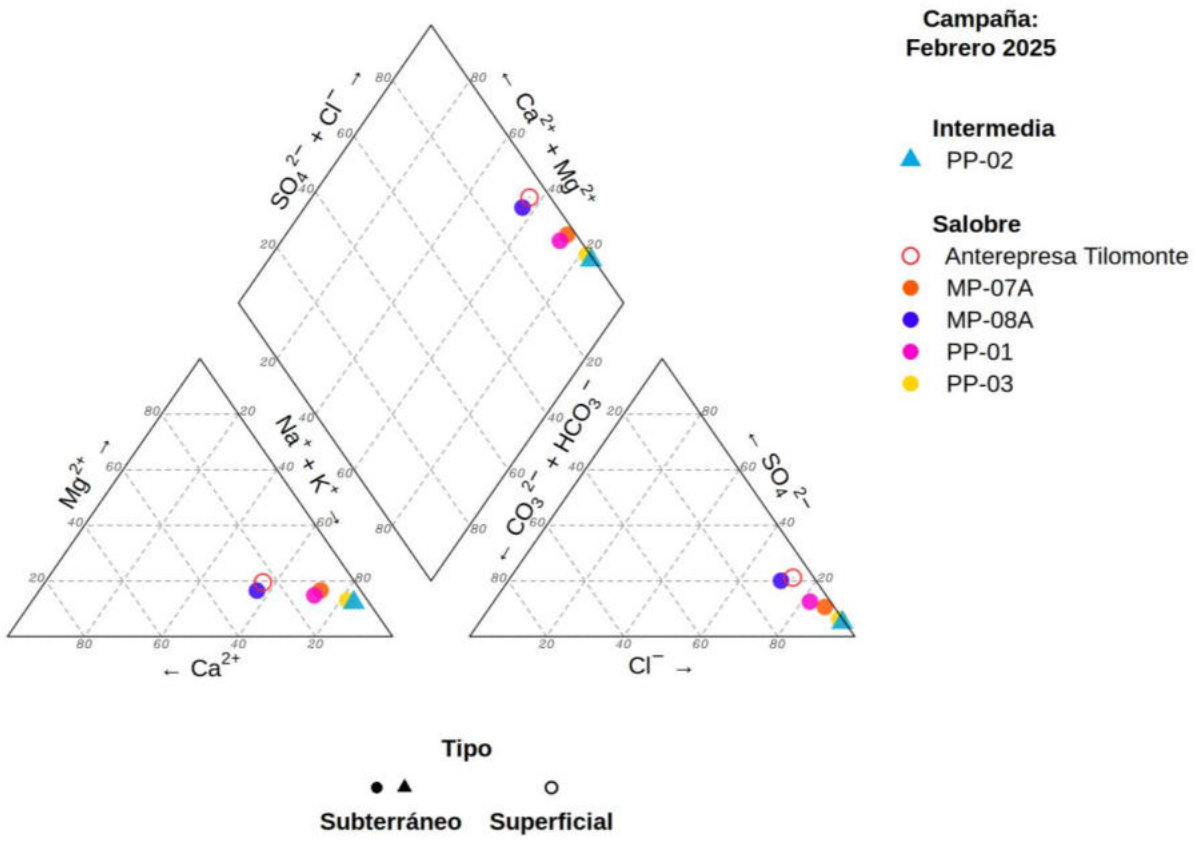
Desde la Figura 5-98 a la Figura 5-102, se presentan Diagramas de Piper con las clasificaciones de composición de las aguas de acuerdo con sus concentraciones de elementos mayores, para las campañas de enero, febrero, abril, julio, octubre-noviembre de 2025. Se puede observar que las muestras corresponden al tipo de cloruradas sódicas. La variación en los contenidos porcentuales de los elementos principales entre las diferentes campañas no ha sido significativa, y su clasificación se mantiene constante a lo largo de las campañas del año 2025.

Figura 5-98 Diagrama de Piper, campaña enero 2025, Sector Peine



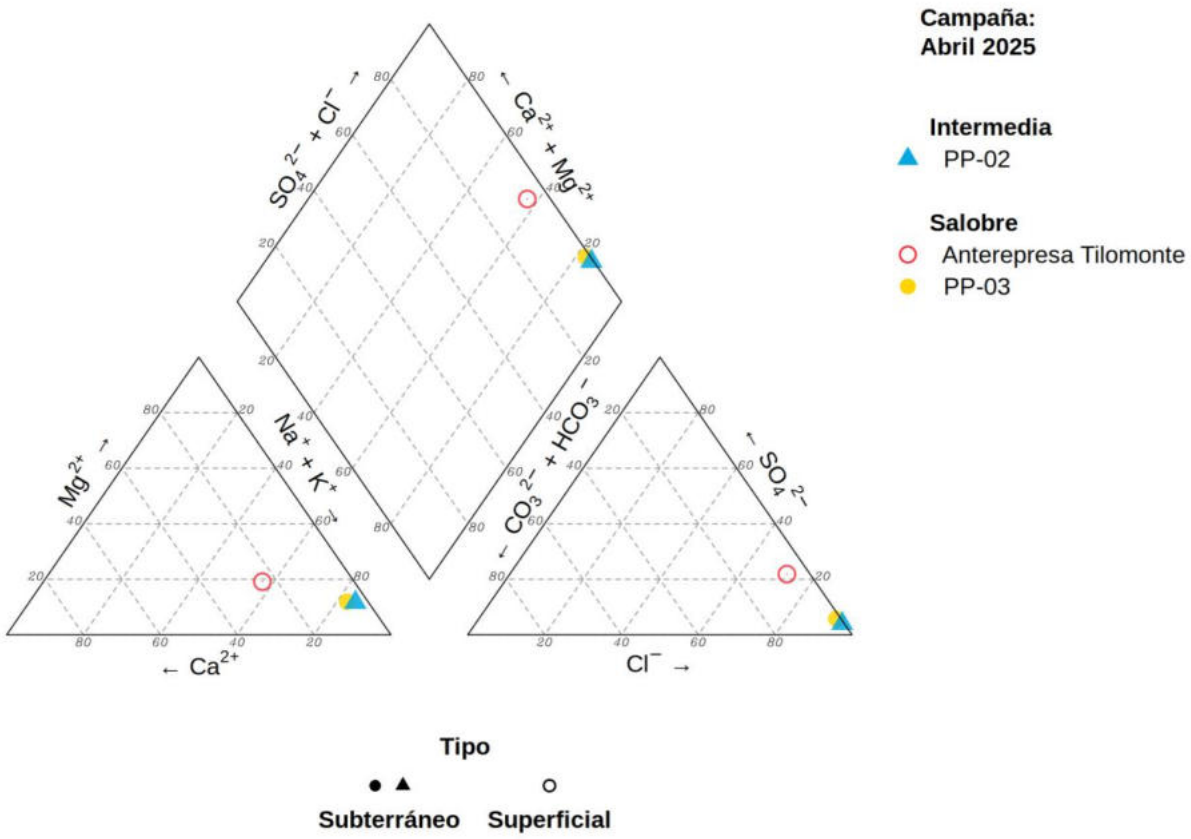
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-99 Diagrama de Piper, campaña febrero 2025, Sector Peine



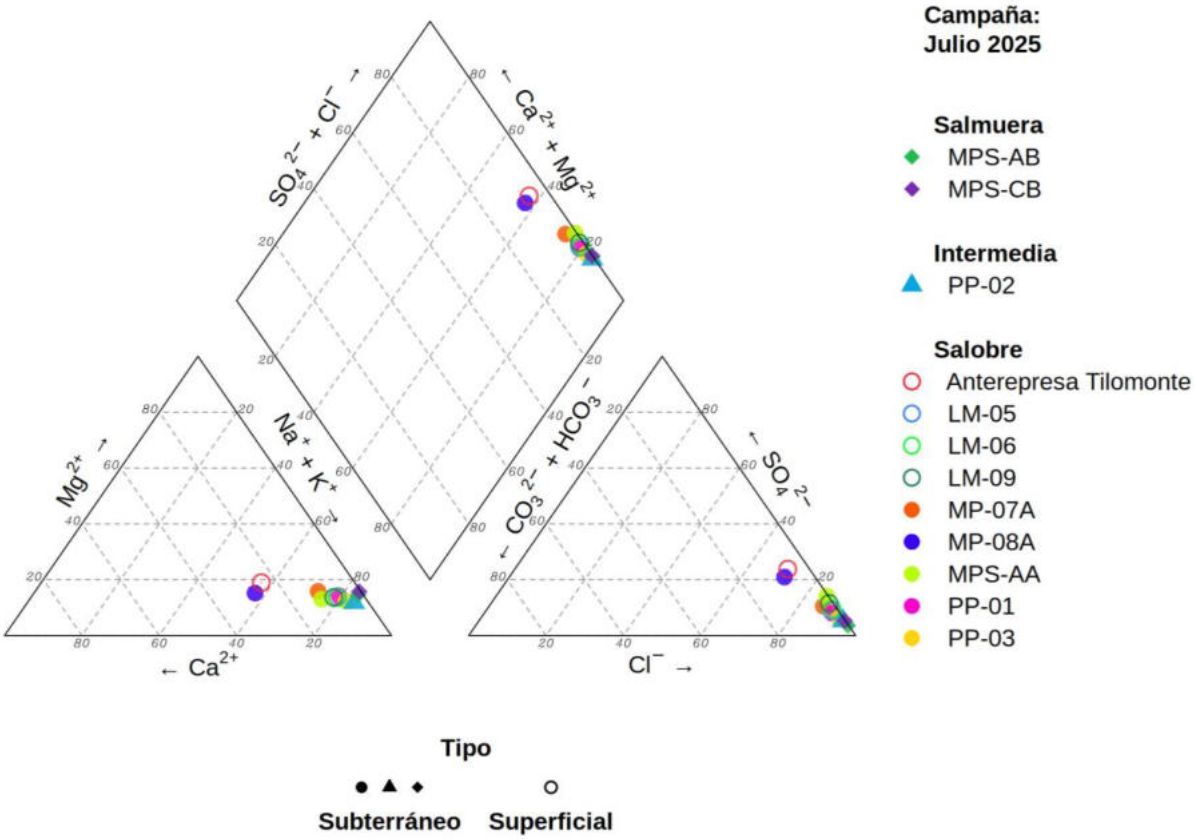
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-100 Diagrama de Piper, campaña abril 2025, Sector Peine



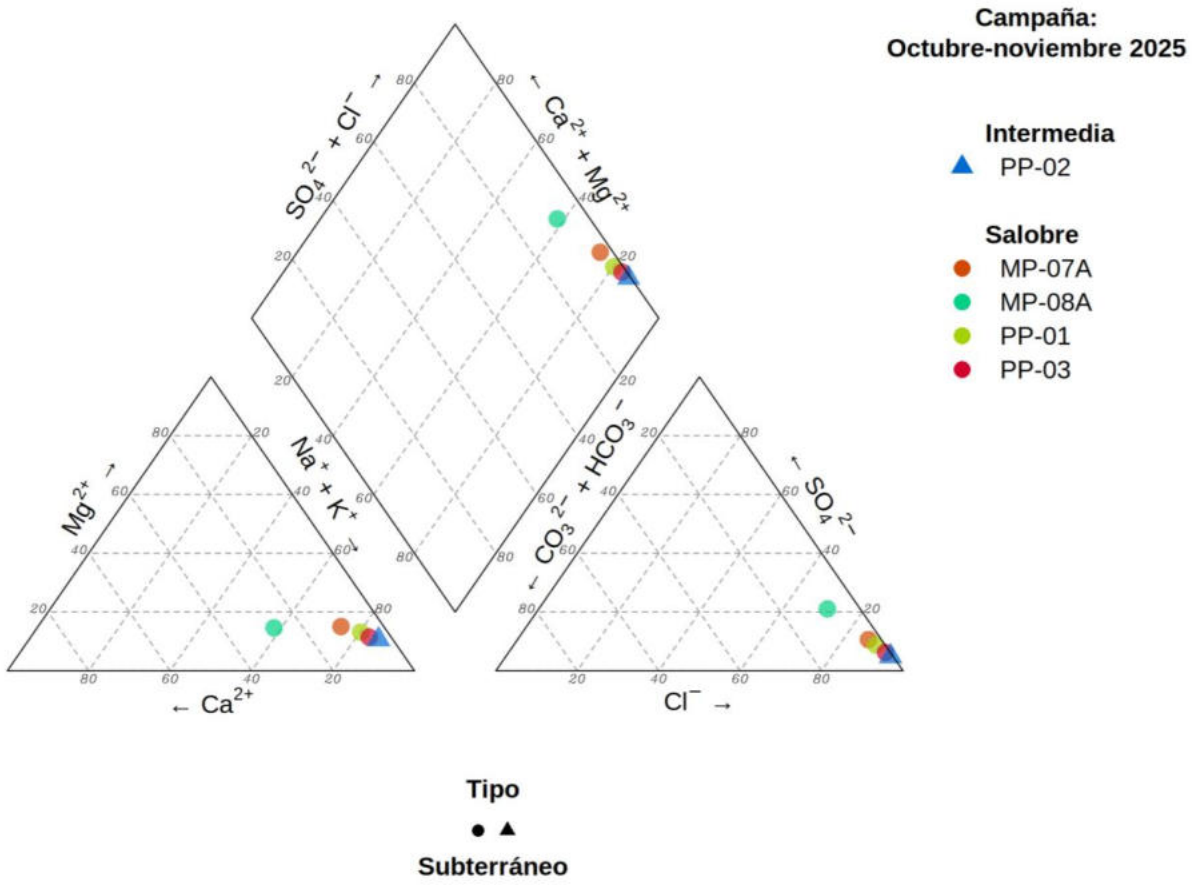
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-101 Diagrama de Piper, campaña julio 2025, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-102 Diagrama de Piper, campaña octubre-noviembre 2025, Sector Peine



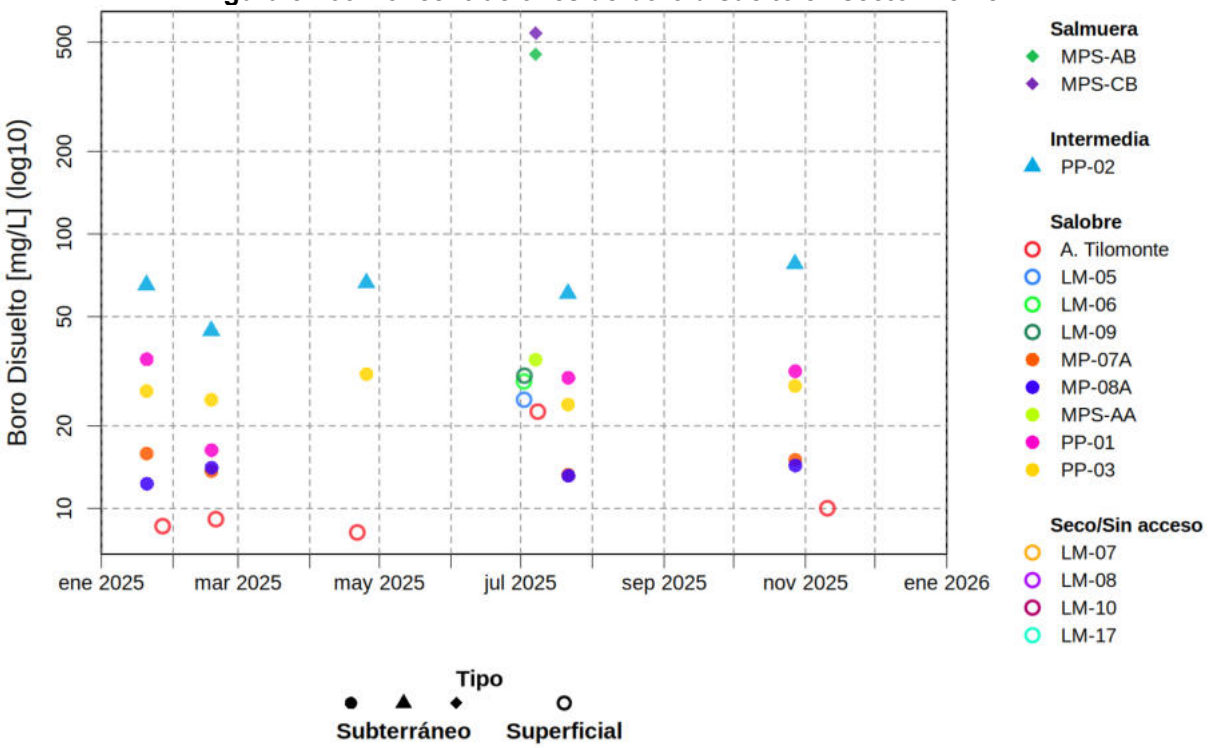
Fuente: Elaboración propia

5.8.2.4 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Los elementos minoritarios y trazas que se analizan corresponden a Boro (B^{3+}), Litio (Li^{+}) y Estroncio (Sr^{2+}).

El boro disuelto muestra un rango de variación acotado para las aguas superficiales de entre un mínimo de 8,18 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en abril y un máximo de 30,46 mg/l en el punto LM-09 en julio. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 12,31 mg/l en el punto MP-08A en enero y máximos de 539 mg/l en el punto MPS-CB en julio (salmuera). Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de boro disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. No se observa una estacionalidad clara en las muestras en 2025. Las concentraciones de boro disuelto se observan en la Figura 5-103.

Figura 5-103 Concentraciones de boro disuelto en sector Peine.

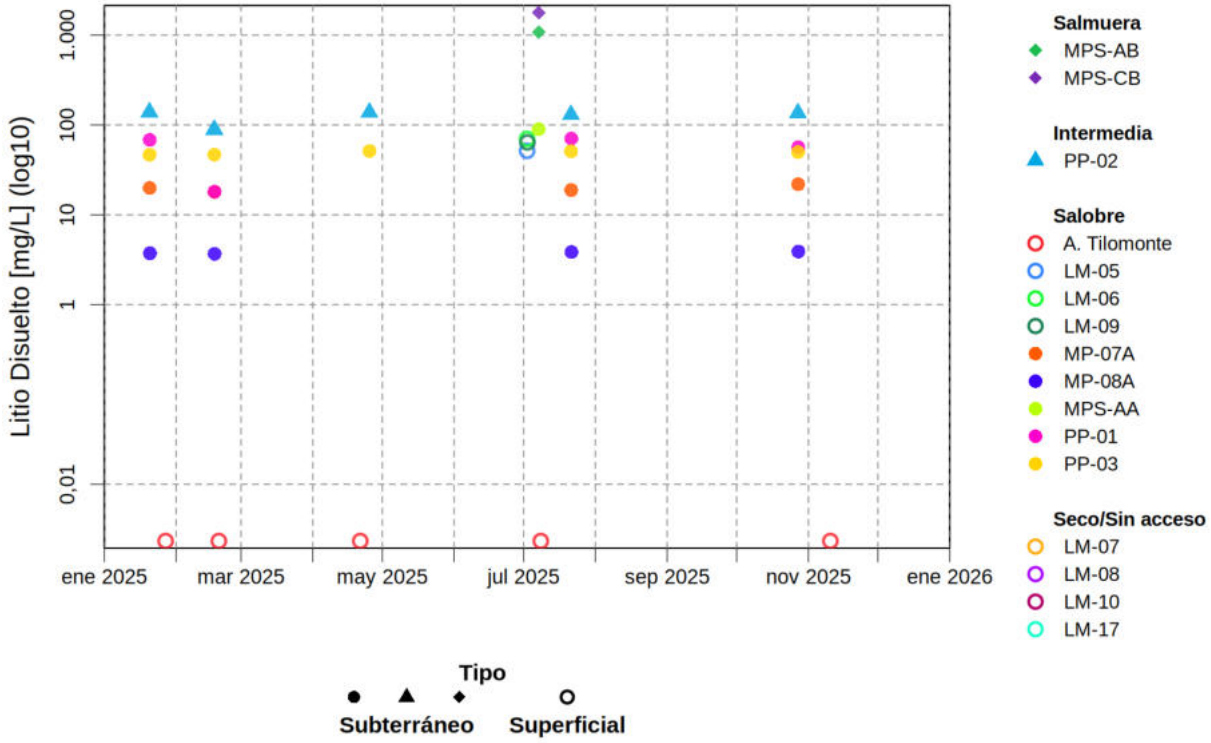


Fuente: Elaboración propia

El litio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo bajo 0,007 mg/l (límite de detección) en el punto Anterepresa Tilomonte y un máximo de 70 mg/l en el punto LM-06 en julio. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 3,68 mg/l en el punto MP-08A en febrero y máximos de 1.783 mg/l en el punto MPS-CB en julio. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de litio disuelto superiores a las de aguas subterráneas salobres e intermedias. No se observa

una estacionalidad clara en las muestras en 2025. Las concentraciones de litio disuelto se observan en la Figura 5-104.

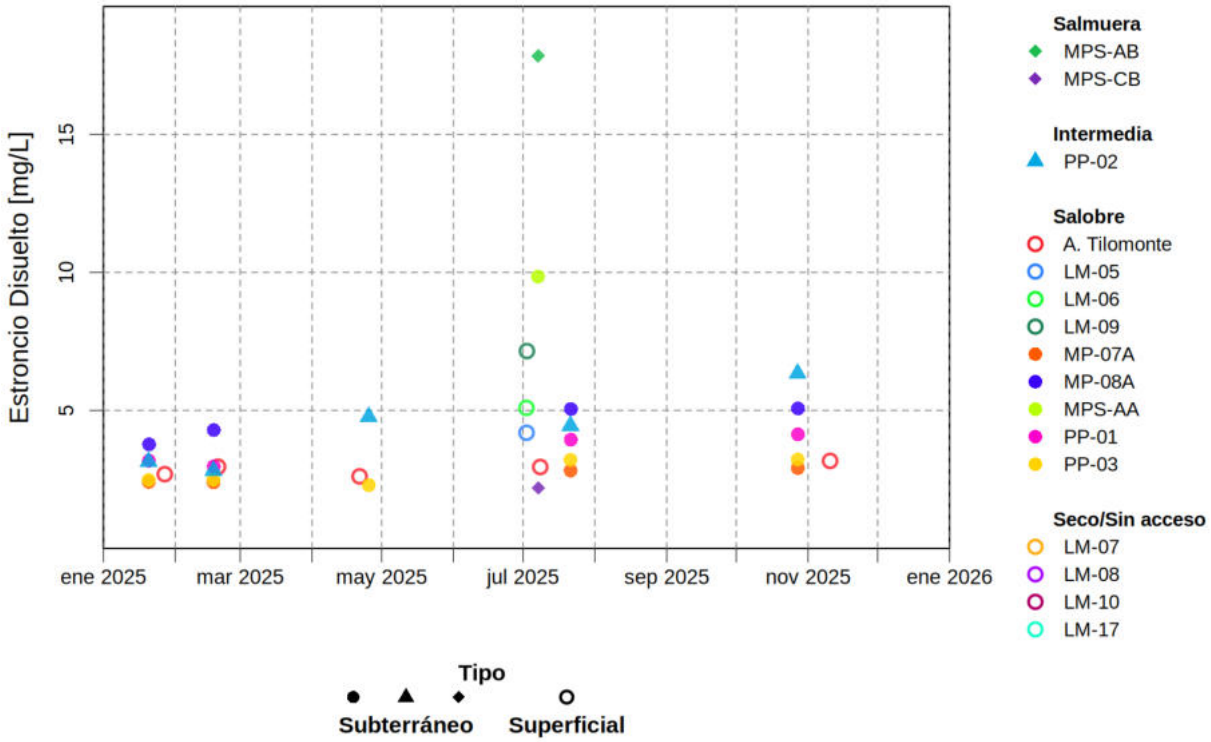
Figura 5-104 Concentraciones de litio disuelto en sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

El estroncio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 2,61 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte en abril y un máximo de 7,15 mg/l en el punto LM-09 en julio. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 2,19 mg/l en el punto MPS-CB y máximos de 17,85 mg/l en el punto MPS-AB, ambas mediciones de julio. Las concentraciones de estroncio disuelto se observan en la Figura 5-105.

Figura 5-105 Concentraciones de estroncio disuelto en sector Peine.

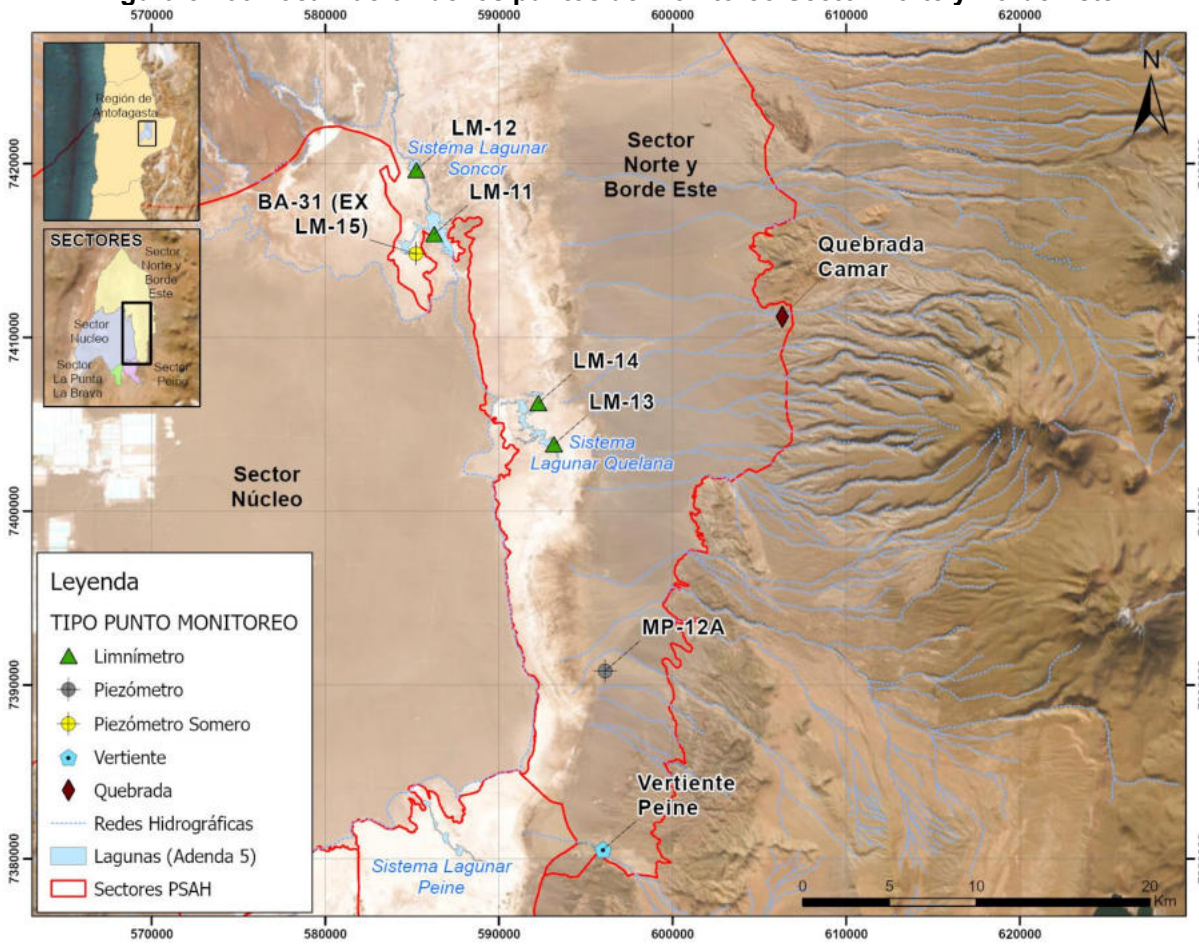


Fuente: Elaboración propia

5.8.3 Sector Norte y Borde Este

Los puntos de monitoreo pertenecientes al sector Norte y Borde Este se observan en la Figura 5-106.

Figura 5-106 Localización de los puntos de monitoreo Sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

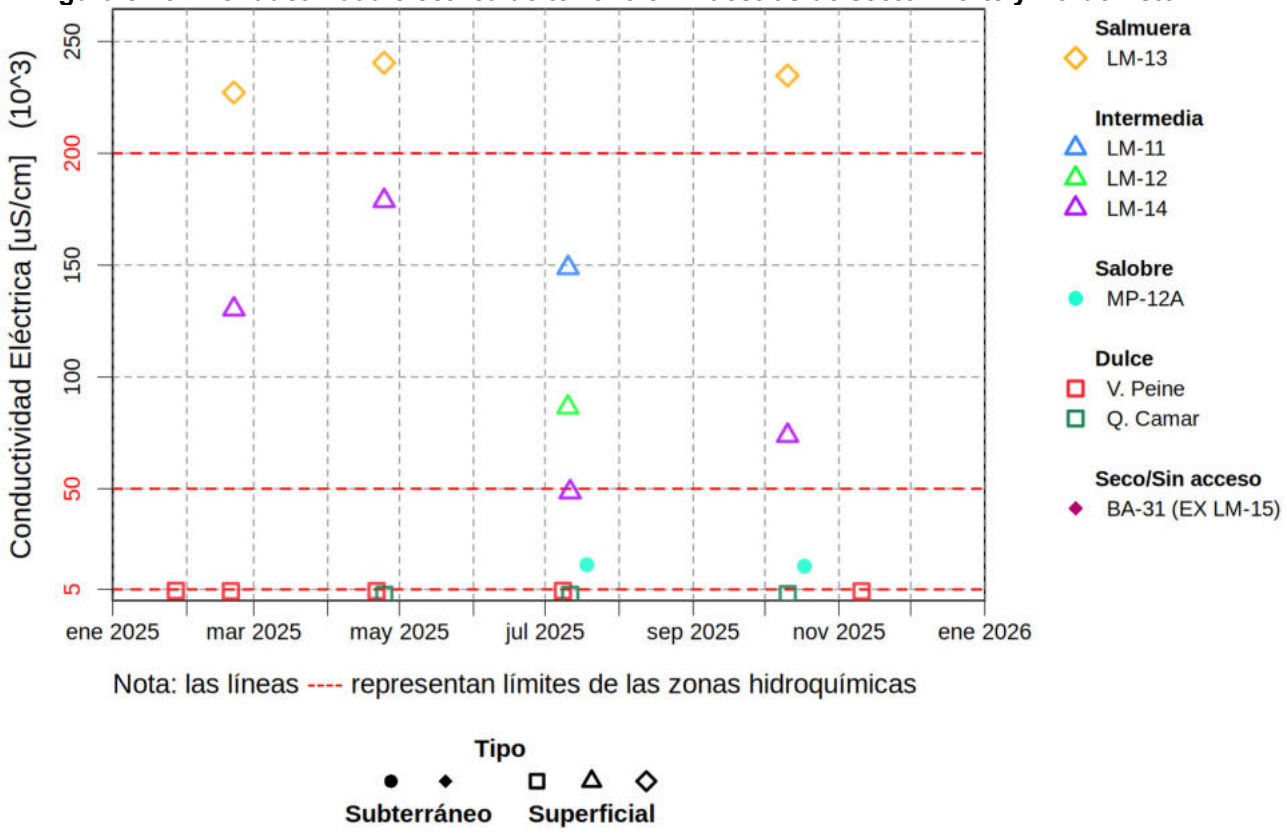
5.8.3.1 Parámetros Fisicoquímicos in situ

5.8.3.1.1 Conductividad eléctrica in situ

La CE del sector Norte y Borde Este no muestra una estacionalidad clara y presenta una marcada diferencia entre las aguas superficiales de lagunas y vertientes, con 3 tendencias principales. La primera de ellas está representada por el punto LM-13, con CE entre 227.200 µS/cm en febrero y 240.500 µS/cm en abril, lo cual la clasifica como agua de salmuera. El segundo comportamiento de aguas superficiales comprende los puntos LM-11, LM-12 y LM-14, los cuales poseen CE entre 48.540 µS/cm (LM-14 en julio) y 178.800 µS/cm (LM-14 en abril), por lo cual se consideran aguas intermedias. Finalmente, se tiene el agua de Vertiente Peine y Quebrada Camar, con CE entre 2.623 µS/cm (Quebrada Camar en abril) y 4.401 µS/cm (Vertiente Peine en enero), por lo cual se consideran agua dulce.

Respecto a las muestras representativas de aguas subterráneas, solo se tiene el pozo MP-12A, ya que el punto BA-31 se encuentra seco durante 2025. El pozo MP-12A posee CE entre 15.400 µS/cm en octubre y 16.040 µS/cm en septiembre, clasificándose como agua salobre. El comportamiento de las muestras superficiales y subterráneas se detalla en la Figura 5-107.

Figura 5-107 Conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este.

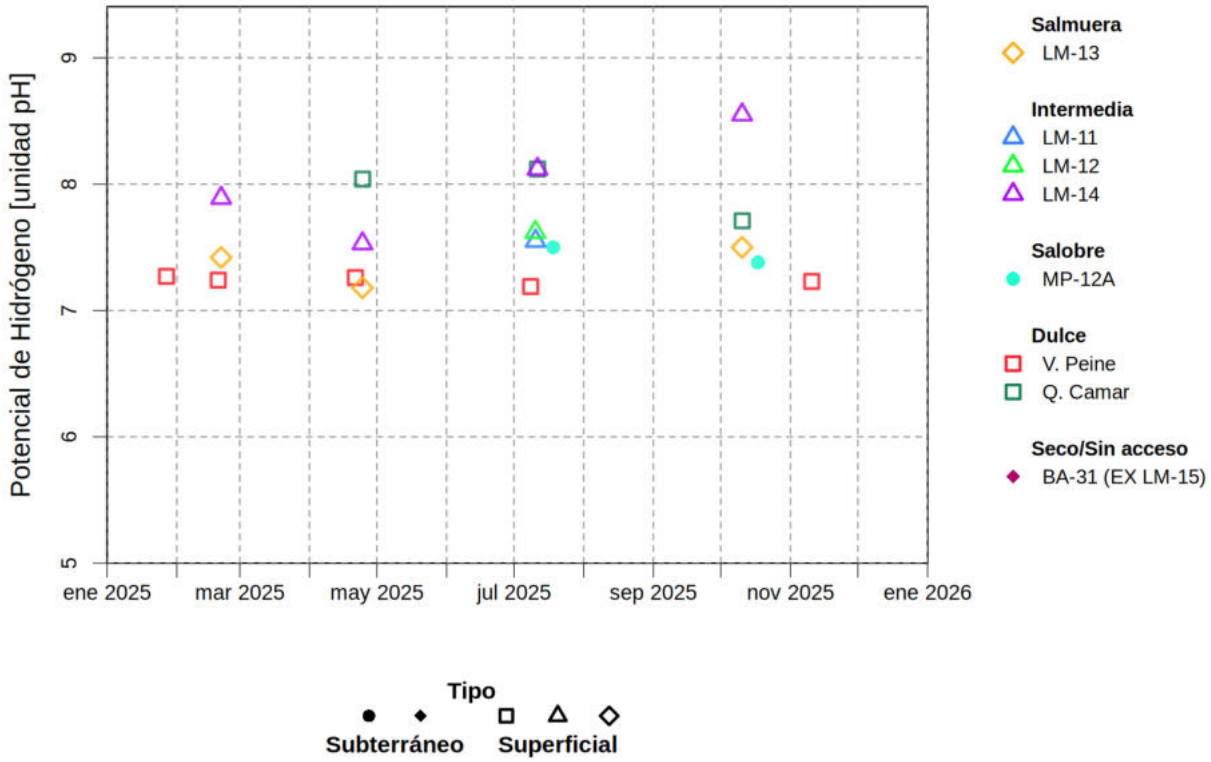


Fuente: Elaboración propia

5.8.3.1.2 pH in situ

Los resultados de pH de terreno para el Sector Borde Norte y Borde Este muestra un comportamiento de las aguas superficiales con valores que llegan hasta 8,55 en el punto LM-14 en octubre y con mínimos de 7,18 en el punto LM-13 en abril. Respecto a las aguas subterráneas, poseen valores de pH entre 7,38 en octubre y 7,5 en julio en el pozo MP-12A. Las dinámicas discutidas anteriormente se pueden observar en la Figura 5-108.

Figura 5-108 Variación pH *in situ* sector Norte y Borde Este.

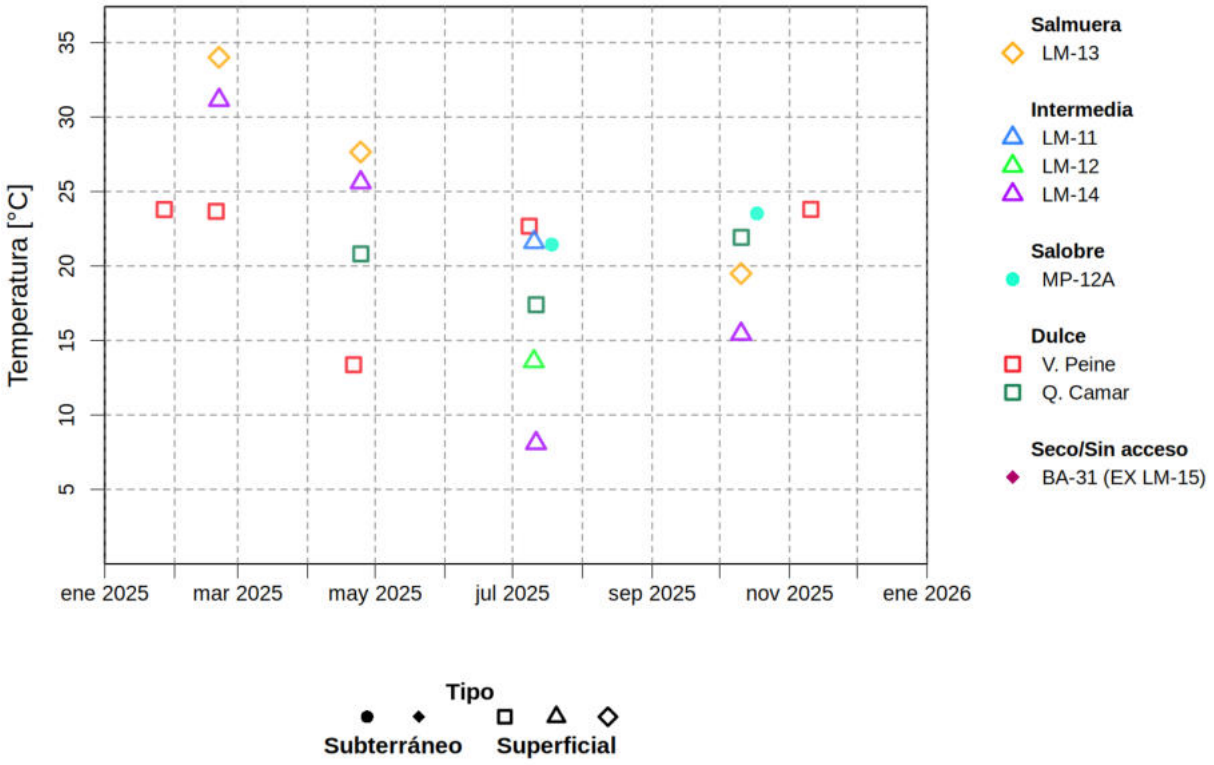


Fuente: Elaboración propia

5.8.3.1.3 Temperatura in situ

Los resultados de temperatura de terreno en las muestras del sector Norte y Borde Este indican que existe una variación estacional, con los mínimos detectados en el mes de julio y los máximos en el mes de enero. Respecto a las aguas superficiales, se puede observar que cuentan con las temperaturas más bajas analizadas, de 8,1°C en punto LM-14 para el mes de julio y las más altas de 34,01°C en punto LM-13 (febrero). Respecto a las aguas subterráneas, se tienen temperaturas entre 21,44°C en julio y 23,53°C en octubre en el pozo MP-12A. El comportamiento de la temperatura se puede observar en la Figura 5-109.

Figura 5-109 Temperatura in-situ para sector Norte y Borde Este



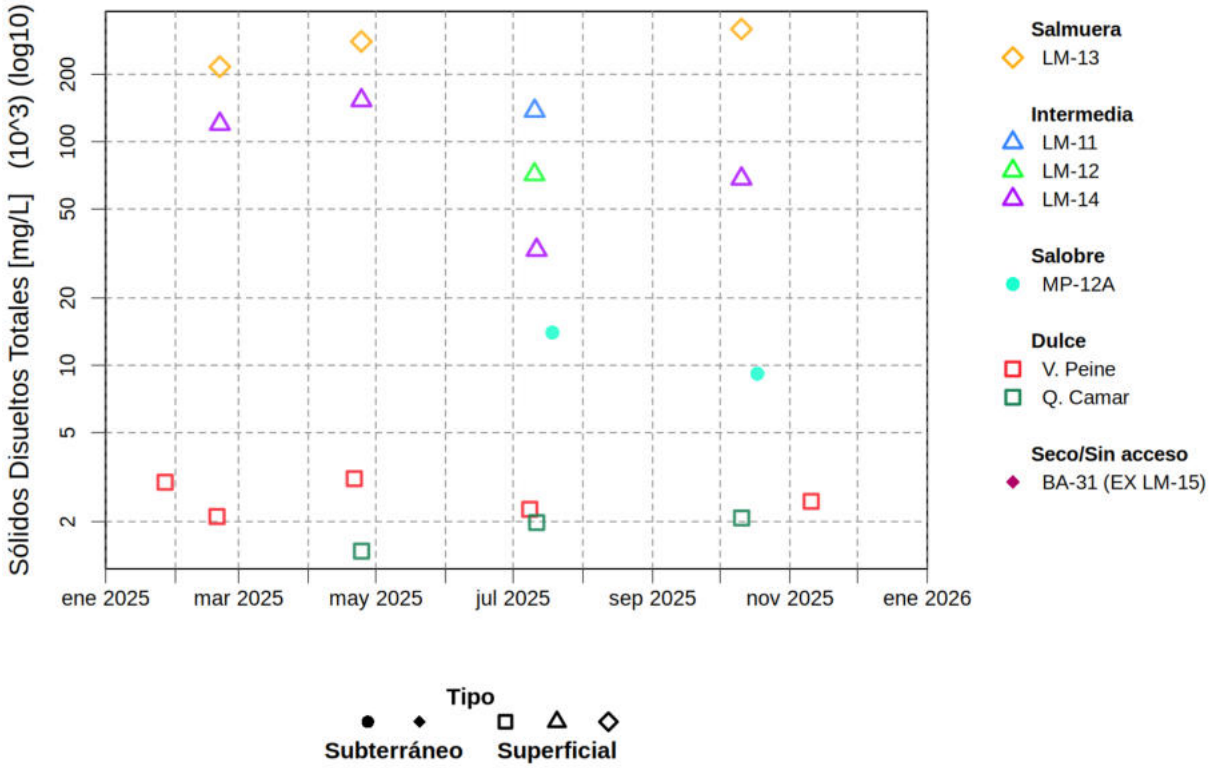
Fuente: Elaboración propia.

5.8.3.2 Parámetros Fisicoquímicos de Laboratorio

5.8.3.2.1 Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 5-110 se presentan los resultados de laboratorio del análisis de SDT. Respecto a las aguas superficiales, se observan valores entre 1.476 mg/l en el punto Quebrada Camar en abril y 318.800 mg/l en el punto LM-13 en octubre, respecto a las muestras superficiales dulces estas presentan valores menores que el resto de las aguas superficiales, lo cual es consistente con la clasificación de estas aguas a partir de la CE. Para las aguas subterráneas, se tienen mínimos de 9.180 mg/l en octubre y máximos de 14.000 mg/l en julio en el punto MP-12A.

Figura 5-110 Variación Temporal de SDT en laboratorio, Sector Norte y Borde Este

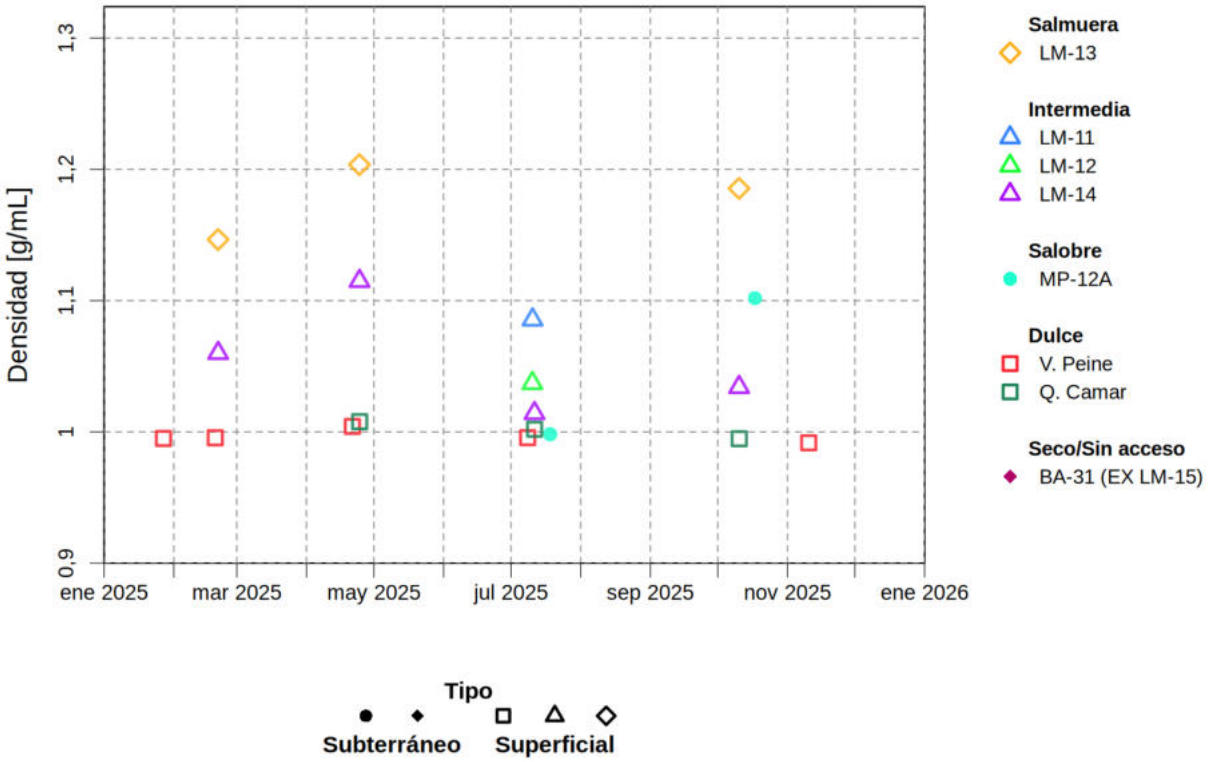


Fuente: Elaboración propia

5.8.3.2.2 Densidad

Con respecto a la densidad, se observa que en general esta sigue la misma tendencia que los SDT y CE. Respecto a las aguas superficiales, se tienen valores mínimos de 0,991 g/ml en el punto Vertiente Peine en noviembre y máximos de 1,2 g/ml en el punto LM-13 en abril, siendo las muestras de aguas dulces las menos densas. Por parte de las aguas subterráneas, presentan un rango de densidades similar a las aguas superficiales, con mínimos de 0,98 g/ml en el pozo MP-12A en julio y máximos de 1,1 g/ml en octubre en el mismo punto.Estos valores de densidad se observan en la Figura 5-111.

Figura 5-111 Variación Temporal Densidad en Laboratorio, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

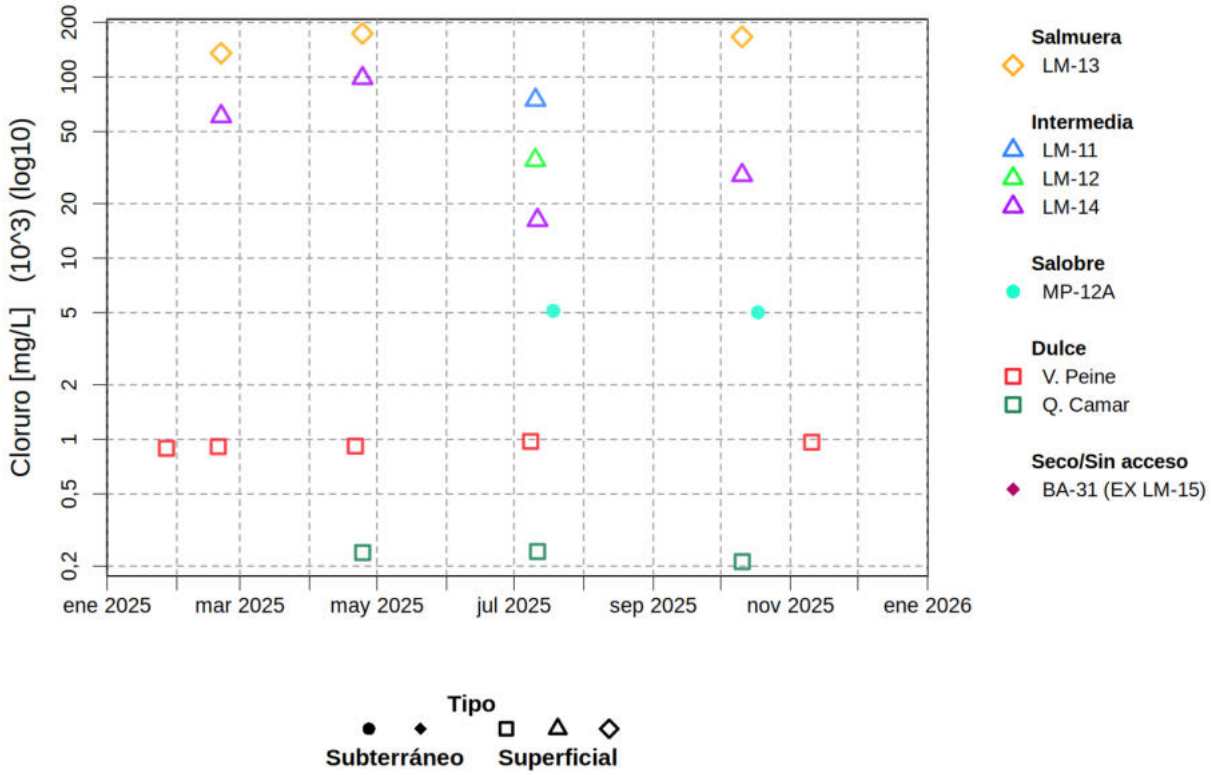
5.8.3.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

5.8.3.3.1 Aniones mayores

Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}).

Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores y responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT. Las aguas superficiales presentan mínimos en las concentraciones de cloruro de 211,5 mg/l en el punto Quebrada Camar en octubre y máximos de 173.640,9 mg/l en el punto LM-13 en abril. De forma similar a otros parámetros analizados anteriormente, las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de cloruro menores que el resto de las aguas superficiales. Respecto a las aguas subterráneas, poseen mínimos de 5.028,7 mg/l en octubre en el pozo MP-12A y máximos de 5.125,4 mg/l en julio en el mismo punto. La tendencia de las concentraciones de cloruro se observa en la Figura 5-112.

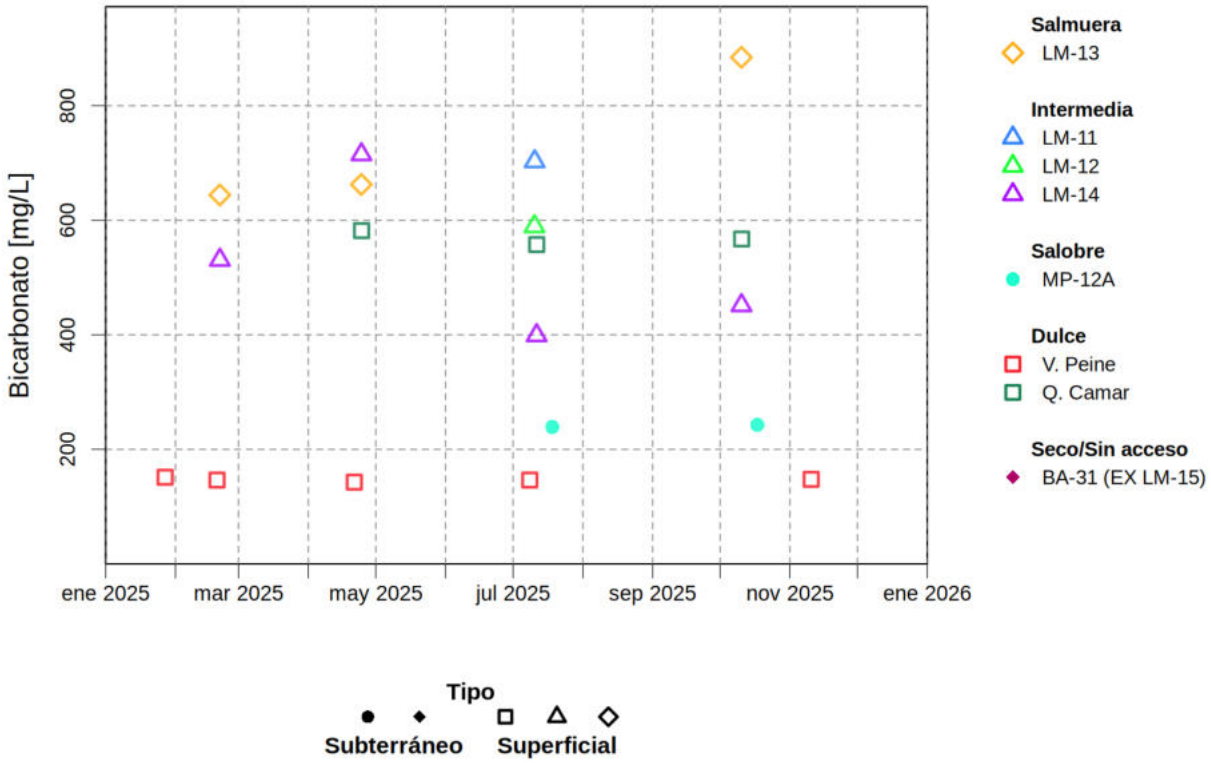
Figura 5-112 Concentraciones de cloruro en muestras del sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de bicarbonatos en aguas superficiales presentan un mínimo de 142,74 mg/l en el punto Vertiente Peine en abril y un máximo de 884,5 en el punto LM-13 en octubre. Las aguas superficiales dulces presentan concentraciones de bicarbonato menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas poseen mínimos de 239,12 mg/l en julio en el pozo MP-12A y máximos de 242,78 mg/l en octubre en el mismo punto. Las concentraciones de bicarbonato se observan en la Figura 5-113.

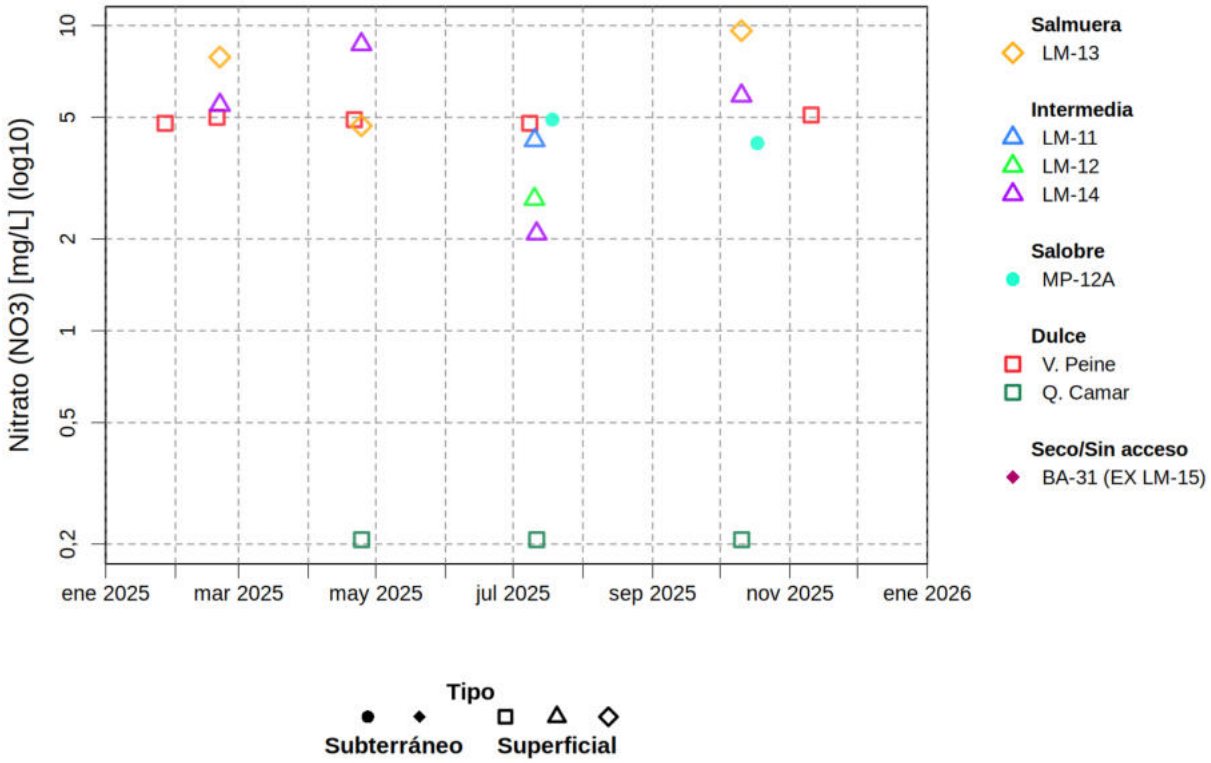
Figura 5-113 Concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

Los valores del nitrato en aguas superficiales presentan concentraciones con mínimos bajo 0,62 mg/l (límite de detección) en Quebrada Camar y máximos de 9,6 mg/l en el punto LM-13 en octubre, sin una tendencia clara entre los distintos tipos de agua. Respecto a las aguas subterráneas, los mínimos son de 4,11 mg/l en octubre en el punto MP-12A y máximos de 4,91 mg/l en julio en el mismo punto. Las concentraciones de nitrato se observan en la Figura 5-114.

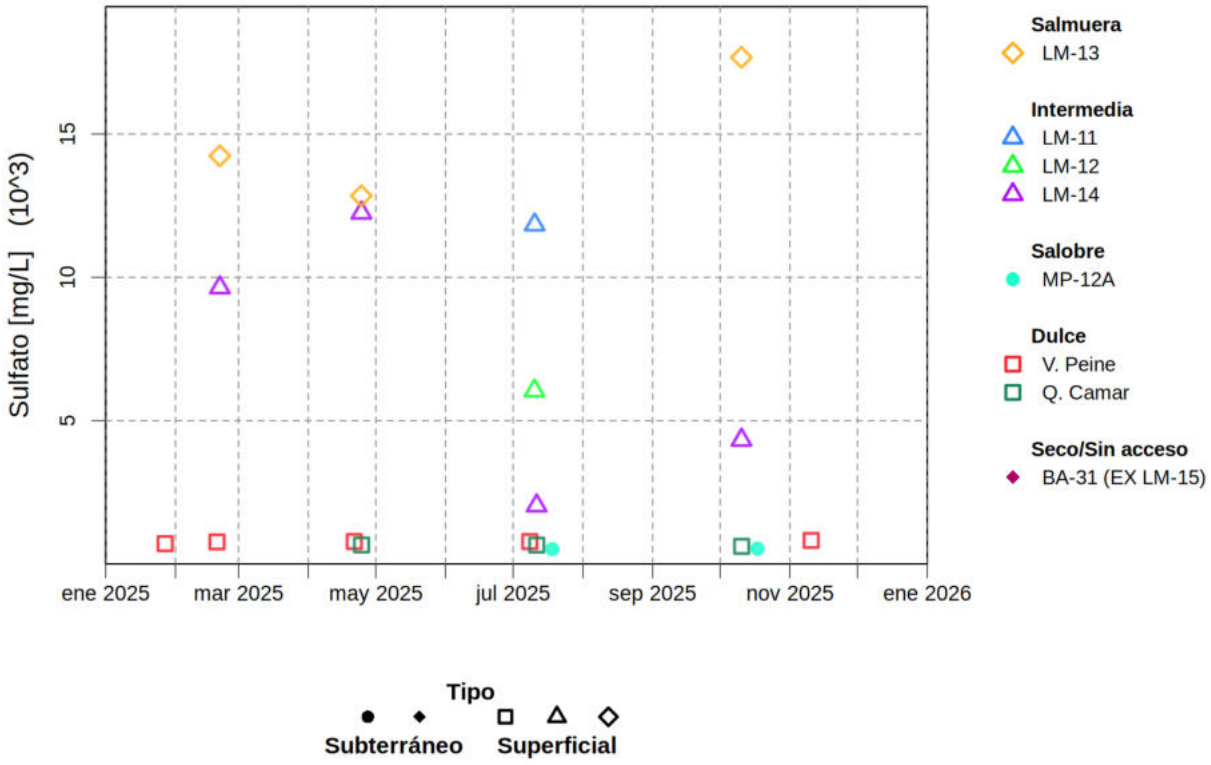
Figura 5-114 Concentraciones de nitrato en muestras del sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sulfatos, las aguas superficiales poseen mínimos de 613,4 mg/l en el punto Quebrada Camar en octubre y máximos de 17.676,6 mg/l en el punto LM-13 también en octubre. Se observan concentraciones de sulfato menores en las aguas superficiales dulces respecto al resto de las aguas superficiales. Respecto a aguas subterráneas, se tienen concentraciones de sulfato más bajas, con mínimos de 517,1 mg/l en el punto MP-12A en julio y valores máximos de 532,4 mg/l en octubre en el mismo punto. Las concentraciones de sulfato se pueden observar en la Figura 5-115.

Figura 5-115 Concentraciones de sulfato en sector Norte y Borde Este



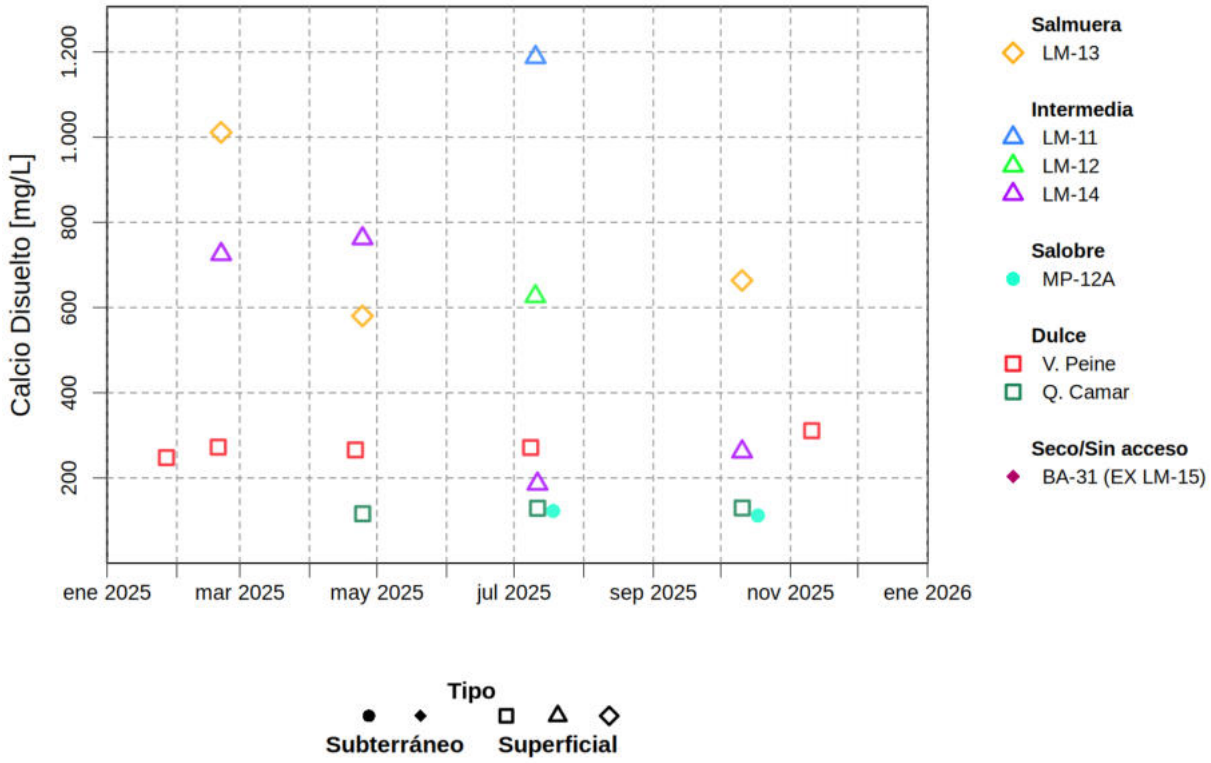
Fuente: Elaboración propia

5.8.3.3.2 Cationes mayores

Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca2+), potasio (K+), magnesio (Mg2+) y sodio (Na+).

Las concentraciones de calcio disuelto muestran un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 115,98 mg/l en el punto Quebrada Camar en abril y un máximo de 1.187,6 mg/l en el punto LM-11 en julio. Las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de calcio disuelto menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 111,74 mg/l en el punto MP-02A en octubre y máximos de 122,36 mg/l en julio en el mismo punto. Las concentraciones de calcio disuelto se observan en la Figura 5-116.

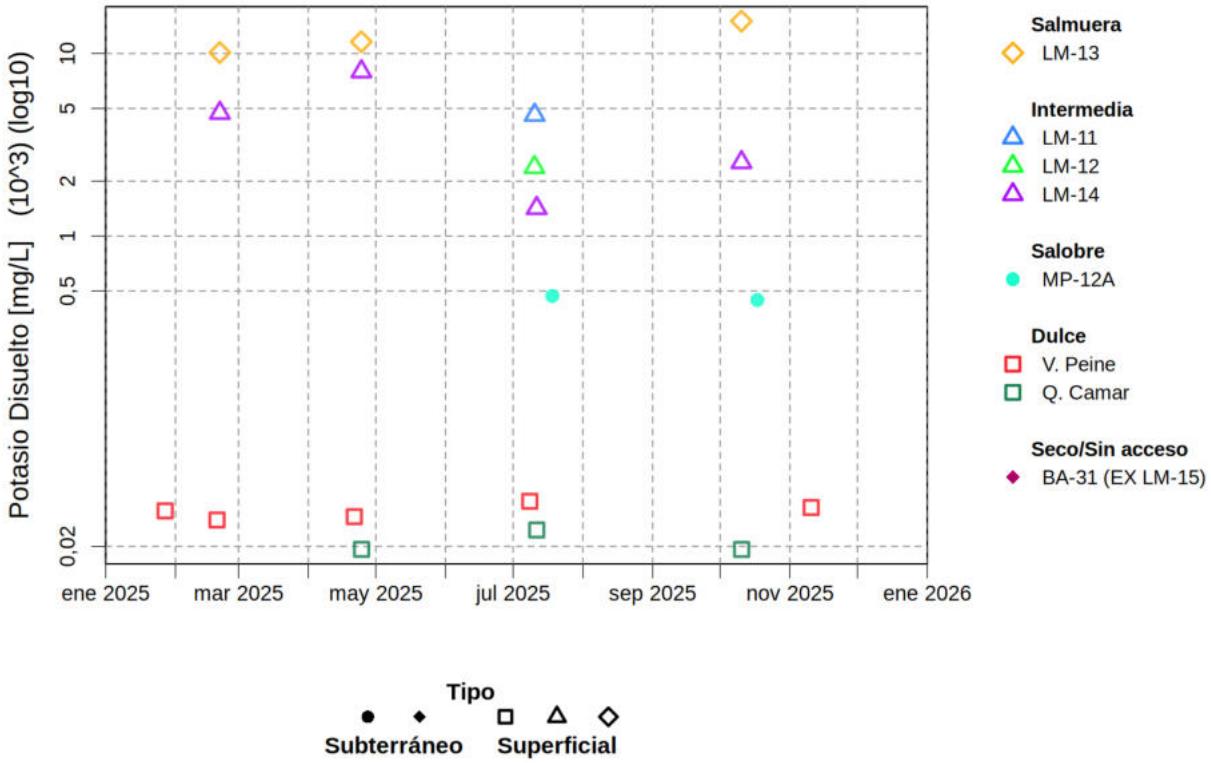
Figura 5-116 Concentraciones de calcio disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

El potasio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 19,23 mg/l en el punto Quebrada Camar en octubre y un máximo de 15.042 mg/l en el punto LM-13 en octubre también. Las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de potasio disuelto menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 447 mg/l en el punto MP-02A en octubre y máximos de 470 mg/l en julio en el mismo punto. Las concentraciones de potasio disuelto se observan en la Figura 5-117.

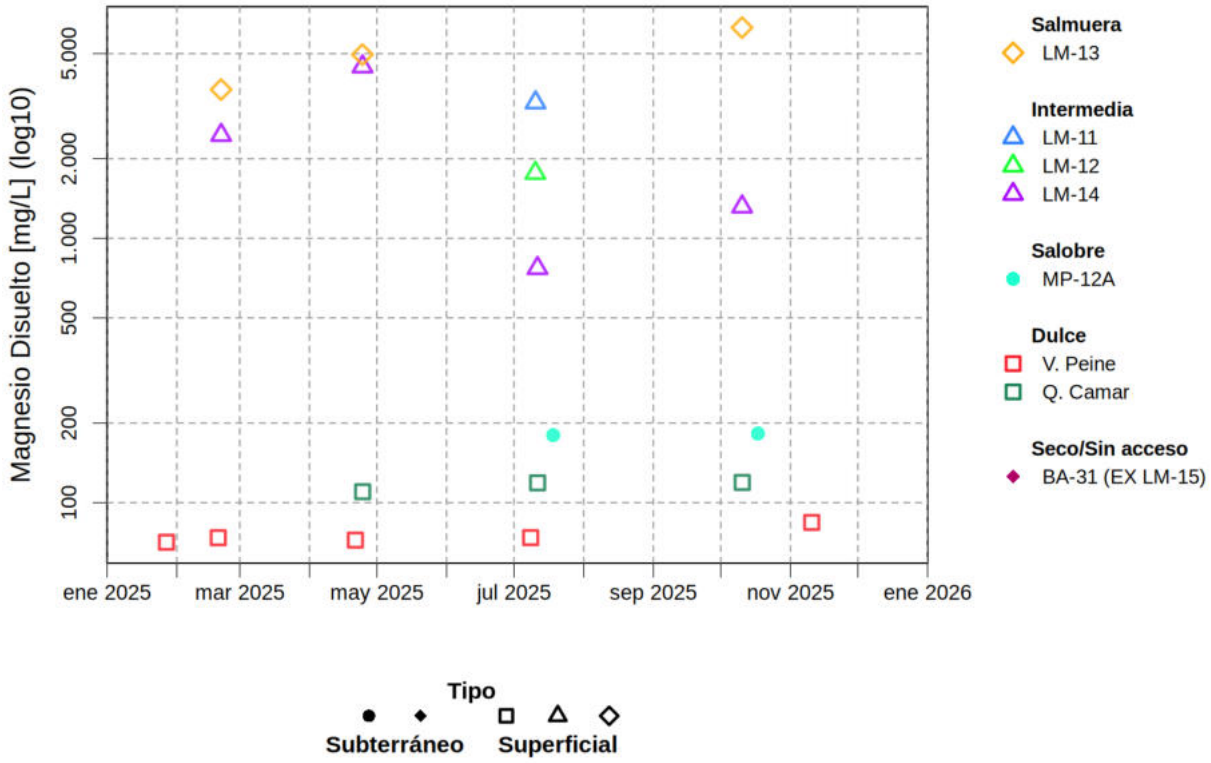
Figura 5-117 Concentraciones de potasio disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

El magnesio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 70,81 mg/l en el punto Vertiente Peine y un máximo de 6.271 mg/l en el punto LM-13. Las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de magnesio disuelto menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 179,92 mg/l en el punto MP-02A y máximos de 182,57 mg/l en el mismo punto. Las concentraciones de magnesio disuelto se observan en la Figura 5-118.

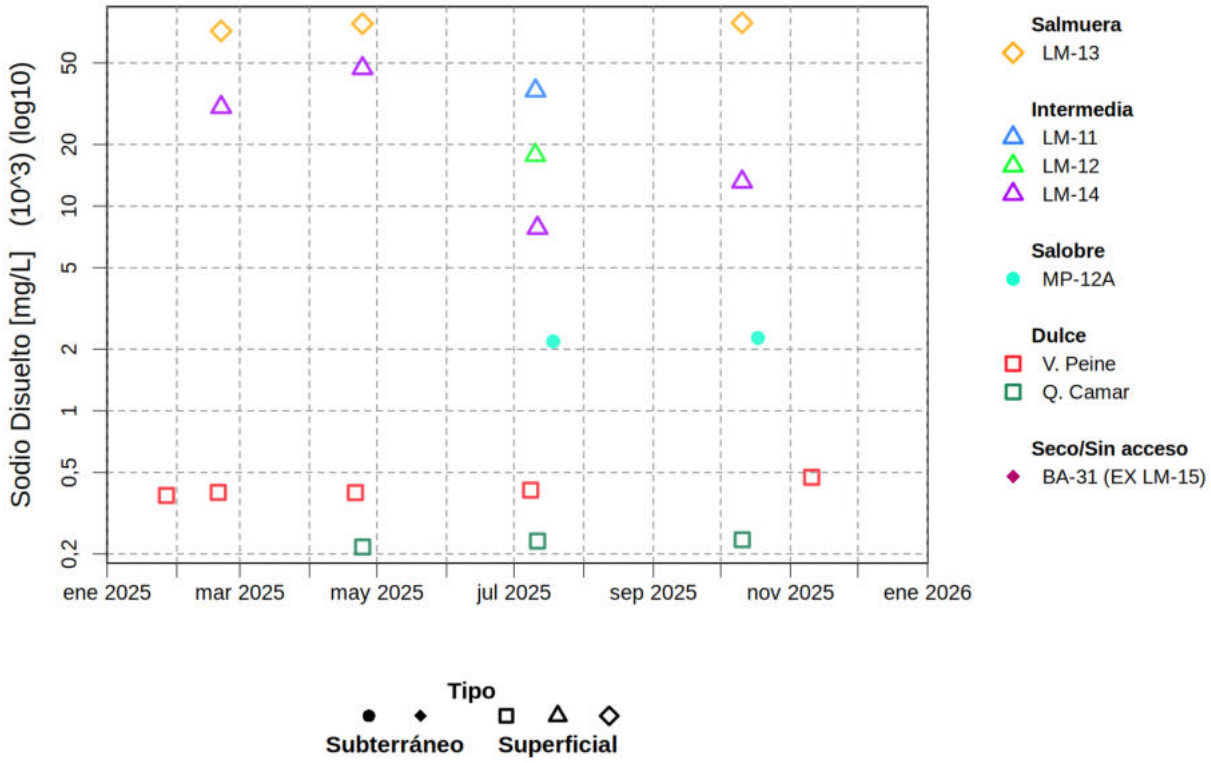
Figura 5-118 Concentraciones de magnesio disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

El sodio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 216,31 mg/l en el punto Quebrada Camar en abril y un máximo de 78.521,4 mg/l en el punto LM-13 en octubre. Las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de sodio disuelto menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 2.182,44 mg/l en el punto MP-12A en julio y máximos de 2.272,22 mg/l en octubre en el mismo punto. Las concentraciones de sodio disuelto se observan en la Figura 5-119.

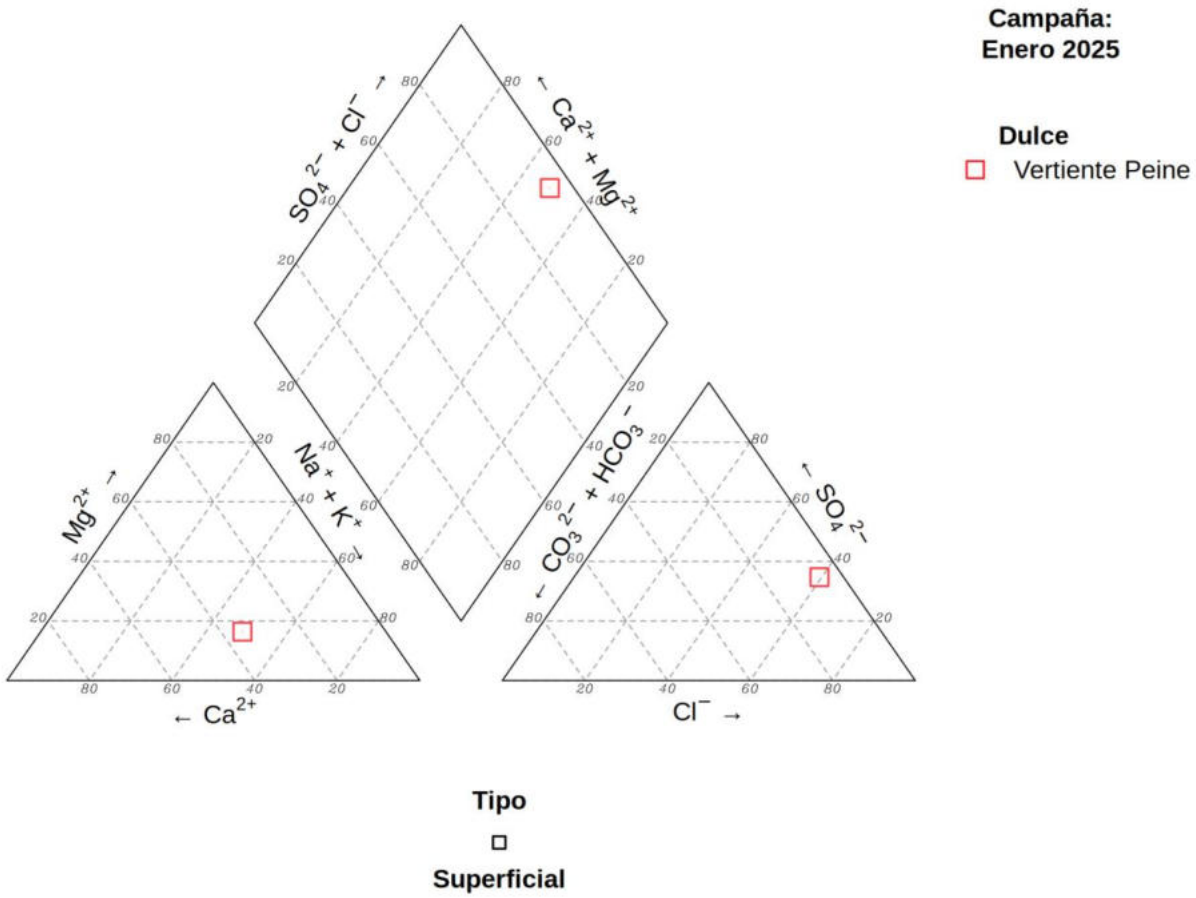
Figura 5-119 Concentraciones de sodio disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

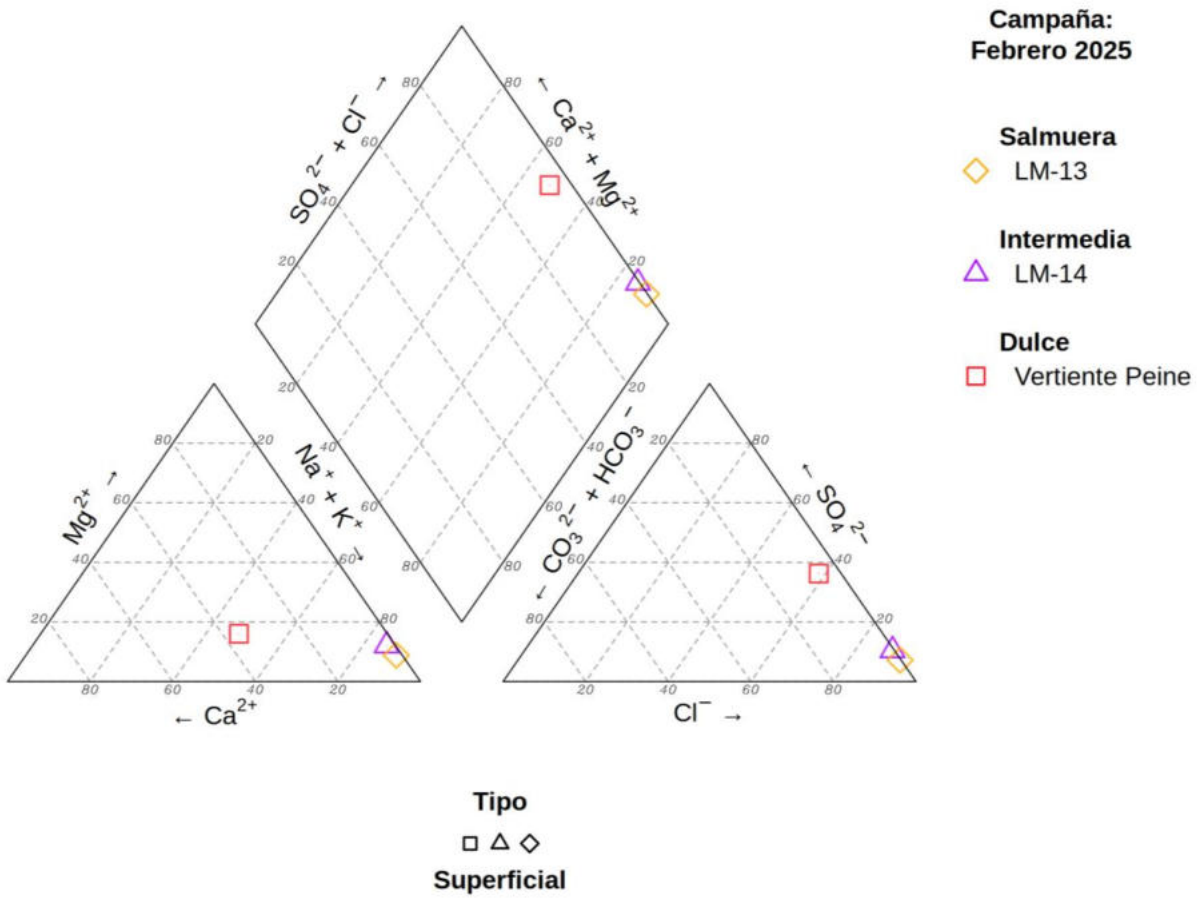
Desde la Figura 5-120 a la Figura 5-124, se presentan Diagramas de Piper con las clasificaciones de composición de las aguas de acuerdo con sus concentraciones de elementos mayores, para las campañas de enero, febrero, abril, julio, octubre-noviembre de 2025. Se puede observar que las muestras corresponden al tipo de cloruradas sódicas, a excepción de Quebrada Camar (sulfatada-bicarbonatada cálcica) y Vertiente Peine (sulfatadas- cálcica).. La variación en los contenidos porcentuales de los elementos principales entre las diferentes campañas no ha sido significativa, y su clasificación se mantiene constante a lo largo de las campañas del año 2025.

Figura 5-120 Diagrama de Piper, campaña enero 2025, Sector Norte y Borde Este



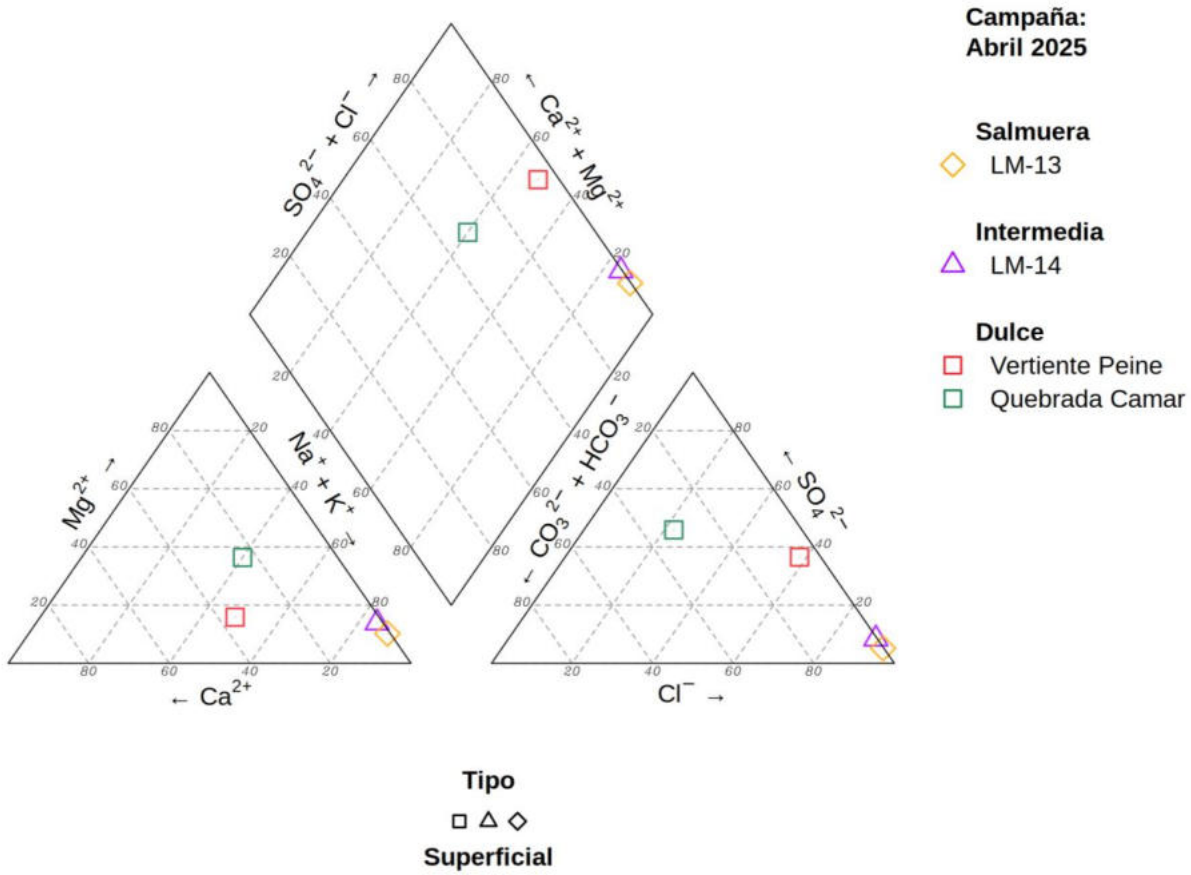
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-121 Diagrama de Piper, campaña febrero 2025, Sector Norte y Borde Este



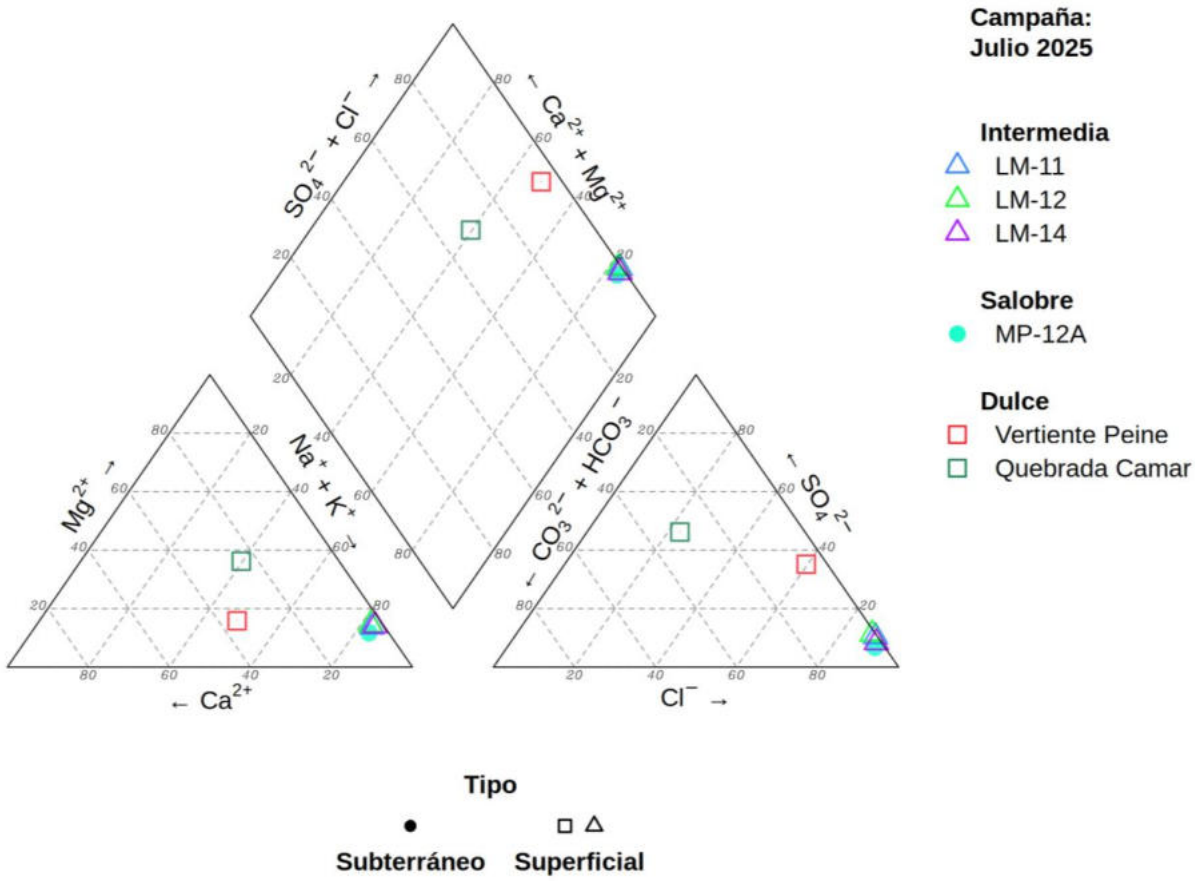
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-122 Diagrama de Piper, campaña abril 2025, Sector Norte y Borde Este



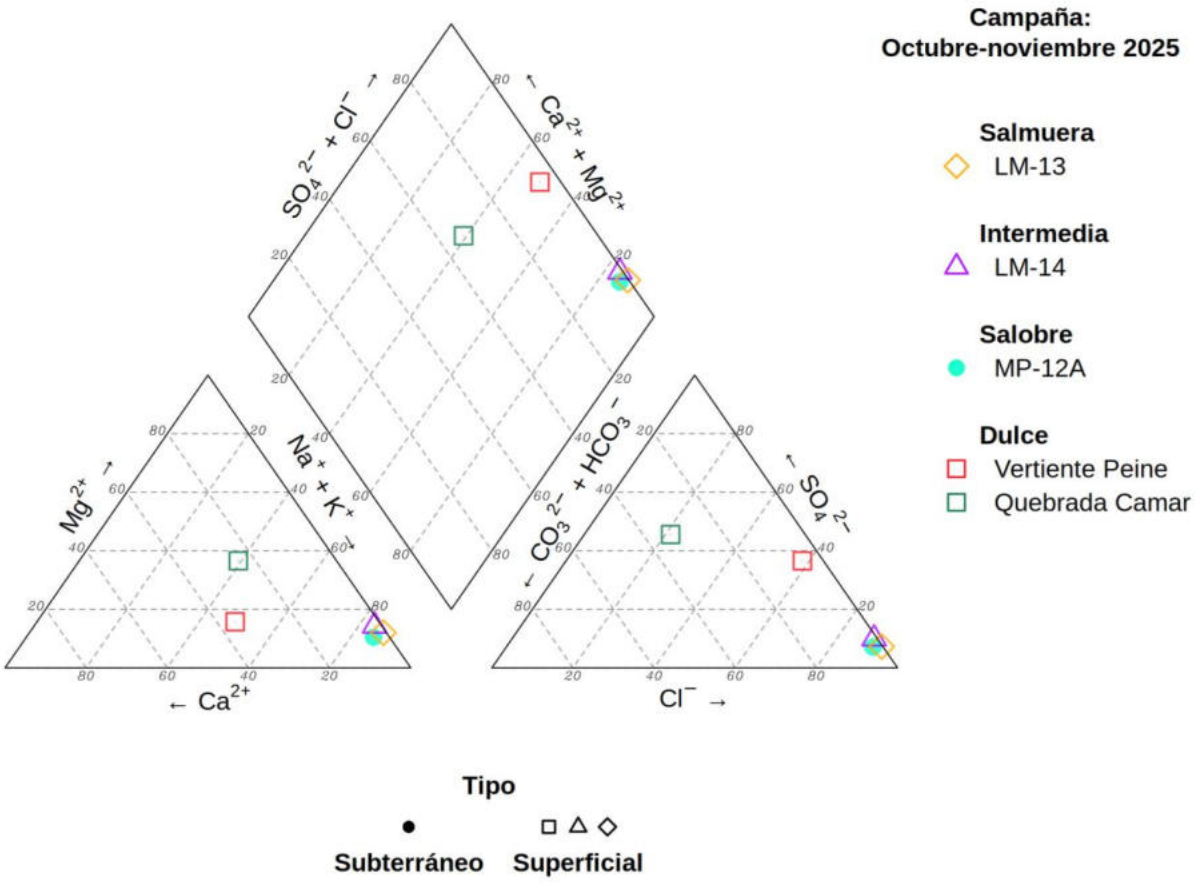
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-123 Diagrama de Piper, campaña julio 2025, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-124 Diagrama de Piper, campaña octubre-noviembre 2025, Sector Norte y Borde Este



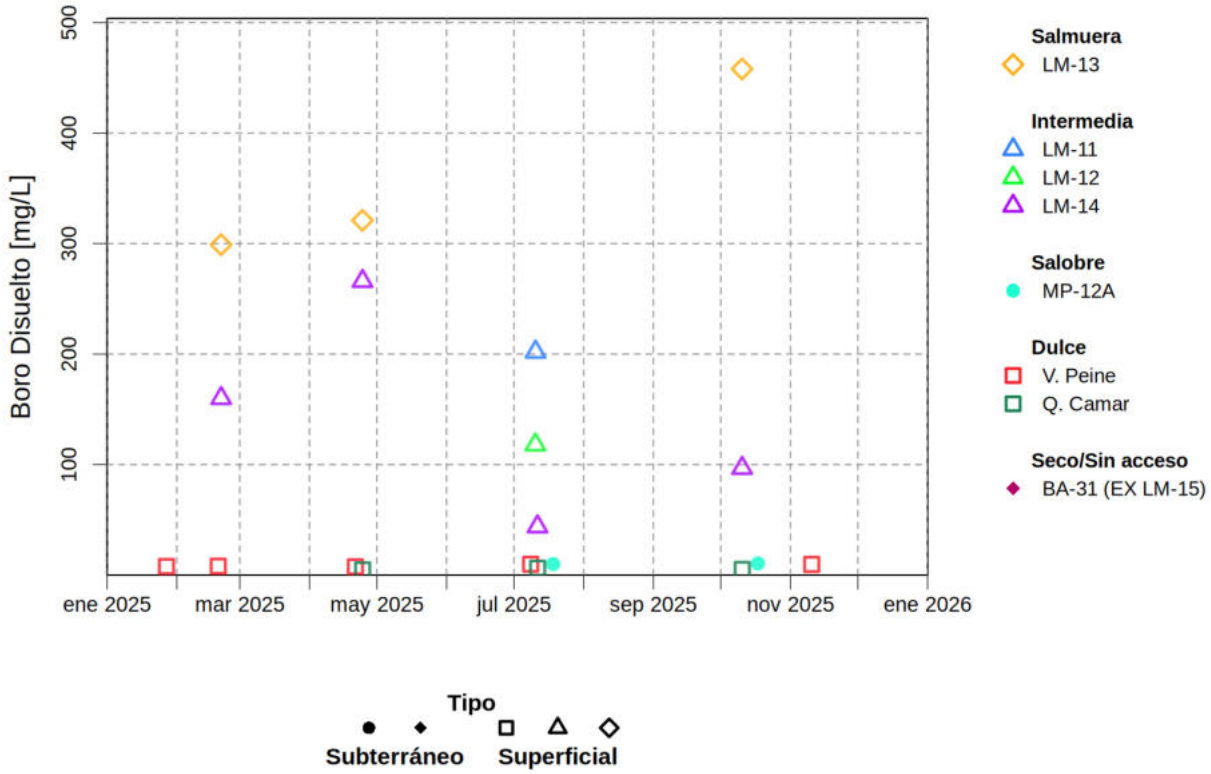
Fuente: Elaboración propia

5.8.3.4 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Los elementos minoritarios y trazas que se analizan corresponden a Boro (B^{3+}), Litio (Li^{+}) y Estroncio (Sr^{2+}).

El boro disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 4,8 mg/l en el punto Quebrada Camar en abril y un máximo de 458 mg/l en el punto LM-13 en octubre. Las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de boro disuelto menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 9,97 mg/l en julio en el punto MP-12A y máximos de 10,55 mg/l en octubre en el mismo punto. Las concentraciones de boro disuelto se observan en la Figura 5-125 .

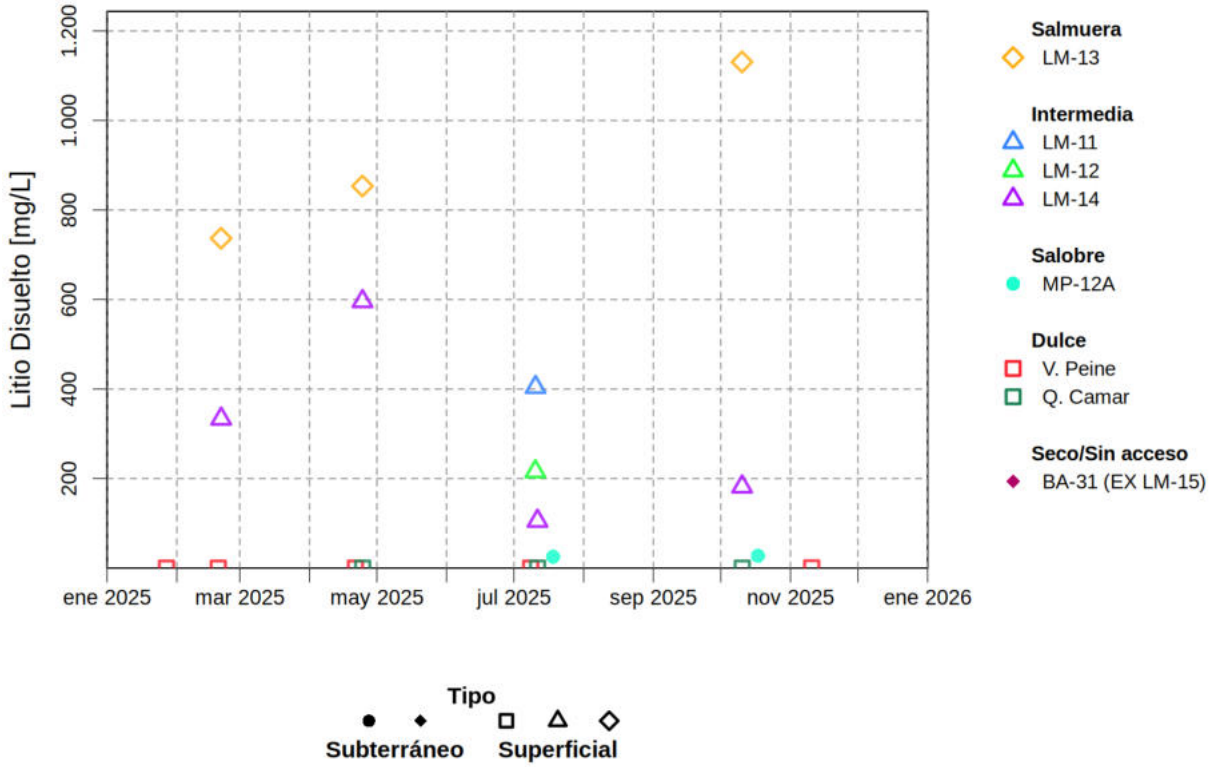
Figura 5-125 Concentraciones de boro disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

El litio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo bajo 0,007 mg/l (límite de detección) en Vertiente Peine y Quebrada Camar y un máximo de 1.130,8 mg/l en el punto LM-13 en octubre. Las muestras superficiales dulces presentan concentraciones de litio disuelto menores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 25,32 mg/l en el punto MP-12A en julio y máximos de 27,32 mg/l en octubre en el mismo punto. Las concentraciones de litio disuelto se observan en la Figura 5-126.

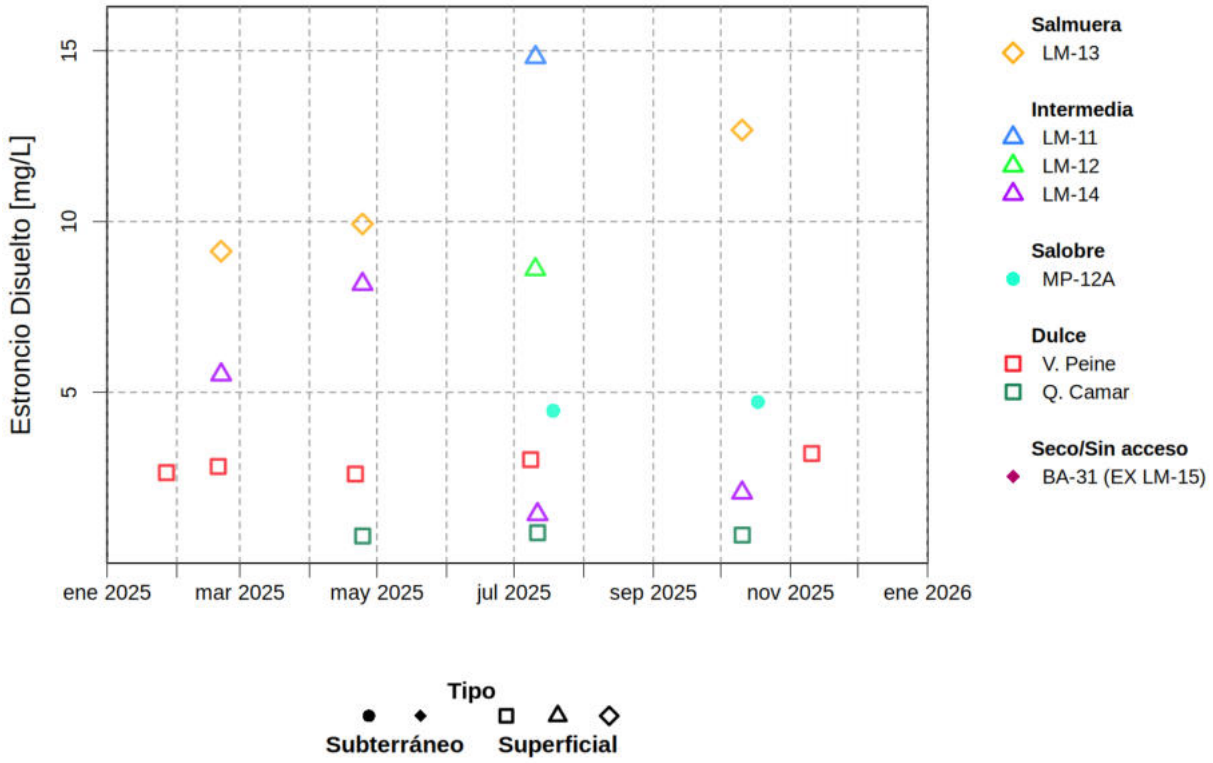
Figura 5-126 Concentraciones de litio disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

El estroncio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de entre un mínimo de 0,79 mg/l en el punto Quebrada Camar en abril y un máximo de 14,81 mg/l en el punto LM-11 en julio. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con valores mínimos de 4,46 mg/l en el punto MP-12A en julio y máximos de 4,72 mg/l en octubre en el mismo punto. Las concentraciones de estroncio disuelto se observan en la Figura 5-127.

Figura 5-127 Concentraciones de estroncio disuelto en sector Norte y Borde Este.



Fuente: Elaboración propia

5.8.4 Química de las Captaciones

En la siguiente sección se presentan los resultados de la química de las 3 captaciones de extracción de aguas dulces/salobres con derechos de aguas, que son: pozo Peine, vertiente Tilopozo y punto Tucúcaro, de los parámetros respectivos: calcio, litio, potasio, magnesio, sodio y sulfato, reportados en unidades de ppm (partes por millón) para el año 2025.

En la Tabla 5-22, Tabla 5-23 y Tabla 5-24, se presentan los resultados registrados de calidad química en el año 2025 para dichos puntos.

Tabla 5-22 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2025

Mes	Densidad (g/cm^3)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,001	387	1,00	95,00	40,00	610	824
Febrero	1,000	70	0,00	30,00	20,00	160	130
Marzo	1,003	450	0,62	108,39	34,46	594	638
Abril	1,000	467	0,87	103,24	31,00	575	840
Mayo	1,001	385	1,37	98,91	31,97	525	923
Junio	1,001	397	1,19	98,91	24,96	582	500
Julio	1,001	422	0,69	103,60	32,20	624	799
Agosto	1,001	409	1,04	104,05	34,18	639	897
Septiembre	1,001	494	1,00	105,96	32,16	646	1.168

Tabla 5-22 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2025

Mes	Densidad (g/cm³)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Octubre	1,000	380	11,00	110,00	50,00	620	870
Noviembre	1,000	391	1,00	101,00	319,00	618	905
Diciembre	1,001	387	0,93	95,30	39,74	610	824

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-23 Resultados Calidad Química de vertiente Tilopozo año 2025

Mes	Densidad (g/cm³)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,002	154	5,00	85,00	83,00	520	441
Febrero	1,001	150	10,00	90,00	80,00	550	420
Marzo	1,001	157	3,59	99,81	79,35	529	397
Abril	1,002	150	4,48	94,44	79,95	590	353
Mayo	1,000	133	4,91	94,50	81,07	522	409
Junio	1,001	114	6,84	99,10	62,43	505	232
Julio	1,000	127	5,85	99,95	78,71	597	475
Agosto	1,000	153	4,89	93,60	80,44	540	421
Septiembre	1,000	159	4,68	95,64	85,92	615	519
Octubre	1,000	157	4,68	88,00	80,00	539	426
Noviembre	1,007	166	6,00	96,00	77,00	557	432
Diciembre	1,000	159	7,92	89,56	75,02	542	416

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-24 Resultados Calidad Química de punto Tucúcaro año 2025

Mes	Densidad (g/cm³)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,002	155	10,00	119,00	156,00	917	529
Febrero	1,002	150	10,00	110,00	170,00	1.020	530
Marzo	1,010	166	9,69	127,56	160,94	952	471
Abril	1,000	156	10,66	123,9,	159,98	973	530
Mayo	1,001	140	11,02	117,92	149,26	898	614
Junio	1,000	116	10,35	129,55	124,81	944	422
Julio	1,001	131	10,51	122,58	158,14	1.007	646
Agosto	1,001	197	10,7,	121,54	152,36	944	754
Septiembre	1,001	156	10,5,	124,89	157,73	988	657
Octubre	1,000	158	10,00	116,00	161,00	952	563
Noviembre	1,000	145	12,00	108,00	136,00	876	457
Diciembre	1,000	159	12,86	115,94	153,51	949	534

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-25, se puede ver que la densidad es similar en los 3 puntos analizados, y que las mayores concentraciones de calcio (494 ppm en septiembre), potasio (319 en noviembre) y sulfato (1.168 ppm en septiembre) ocurren en el punto Peine, mientras que, las mayores concentraciones de litio (12,86 ppm en diciembre), magnesio (129,55 ppm en junio) y sodio (1.020 ppm en febrero) se observan en el punto Tucúcaro.

Tabla 5-25 Mínimos y máximos de los puntos Peine, Vertiente Tilopozo y Tucúcaro

Puntos	Rango	Densidad	Calcio	Litio	Magnesio	Potasio	Sodio	Sulfato
		(g/cm3)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Peine	Mínimo	1,000	70	0,00	30,00	20,00	160	130
	Máximo	1,003	494	11,00	110,00	319,00	646	1.168
Tilopozo	Mínimo	1,000	114	3,59	85,00	62,43	505	232
	Máximo	1,007	166	10,00	99,95	85,92	615	519
Tucúcaro	Mínimo	1,000	116	9,69	108,00	124,81	876	422
	Máximo	1,01,	197	12,86	129,55	170,00	1020	754

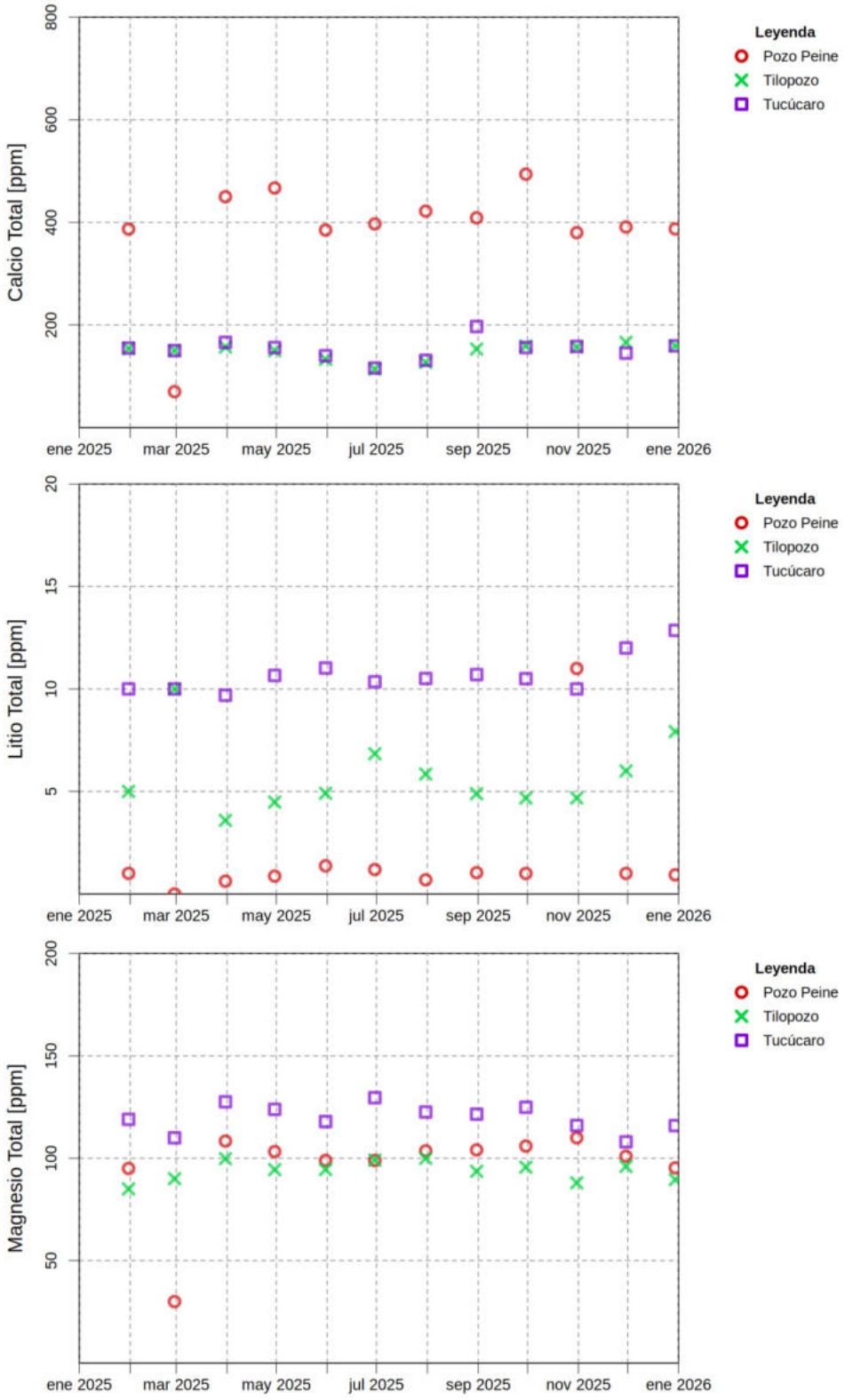
Fuente: Elaboración propia

La Figura 5-128 presenta la gráfica de la variación de calcio, litio y magnesio para los puntos Peine, Tilopozo y Tucúcaro durante el año 2025 y la Figura 5-129 presenta la variación de potasio, sodio y sulfato para estos mismos puntos y periodo.

En la Figura 5-128 se puede observar que en Tilopozo y Tucúcaro el calcio se comporta de forma similar, con valores entre 70 y 494 ppm, en donde Peine presenta los mayores valores. Por otra parte, en las tres captaciones el litio se muestra relativamente constante para cada punto, con valores entre 1 y 11 ppm (Peine), entre 3,59 y 10 ppm (Vertiente Tilopozo) y entre 9,69 y 12,86 ppm (Tucúcaro). Además, se tiene en los 3 puntos los valores de magnesio se comportan similares con valores entre 30 y 129,55 ppm.

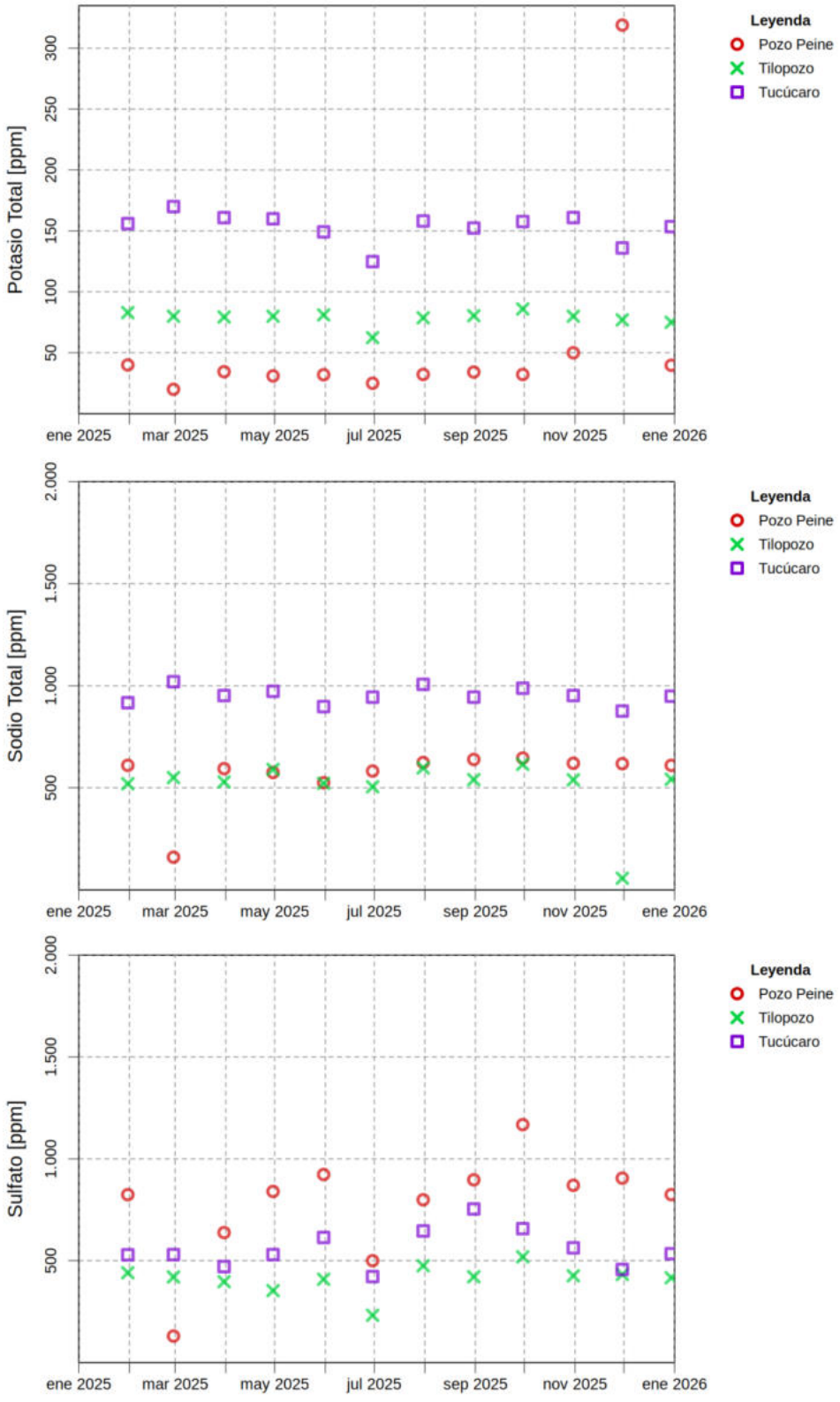
En la Figura 5-129, se puede observar que el potasio en Peine presenta concentraciones que van desde 20 hasta 319 ppm, en Tucúcaro entre 124,81 y 179 ppm y en Tilopozo entre 63,43 y 85,92 ppm. Por otra parte, en Peine y Tilopozo el sodio muestra un comportamiento relativamente similar, entre 505 y 646 ppm, y en Tucúcaro se observan mayores valores que van desde 876 hasta 1.020 ppm. Por último, se tiene que las menores concentraciones de sulfato se observan en Tilopozo, entre 232 y 519 ppm, y los mayores en Peine, entre 130 y 1.168 ppm.

Figura 5-128 Variación temporal de Calcio, Litio y Magnesio en puntos Peine, Tilopozo y Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-129 Variación temporal de Potasio, Sodio y Sulfato en puntos Peine, Tilopozo y Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

5.9 Caudales bombeados en salmuera y en agua dulce-salobre

En el presente subcapítulo se muestran los registros asociados a la extracción de salmuera y agua dulce-salobre durante el año calendario 2025 y operacional 2024-2025.

Durante este periodo fueron bombeados un total de 73 pozos de extracción de salmuera en las áreas de extracción A1 y A2. En la Tabla 4-10 de la sección 4.2.5, se presentan las coordenadas de cada pozo y su correspondiente área de extracción, además, 3 puntos de extracción de agua dulce-salobre correspondientes a la vertiente Tilopozo, pozo Tucúcaro y pozo Peine.

Se aclara que la cantidad de pozos bombeados a lo largo del tiempo es variable y su dinámica responde a razones operacionales que se ajustan al caudal de bombeo aprobado ambientalmente.

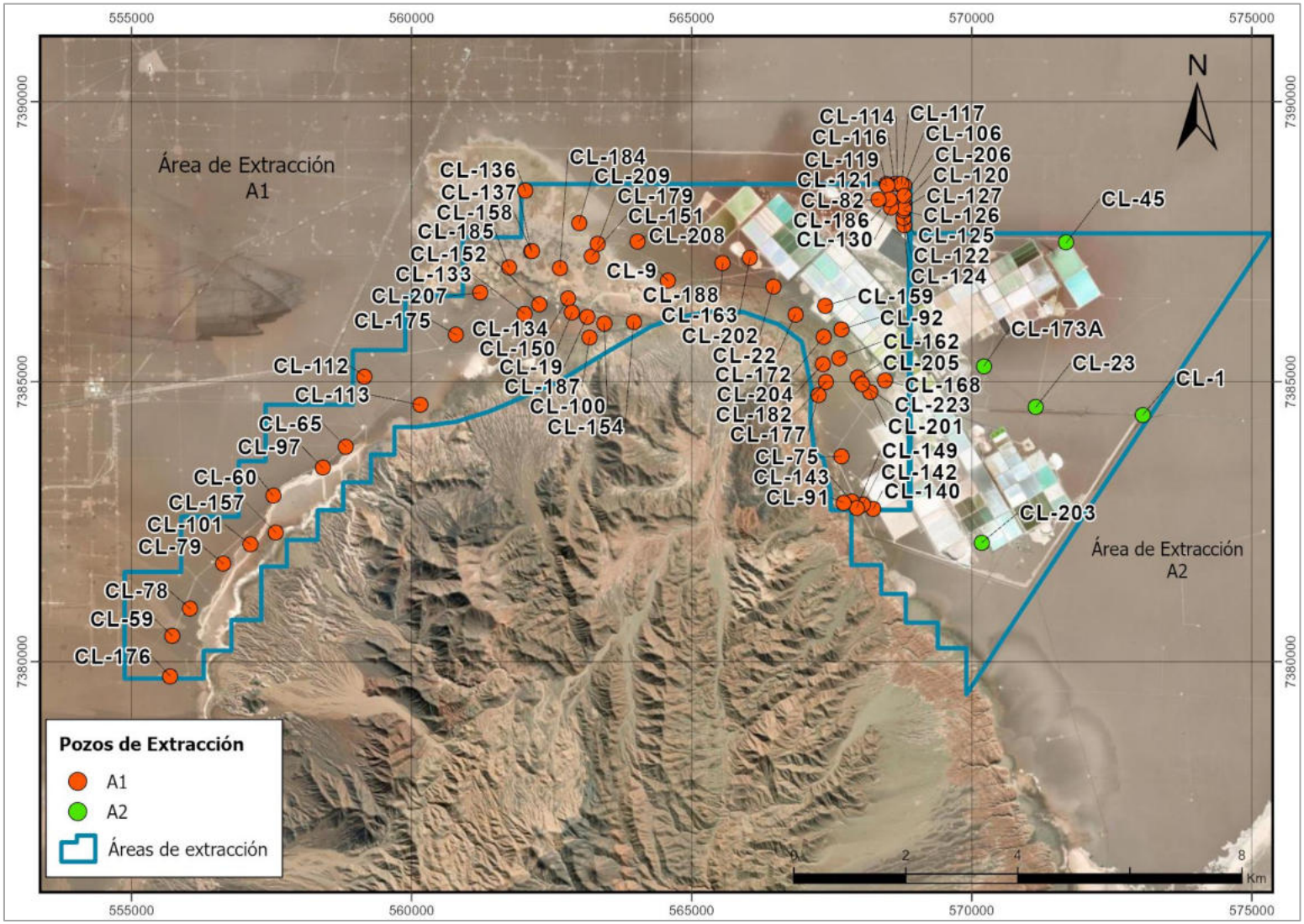
A continuación, se presentan los valores de los caudales bombeados durante 2025.

5.9.1 Caudales bombeados en salmuera

La ubicación de los pozos de extracción de salmuera se enmarca en los polígonos A1 y A2 y se representa en el mapa de la Figura 5-130. El detalle de los volúmenes y caudales bombeados durante el año 2025 se presenta en la Tabla 5-26.

En dicha tabla se observa que el volumen de extracción total del año calendario 2025 fue de 11.267.235 m^3, lo que equivale a un caudal medio anual de 357,282 l/s. Para el área A1 el volumen total de extracción fue de 9.142.436 m^3 equivalente a un caudal medio anual de 289,905 l/s. Para el área A2 el volumen total de extracción fue de 2.124.799 m^3, equivalente a un caudal medio anual de 67,377 l/s.

Figura 5-130 Mapa de ubicación de los pozos de extracción de salmuera de Albemarle



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
ÁREA A1														
CL-9	Volumen [m3/mes]	6.491	5.253	5.848	4.048	224	3.773	3.885	1.330	2.272	4.276	4.437	4.661	46.498
	Caudal [l/s]	2,423	2,171	2,183	1,562	0,084	1,456	1,450	0,497	0,877	1,596	1,712	1,740	
CL-19	Volumen [m3/mes]	23.384	17.920	15.240	10.496	14.428	13.609	11.486	11.757	11.325	6.992	7.201	8.267	152.105
	Caudal [l/s]	8,731	7,407	5,690	4,049	5,387	5,250	4,288	4,390	4,369	2,611	2,778	3,087	
CL-22	Volumen [m3/mes]	5.911	5.992	10.742	9.567	8.149	5.822	4.809	3.822	3.418	3.052	2.485	2.556	66.325
	Caudal [l/s]	2,207	2,477	4,011	3,691	3,042	2,246	1,795	1,427	1,319	1,139	0,959	0,954	
CL-59	Volumen [m3/mes]	1.686	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.686
	Caudal [l/s]	0,629	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CL-60	Volumen [m3/mes]	0	0	0	0	0	0	11.669	11.887	20.301	19.327	23.438	25.904	112.526
	Caudal [l/s]	0	0	0	0	0	0	4,357	4,438	7,832	7,216	9,042	9,671	
CL-65	Volumen [m3/mes]	4.525	3	0	0	0	0	842	1.082	0	0	0	0	6.452
	Caudal [l/s]	1,689	0,001	0	0	0	0	0,314	0,404	0	0	0	0	
CL-75	Volumen [m3/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.276	3.276
	Caudal [l/s]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,223	
CL-78	Volumen [m3/mes]	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Caudal [l/s]	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CL-79	Volumen [m3/mes]	958	8	2.148	78	0	2.881	9.105	9.398	9.226	8.821	9.077	9.838	61.538
	Caudal [l/s]	0,358	0,003	0,802	0,030	0	1,111	3,399	3,509	3,559	3,293	3,502	3,673	
CL-82	Volumen [m3/mes]	8.824	9.104	8.704	8.831	8.769	8.700	9.026	8.288	10.144	9.361	9.411	10.721	109.883
	Caudal [l/s]	3,295	3,763	3,250	3,407	3,274	3,356	3,370	3,094	3,914	3,495	3,631	4,003	
CL-91	Volumen [m3/mes]	0	0	0	0	0	0	3.575	9.207	10.184	9.515	8.044	0	40.525
	Caudal [l/s]	0	0	0	0	0	0	1,335	3,438	3,929	3,552	3,103	0	
CL-92	Volumen [m3/mes]	9.238	8.109	8.590	8.772	7.651	9.386	10.432	9.154	13.646	14.646	14.717	14.768	129.109
	Caudal [l/s]	3,449	3,352	3,207	3,384	2,857	3,621	3,895	3,418	5,265	5,468	5,678	5,514	

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
CL-97	Volumen [m3/mes]	18.499	17.193	19.128	19.337	2.937	6	13.447	9.738	1.679	18.577	18.563	16.399	155.503
	Caudal [l/s]	6,907	7,107	7,142	7,460	1,097	0,002	5,021	3,636	0,648	6,936	7,162	6,123	
CL-100	Volumen [m3/mes]	31.631	34.385	41.307	39.134	34.951	33.887	35.196	38.030	17.468	37.013	35.620	28.634	407.256
	Caudal [l/s]	11,810	14,213	15,422	15,098	13,049	13,074	13,141	14,199	6,739	13,819	13,742	10,691	
CL-101	Volumen [m3/mes]	24.418	25.622	28.431	10.524	16.581	14.619	8.637	2.180	301	1.152	6.552	0	139.017
	Caudal [l/s]	9,117	10,591	10,615	4,060	6,191	5,640	3,225	0,814	0,116	0,430	2,528	0	
CL-106	Volumen [m3/mes]	34.886	35.381	39.252	36.476	41.872	41.052	42.478	42.470	40.433	42.329	40.840	42.002	479.471
	Caudal [l/s]	13,025	14,625	14,655	14,073	15,633	15,838	15,859	15,856	15,599	15,804	15,756	15,682	
CL-112	Volumen [m3/mes]	13.644	12.315	13.914	11.813	12.157	12.121	12.621	13.833	14.412	14.595	15.229	16.261	162.915
	Caudal [l/s]	5,094	5,091	5,195	4,557	4,539	4,676	4,712	5,165	5,560	5,449	5,875	6,071	
CL-113	Volumen [m3/mes]	307	0	0	0	0	0	1.092	0	0	0	0	0	1.399
	Caudal [l/s]	0,115	0	0	0	0	0	0,408	0	0	0	0	0	
CL-114	Volumen [m3/mes]	0	0	12.936	11.144	12.765	12.333	13.966	14.189	13.646	14.077	13.017	14.411	132.484
	Caudal [l/s]	0	0	4,830	4,299	4,766	4,758	5,214	5,298	5,265	5,256	5,022	5,380	
CL-116	Volumen [m3/mes]	7.428	209	7.759	7.582	8.140	7.833	8.054	7.625	7.487	7.793	7.254	8.203	85.367
	Caudal [l/s]	2,773	0,086	2,897	2,925	3,039	3,022	3,007	2,847	2,889	2,910	2,799	3,063	
CL-117	Volumen [m3/mes]	11.913	8.595	14.497	1.370	11.557	2.382	12.829	15.946	12.579	15.565	14.544	15.436	137.213
	Caudal [l/s]	4,448	3,553	5,413	0,529	4,315	0,919	4,790	5,954	4,853	5,811	5,611	5,763	
CL-119	Volumen [m3/mes]	10.454	9.543	10.199	7.120	10.537	10.170	12.338	11.937	11.520	11.761	11.244	11.930	128.753
	Caudal [l/s]	3,903	3,945	3,808	2,747	3,934	3,924	4,606	4,457	4,444	4,391	4,338	4,454	
CL-120	Volumen [m3/mes]	24.918	21.422	25.193	15.634	21.007	21.087	23.427	24.275	22.541	24.222	22.715	24.768	271.209
	Caudal [l/s]	9,303	8,855	9,406	6,032	7,843	8,135	8,747	9,063	8,696	9,043	8,764	9,247	
CL-121	Volumen [m3/mes]	8.548	17.241	22.852	25.529	25.674	25.795	26.186	26.825	25.623	26.326	25.425	26.308	282.332
	Caudal [l/s]	3,191	7,127	8,532	9,849	9,586	9,952	9,777	10,015	9,885	9,829	9,809	9,822	
CL-122	Volumen [m3/mes]	16.187	13.265	15.839	13.309	13.614	9.930	10.395	12.501	10.298	10.636	10.427	10.522	146.923

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
	Caudal [l/s]	6,044	5,483	5,914	5,135	5,083	3,831	3,881	4,667	3,973	3,971	4,023	3,928	
CL-124	Volumen [m3/mes]	9.928	9.861	10.396	10.192	9.964	8.529	8.716	8.890	8.651	9.183	8.961	9.132	112.403
	Caudal [l/s]	3,707	4,076	3,881	3,932	3,720	3,291	3,254	3,319	3,338	3,429	3,457	3,409	
CL-125	Volumen [m3/mes]	8.859	7.733	11.630	11.241	11.566	11.764	13.167	12.871	12.900	13.203	12.939	13.148	141.021
	Caudal [l/s]	3,308	3,197	4,342	4,337	4,318	4,539	4,916	4,805	4,977	4,929	4,992	4,909	
CL-126	Volumen [m3/mes]	10.788	10.817	11.882	11.443	10.901	10.433	12.006	12.058	10.975	11.846	11.403	11.506	136.058
	Caudal [l/s]	4,028	4,471	4,436	4,415	4,070	4,025	4,483	4,502	4,234	4,423	4,399	4,296	
CL-127	Volumen [m3/mes]	20.419	14.694	20.088	19.173	18.074	13.859	20.898	22.288	20.978	22.526	21.862	21.900	236.759
	Caudal [l/s]	7,624	6,074	7,500	7,397	6,748	5,347	7,802	8,321	8,093	8,410	8,434	8,177	
CL-130	Volumen [m3/mes]	9.189	6.639	6.227	4.959	5.021	4.427	4.824	4.017	1.328	0	0	0	46.631
	Caudal [l/s]	3,431	2,744	2,325	1,913	1,875	1,708	1,801	1,500	0,512	0	0	0	
CL-133	Volumen [m3/mes]	30.913	29.477	32.632	30.574	30.057	29.991	31.818	30.199	33.514	39.351	37.013	39.192	394.731
	Caudal [l/s]	11,542	12,185	12,183	11,796	11,222	11,571	11,879	11,275	12,930	14,692	14,280	14,633	
CL-134	Volumen [m3/mes]	22.130	19.996	21.193	20.614	20.801	21.058	17.598	20.963	19.151	19.719	19.235	19.989	242.447
	Caudal [l/s]	8,262	8,266	7,913	7,953	7,766	8,124	6,570	7,827	7,389	7,362	7,421	7,463	
CL-136	Volumen [m3/mes]	8.706	8.329	8.794	8.737	9.108	9.195	9.138	8.840	7.167	7.839	7.764	8.363	101.980
	Caudal [l/s]	3,250	3,443	3,283	3,371	3,401	3,547	3,412	3,300	2,765	2,927	2,995	3,122	
CL-137	Volumen [m3/mes]	17.852	14.526	17.472	16.678	17.402	15.821	17.372	17.403	16.596	17.592	16.599	17.149	202.462
	Caudal [l/s]	6,665	6,004	6,523	6,434	6,497	6,104	6,486	6,498	6,403	6,568	6,404	6,403	
CL-140	Volumen [m3/mes]	23.585	21.645	24.174	23.266	23.375	19.489	16.673	22.527	21.258	24.032	23.928	23.538	267.490
	Caudal [l/s]	8,806	8,947	9,026	8,976	8,727	7,519	6,225	8,411	8,201	8,973	9,231	8,788	
CL-142	Volumen [m3/mes]	32.207	29.508	28.267	22.792	28.446	4.850	1.287	2.074	290	31.506	30.717	23.265	235.209
	Caudal [l/s]	12,025	12,197	10,554	8,793	10,621	1,871	0,481	0,774	0,112	11,763	11,851	8,686	
CL-143	Volumen [m3/mes]	21.813	19.959	23.300	22.065	22.319	3.817	27	578	95	20.719	14.957	22.151	171.800
	Caudal [l/s]	8,144	8,250	8,699	8,513	8,333	1,473	0,010	0,216	0,037	7,736	5,770	8,270	

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
CL-149	Volumen [m3/mes]	2.480	0	81	11	0	0	0	0	0	0	0	41	2.613
	Caudal [l/s]	0,926	0	0,030	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0,015	
CL-150	Volumen [m3/mes]	4.964	3.034	2.907	2.542	2.788	2.224	2.437	3.083	2.870	2.558	2.254	2.404	34.065
	Caudal [l/s]	1,853	1,254	1,085	0,981	1,041	0,858	0,910	1,151	1,107	0,955	0,870	0,898	
CL-151	Volumen [m3/mes]	7.240	6.101	5.113	5.011	4.345	2.722	5.000	1.277	3.527	2.818	3.688	3.721	50.563
	Caudal [l/s]	2,703	2,522	1,909	1,933	1,622	1,050	1,867	0,477	1,361	1,052	1,423	1,389	
CL-152	Volumen [m3/mes]	11.468	9.940	11.331	11.614	10.696	10.021	10.955	10.945	10.762	9.592	8.726	9.251	125.301
	Caudal [l/s]	4,282	4,109	4,231	4,481	3,993	3,866	4,090	4,086	4,152	3,581	3,367	3,454	
CL-154	Volumen [m3/mes]	21.144	18.037	20.991	21.054	23.880	20.184	12.081	9.296	487	11.185	13.854	15.690	187.883
	Caudal [l/s]	7,894	7,456	7,837	8,123	8,916	7,787	4,511	3,471	0,188	4,176	5,345	5,858	
CL-157	Volumen [m3/mes]	13.377	15.221	16.929	696	534	250	0	0	0	0	0	0	47.007
	Caudal [l/s]	4,994	6,292	6,321	0,269	0,199	0,096	0	0	0	0	0	0	
CL-158	Volumen [m3/mes]	12.443	10.146	10.780	9.913	9.502	8.120	8.209	7.347	7.616	6.261	5.326	5.983	101.646
	Caudal [l/s]	4,646	4,194	4,025	3,824	3,548	3,133	3,065	2,743	2,938	2,338	2,055	2,234	
CL-159	Volumen [m3/mes]	615	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	615
	Caudal [l/s]	0,230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CL-162	Volumen [m3/mes]	9.373	9.868	10.640	10.225	11.173	9.045	6.007	10.310	9.152	10.178	3.867	0	99.838
	Caudal [l/s]	3,499	4,079	3,973	3,945	4,172	3,490	2,243	3,849	3,531	3,800	1,492	0	
CL-163	Volumen [m3/mes]	7.331	6.469	7.351	7.079	6.574	7.140	7.340	7.258	6.872	7.079	7.548	8.575	86.616
	Caudal [l/s]	2,737	2,674	2,745	2,731	2,454	2,755	2,740	2,710	2,651	2,643	2,912	3,202	
CL-168	Volumen [m3/mes]	0	0	808	2.273	2.826	1.839	1.324	2.015	574	0	2.281	2.037	15.977
	Caudal [l/s]	0	0	0,302	0,877	1,055	0,709	0,494	0,752	0,221	0	0,880	0,761	
CL-172	Volumen [m3/mes]	23.210	20.475	21.844	19.992	16.526	20.524	21.807	21.469	23.807	27.696	27.393	27.601	272.344
	Caudal [l/s]	8,666	8,464	8,156	7,713	6,170	7,918	8,142	8,016	9,185	10,341	10,568	10,305	
CL-175	Volumen [m3/mes]	0	0	0	0	0	0	5.657	8.331	0	0	5.965	11.869	31.822

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
	Caudal [l/s]	0	0	0	0	0	0	2,112	3,110	0	0	2,301	4,431	
CL-176	Volumen [m3/mes]	3.837	4.541	4.717	4.834	619	3.478	4.824	529	2.620	165	2.895	4.734	37.793
	Caudal [l/s]	1,433	1,877	1,761	1,865	0,231	1,342	1,801	0,198	1,011	0,062	1,117	1,767	
CL-177	Volumen [m3/mes]	7.397	6.278	6.768	6.206	6.288	5.881	5.907	5.651	5.257	5.166	5.283	5.538	71.620
	Caudal [l/s]	2,762	2,595	2,527	2,394	2,348	2,269	2,205	2,110	2,028	1,929	2,038	2,068	
CL-179	Volumen [m3/mes]	14.081	15.632	16.348	12.568	15.147	14.918	15.064	15.693	18.097	17.692	16.794	16.994	189.028
	Caudal [l/s]	5,257	6,462	6,104	4,849	5,655	5,755	5,624	5,859	6,982	6,605	6,479	6,345	
CL-182	Volumen [m3/mes]	13.642	12.307	12.614	13.181	12.876	11.578	13.351	10.532	12.498	12.383	10.014	10.373	145.349
	Caudal [l/s]	5,093	5,087	4,710	5,085	4,807	4,467	4,985	3,932	4,822	4,623	3,863	3,873	
CL-184	Volumen [m3/mes]	7.658	7.620	9.464	8.994	8.571	8.194	8.830	8.809	3.481	6.852	6.365	8.349	93.187
	Caudal [l/s]	2,859	3,150	3,533	3,470	3,200	3,161	3,297	3,289	1,343	2,558	2,456	3,117	
CL-185	Volumen [m3/mes]	39.044	34.904	37.703	38.269	48.324	48.816	48.232	50.358	49.142	50.135	47.759	47.571	540.257
	Caudal [l/s]	14,577	14,428	14,077	14,764	18,042	18,833	18,008	18,802	18,959	18,718	18,426	17,761	
CL-186	Volumen [m3/mes]	19.719	15.610	18.161	27	3.510	17.001	19.288	19.424	17.365	19.089	18.841	19.391	187.426
	Caudal [l/s]	7,362	6,453	6,781	0,010	1,310	6,559	7,201	7,252	6,699	7,127	7,269	7,240	
CL-187	Volumen [m3/mes]	5.702	5.272	5.187	4.503	4.631	2.835	0	11.060	14.364	10.687	9.596	11.563	85.400
	Caudal [l/s]	2,129	2,179	1,937	1,737	1,729	1,094	0	4,129	5,542	3,990	3,702	4,317	
CL-188	Volumen [m3/mes]	5.119	4.477	5.469	5.353	5.566	5.015	4.812	4.986	4.856	4.804	4.371	4.544	59.372
	Caudal [l/s]	1,911	1,851	2,042	2,065	2,078	1,935	1,797	1,862	1,873	1,794	1,686	1,697	
CL-201	Volumen [m3/mes]	13.756	10.482	10.462	11.592	12.786	11.207	11.360	11.478	11.115	11.452	10.507	11.025	137.222
	Caudal [l/s]	5,136	4,333	3,906	4,472	4,774	4,324	4,241	4,285	4,288	4,276	4,054	4,116	
CL-202	Volumen [m3/mes]	8.732	8.166	9.937	8.413	7.506	8.645	8.620	10.908	12.000	10.887	10.068	11.281	115.163
	Caudal [l/s]	3,260	3,375	3,710	3,246	2,802	3,335	3,218	4,073	4,630	4,065	3,884	4,212	
CL-204	Volumen [m3/mes]	25.764	21.432	23.446	22.708	23.075	22.262	24.181	25.031	24.682	25.388	23.590	24.449	286.008
	Caudal [l/s]	9,619	8,859	8,754	8,761	8,615	8,589	9,028	9,346	9,522	9,479	9,101	9,128	

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
CL-205	Volumen [m3/mes]	4.696	5.785	4.558	3.758	4.222	3.564	3.240	3.901	3.855	2.414	3.465	3.337	46.795
	Caudal [l/s]	1,753	2,391	1,702	1,450	1,576	1,375	1,210	1,456	1,487	0,901	1,337	1,246	
CL-206	Volumen [m3/mes]	0	0	6.617	21	868	82	6.647	8.137	7.391	7.754	6.993	7.971	52.481
	Caudal [l/s]	0	0	2,471	0,008	0,324	0,032	2,482	3,038	2,851	2,895	2,698	2,976	
CL-207	Volumen [m3/mes]	14.465	14.397	14.627	13.527	12.463	12.900	12.703	12.715	12.832	12.571	10.503	9.735	153.438
	Caudal [l/s]	5,401	5,951	5,461	5,219	4,653	4,977	4,743	4,747	4,951	4,693	4,052	3,635	
CL-208	Volumen [m3/mes]	8.874	8.270	9.087	8.623	8.911	8.205	8.313	9.954	9.119	10.077	10.256	10.500	110.189
	Caudal [l/s]	3,313	3,418	3,393	3,327	3,327	3,166	3,104	3,716	3,518	3,762	3,957	3,920	
CL-209	Volumen [m3/mes]	22.763	16.869	16.299	15.866	10.130	11.242	15.158	17.663	13.726	10.571	13.810	16.981	181.078
	Caudal [l/s]	8,499	6,973	6,085	6,121	3,782	4,337	5,659	6,595	5,296	3,947	5,328	6,340	
CL-223	Volumen [m3/mes]	0	0	0	0	6.885	5.744	6.105	5.455	5.170	5.326	5.666	5.227	45.578
	Caudal [l/s]	0	0	0	0	2,571	2,216	2,279	2,037	1,995	1,989	2,186	1,952	
													Volumen total anual área de extracción A1 [m3/año]	**9.142.436**
Caudal mensual A1 [l/s]		302,096	300,134	313,199	274,441	276,011	259,358	274,967	284,422	271,853	305,530	309,914	306,501	-
													Caudal medio anual área de extracción A1 [l/s]	**289,905**
Pozo	**Volumen/Caudal**	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**	**Volumen total [m3/año]**
ÁREA A2														
CL-1	Volumen [m3/mes]	31.428	22.233	16.745	25	183	76	0	4.868	11.181	21.011	826	3.828	112.404
	Caudal [l/s]	11,734	9,190	6,252	0,010	0,068	0,029	0	1,818	4,314	7,845	0,319	1,429	
CL-23	Volumen [m3/mes]	68.289	61.054	65.505	74.752	76.331	41.317	70.859	80.702	66.218	65.551	65.373	80.479	816.430
	Caudal [l/s]	25,496	25,237	24,457	28,840	28,499	15,940	26,456	30,131	25,547	24,474	25,221	30,047	
CL-45	Volumen [m3/mes]	56.858	59.035	57.598	52.143	57.169	74.134	66.777	62.516	67.019	66.290	70.911	72.706	763.156
	Caudal [l/s]	21,228	24,403	21,505	20,117	21,344	28,601	24,932	23,341	25,856	24,750	27,358	27,145	
CL-173A	Volumen [m3/mes]	28.229	27.288	29.832	30.197	23.783	25.638	24.887	18.728	26.658	23.203	21.136	17.094	296.673
	Caudal [l/s]	10,540	11,280	11,138	11,650	8,880	9,891	9,292	6,992	10,285	8.663	8.154	6.382	

Tabla 5-26 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año calendario 2025

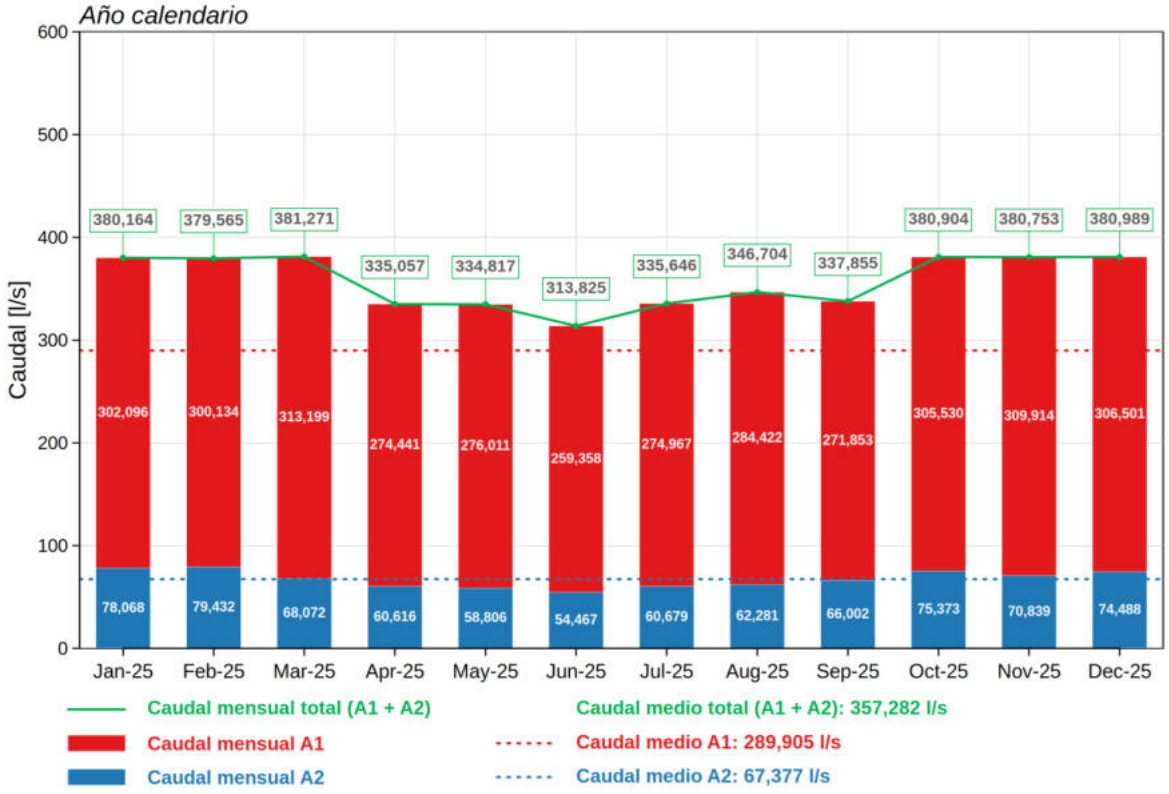
Pozo	Volumen/Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m3/año]
CL-203	Volumen [m3/mes]	24.293	22.551	12.643	0	39	14	0	0	0	25.825	25.369	25.402	136.136
	Caudal [l/s]	9,070	9,322	4,720	0	0,015	0,005	0	0	0	9,642	9,787	9,484	
Volumen total anual área de extracción A2 [m3/año]														**2.124.799**
Caudal mensual A2 [l/s]		78,068	79,432	68,072	60,616	58,806	54,467	60,679	62,281	66,002	75,373	70,839	74,488	-
Caudal medio anual área de extracción A2 [l/s]														**67,377**
Volumen total de extracción Salmuera [m3/año]														**11.267.235**
Caudal medio anual total [l/s]														**357,282**

Fuente: Elaboración propia

Los caudales mensuales de extracción de salmuera durante el año calendario 2025 en las áreas A1 y A2 se presentan en el gráfico de columnas apiladas de la Figura 5-131. De la Tabla 5-26 se tiene que los caudales mensuales promedio más bajos en las áreas A1 y A2 fueron de 259,358l/s y 54,467l/s, respectivamente, ambos observados en junio. Por otra parte, los caudales máximos en las áreas A1 y A2 fueron de 313,199l/s y 79,432 l/s, respectivamente, en marzo para el área A1 y febrero el área A2. Los caudales medios anuales en las áreas A1 y A2 fueron de 289,905 l/s y 67,377 l/s, respectivamente.

La Figura 5-131 también muestra el caudal total de salmuera (línea verde), el que considera el total de pozos en el sector A1 (68 pozos) y en el sector A2 (5 pozos). Se observa que el menor caudal total en ambas áreas (A1+A2) es de 313,825 l/s en junio 2025, mientras que el mayor caudal total es de 381,271 l/s en marzo 2025. Y, por último, se tiene un caudal medio anual total para el año calendario 2025 de 357,282 l/s.

Figura 5-131 Caudal medio mensual de extracción de salmuera por zona, año calendario 2025



Nota: Los caudales totales se calculan desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

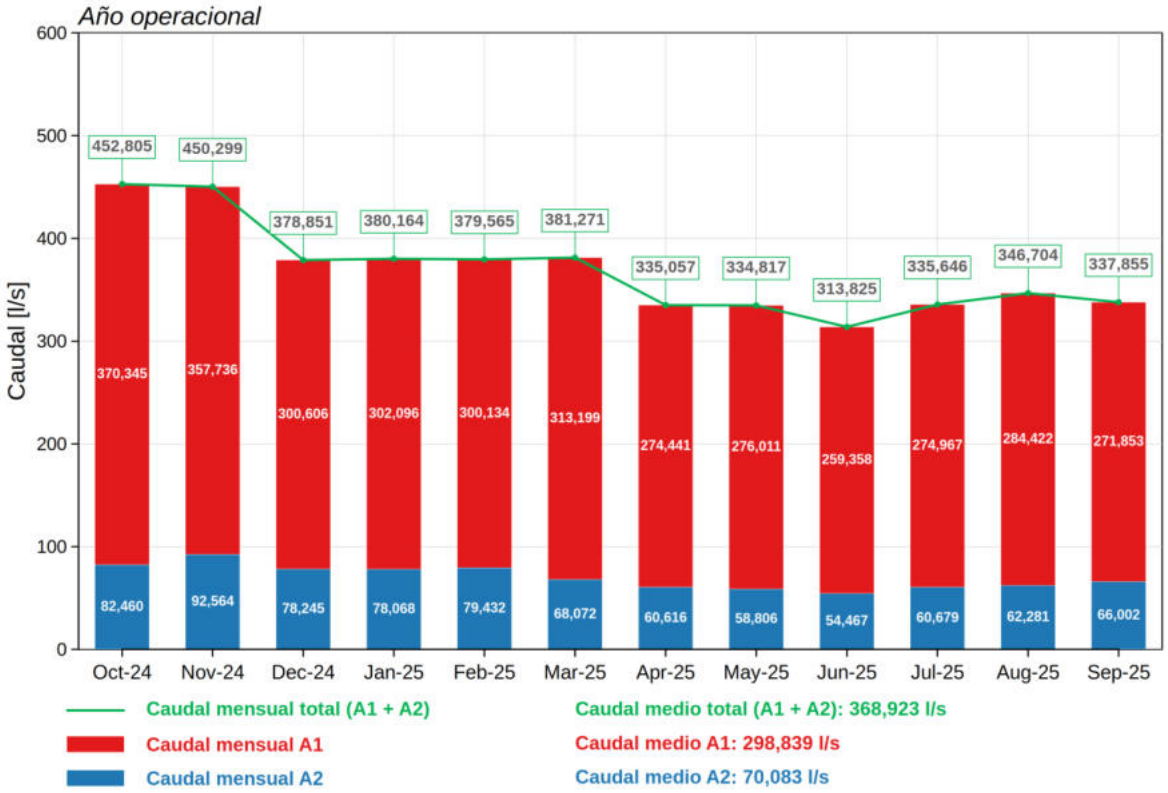
Se debe tener en cuenta que de acuerdo a la Res Ex N°427/2021 de la Superintendencia del Medio Ambiente, en el Considerando 11, letra B.2: *"Atendiendo a la fecha de inicio reportada por el titular, para efectos de la definición y verificación del caudal medio anual autorizado, esta Superintendencia considera que, de acuerdo a las obligaciones establecidas en la RCA N° 21/2016, cada "año" debe entenderse comprendido entre octubre del año "t" y septiembre*

del año "t+1" (periodo de 12 meses corridos)" y la Res. Ex. N°1510/2021 de la SMA, en su Resuelvo, Primero: *"…para el cálculo y verificación del promedio anual de salmuera, corresponde a un periodo de 12 meses comprendido entre el 01 de octubre del año "t" y el 30 de septiembre del año "t+1" (año operacional)"*. Debido a lo mencionado anteriormente, desde el Informe Anual N°6 del PSAH, Albemarle considera lo indicado en las resoluciones citadas, es decir, que el cumplimiento de sus compromisos ambientales para la extracción de salmuera corresponde a lo extraído en el año operacional según la fecha de inicio del proyecto, el que inicia los meses de octubre, es decir, el año operacional comienza en octubre y termina en septiembre de cada año.

En este contexto, el volumen de extracción total de salmuera del año operacional 2024-2025 fue de 11.634.355 m^3, lo que equivale a un caudal medio anual de 368,923 l/s, mientras que para el área A1 el volumen total de extracción del año operacional fue de 9.424.202 m^3 equivalente a un caudal medio anual de 298,839 l/s y, para el área A2, el volumen total de extracción fue de 2.210.153 m^3, equivalente a un caudal medio anual de 70,083 l/s. Los datos de volúmenes y cálculos de caudales de los pozos mencionados para este año operacional octubre 2024 a septiembre 2025 y para el año calendario 2025 se encuentra disponible en el Anexo J.

En la Figura 5-132 se muestra la extracción mensual de salmuera de Albemarle para el operacional 2024-2025, en donde se observa que el caudal total mínimo se registra en junio 2025 con 313,825l/s, mientras que el caudal total máximo se mide en octubre 2024 con 452,805l/s.

Figura 5-132 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, año operacional 2024-2025 (extracción total de zonas A1 y A2)



Nota: Los caudales totales se calculan como corresponde desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

Es relevante mencionar que el caudal total bombeado de salmuera queda sujeto a restricciones, según las medidas asociados a las posibles activaciones del PAT (Plan de Alerta Temprana), el cual se describe en Anexo 3 de la Adenda 5 de la evaluación ambiental del proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”. Lo anterior se detalla en la subsección 6.1.9.1.1.

5.9.2 Caudales bombeados en agua dulce-salobre

La extracción de agua dulce-salobre se realiza desde la vertiente Tilopozo[23] y el pozo Tucúcaro[24], ubicados en la zona marginal, en el sector La Punta-La Brava. Ambas captaciones cuentan con derechos de aprovechamiento de agua de 8,5 l/s y de 10 l/s, respectivamente, mientras que la aprobación ambiental establecida en la RCA N°21/2016 para el ejercicio de sus derechos es por un máximo de 16,9 l/s entre ambos puntos simultáneamente. Adicionalmente, se cuenta con un derecho de aprovechamiento de 5 l/s en el pozo Peine[25].

23 Conforme a R.E. N°316/1983 DGA, permite aprovechamiento de aguas por 8,5 l/s.
24 Conforme a R.E. N°453/1996 DGA, permite aprovechamiento de aguas por 10,0 l/s.
25 Conforme a R.E. N°584/2000 DGA, permite aprovechamiento de aguas por 5,0 l/s.

Los volúmenes y caudales bombeados en estos pozos durante 2025 se presentan resumidos en la Tabla 5-27. El caudal medio para el año calendario 2025 es de 5,785 l/s en la Vertiente Tilopozo, de 1,673 l/s en Tucúcaro y de 0,013 l/s en Peine. El volumen anual dado por la suma del volumen de los tres puntos de extracción es de 235.634 m^3, lo que da un caudal medio mensual de 7,472 l/s para el año calendario 2025. Por otro lado, para el año operacional 2024-2025, el volumen anual dado por la suma de los tres puntos es de 239.278 m^3 que representa el caudal medio anual de 7,587 l/s.

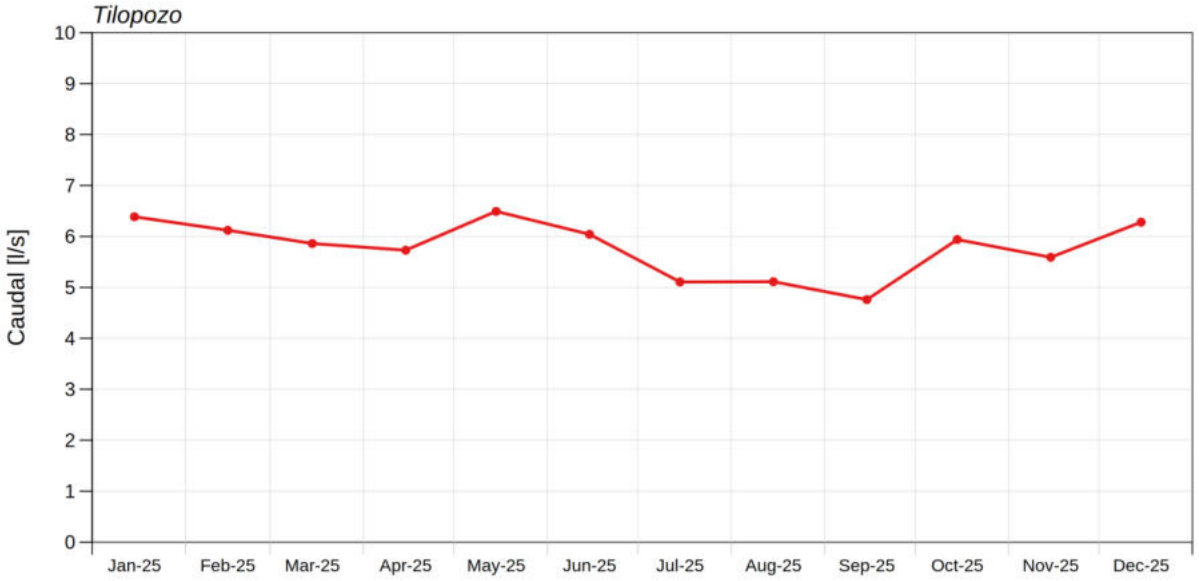
Tabla 5-27 Caudales promedio y volúmenes bombeados de agua dulce-salobre, año calendario 2025

Año Calendario	Vertiente Tilopozo		Tucúcaro		Peine	
	Volumen [m^3/mes]	Caudal [l/s]	Volumen [m^3/mes]	Caudal [l/s]	Volumen [m^3/mes]	Caudal [l/s]
Enero	17.105	6,386	6.499	2,426	80	0,030
Febrero	14.808	6,121	4.951	2,047	43	0,018
Marzo	15.698	5,861	4.195	1,566	36	0,013
Abril	14.853	5,730	5.683	2,193	20	0,008
Mayo	17.391	6,493	2.111	0,788	24	0,009
Junio	15.660	6,042	1.542	0,595	32	0,012
Julio	13.678	5,107	4.297	1,604	21	0,008
Agosto	13.692	5,112	4.027	1,504	48	0,018
Septiembre	12.337	4,760	4.051	1,563	9	0,003
Octubre	15.907	5,939	4.103	1,532	49	0,018
Noviembre	14.492	5,591	4.510	1,740	36	0,014
Diciembre	16.820	6,280	6.802	2,540	24	0,009
Volumen anual [m^3/año] /Caudal promedio anual [l/s]	182.441	5,785	52.771	1,673	422	0,013

Fuente: Elaboración propia

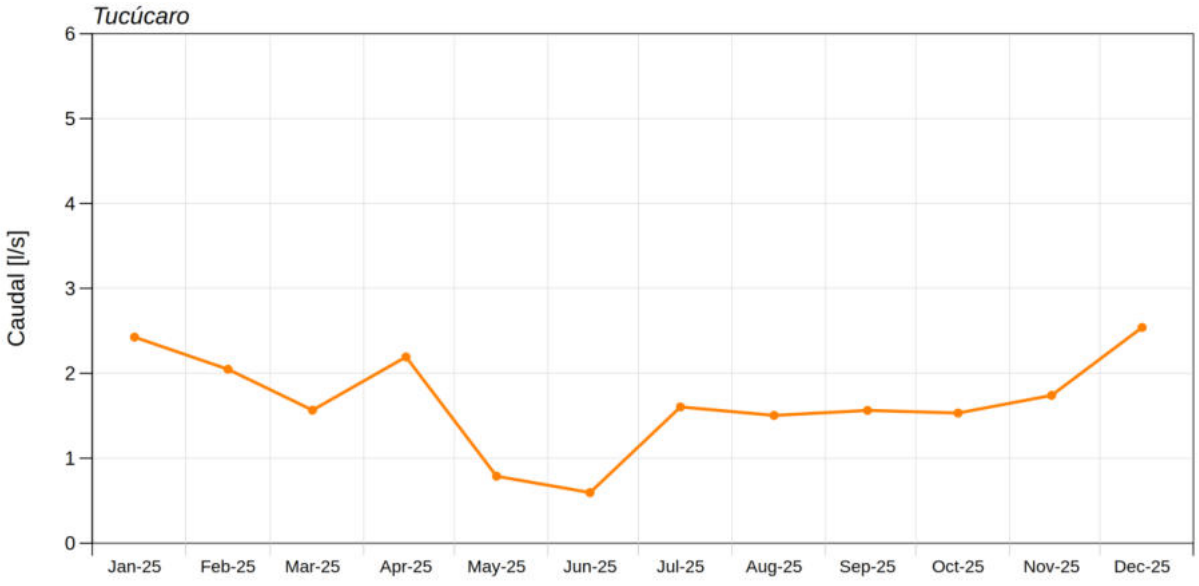
Los caudales que han sido bombeados durante el 2025 en la Vertiente Tilopozo, y los pozos Tucúcaro y Peine, se presentan en los gráficos de las Figura 5-133, Figura 5-134 y Figura 5-135 respectivamente.

Figura 5-133 Caudales mensuales 2025 bombeados en Vertiente Tilopozo



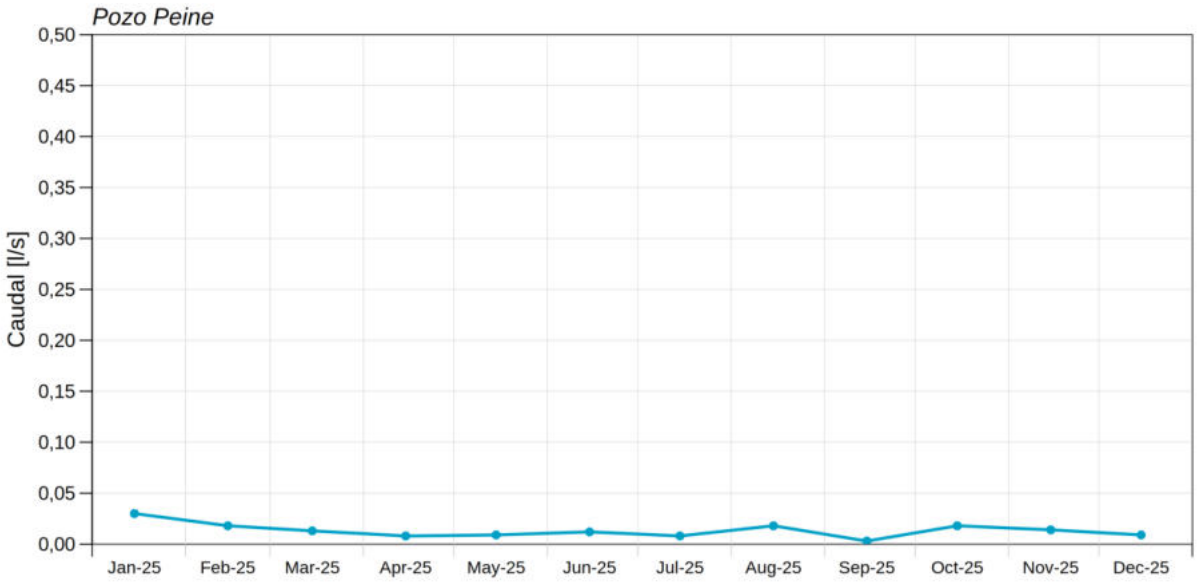
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-134 Caudales mensuales 2025 bombeados en pozo Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-135 Caudales mensuales 2025 bombeados en pozo Peine



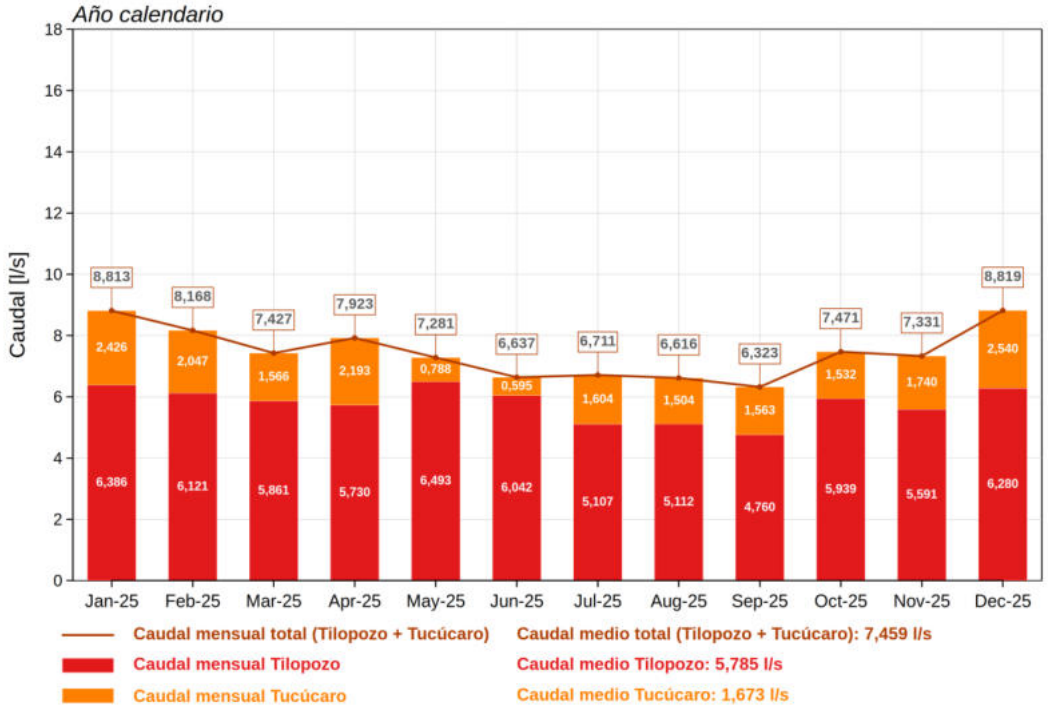
Fuente: Elaboración propia

Dado que en el marco de la aprobación ambiental que establece un caudal máximo de 16,9 l/s entre Vertiente Tilopozo y Tucúcaro, se representan, en la Figura 5-136 los caudales en conjunto de ambos puntos (Vertiente Tilopozo y Tucúcaro) para el año calendario 2025. La figura (Figura 5-136) presenta un gráfico de columnas apiladas, de manera que el alto de la barra corresponde a la suma de caudal entre ambas captaciones. En la figura (Figura 5-136) se observa que el caudal bombeado en forma conjunta alcanza un máximo de 8,819 l/s en diciembre 2025, mientras que el caudal mínimo bombeado en forma conjunta es de 6,323 l/s, en septiembre 2025. El caudal promedio anual (año calendario) bombeado en forma conjunta es de 7,459 l/s (Puntos Vertiente Tilopozo y Tucúcaro).

Luego, en la Figura 5-137, se representa en conjunto los caudales de los puntos Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante el año operacional 2024-2025 en un gráfico de columnas apiladas. En esta figura se observa que el caudal bombeado en forma conjunta alcanza un máximo de 9,319 l/s en diciembre 2024, mientras que el mínimo caudal bombeado en forma conjunta es de 6,323 l/s en septiembre 2025. El caudal medio del año operacional bombeado en forma conjunta es de 7,567 l/s (Puntos Vertiente Tilopozo y Tucúcaro).

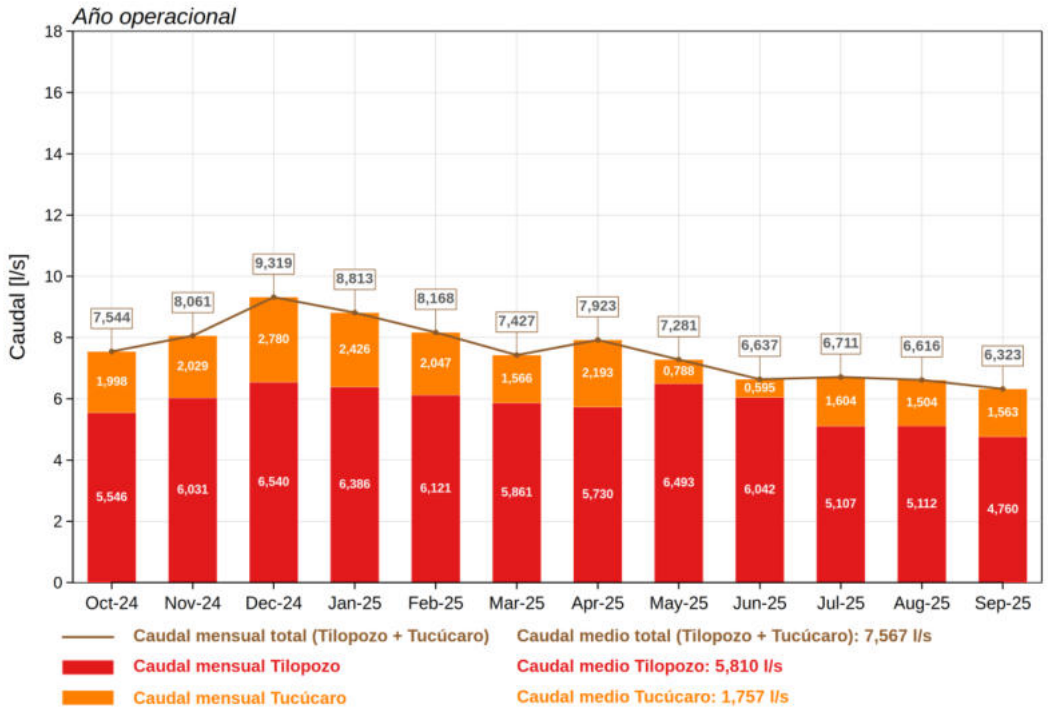
Es relevante mencionar que el caudal total bombeado agua dulce-salobre queda sujeto a las restricciones según las medidas asociados a las posibles activaciones del PAT sector Alerta Acuífero, el cual se describe en Anexo 3 de la Adenda 5 de la evaluación ambiental del proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, lo que se detalla en la subsección 6.1.9.2.1. Los datos de volúmenes y caudales de los pozos mencionados para el año operacional octubre 2024 a septiembre 2025 y para el año calendario 2025 se encuentra disponible en el Anexo J.

Figura 5-136 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año calendario 2025



Nota: Los caudales totales se calculan, como corresponde, desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-137 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año operacional 2024-2025



Nota: Los caudales totales se calculan, como corresponde, desde los volúmenes totales

Fuente: Elaboración propia

5.10 Limites Comprometidos por Variable y Limites PAT

En la siguiente sección se presentan los límites comprometidos de los parámetros asociados a las componentes ambientales y los límites (umbrales) de los puntos del Plan de Alerta Temprana (PAT).

Se presentan los límites comprometidos, para cada parámetro monitoreado en el área de estudio, esto según la RCA N°21/2016, lo que se muestra en la Tabla 5-28.

Tabla 5-28 Límites comprometidos para cada parámetro

Componente Ambiental	Impacto ambiental potencial	Monitoreo	Parámetros	Niveles o límites Comprometidos
FISICO Clima y Meteorología	No existe impacto asociado	Variables Meteorológicas	Precipitación diaria en [mm] Temperatura atmosférica en [ºC] Evaporación en lámina libre en [mm] Presión atmosférica en [mbar]	No aplica
FISICO Hidrología		Superficie Cubierta por Lagunas	Superficie en [m^2] de sistemas lagunares	Mantener superficie sobre mínimo histórico
		Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Nivel en [m s.n.m.]	Mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural
		Aforo de Caudales superficiales	Caudal en [l/s]	Mantener los caudales dentro de su variación histórica
FÍSICO Hidrogeología	No existe impacto asociado	Evapotranspiración	Flujo de evaporación en [mm/día]	No aplica
		Niveles Freáticos en Salmuera	Profundidad Nivel en [m s.n.m.]	Descenso según modelo
		Niveles Agua dulce-salobre		Mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural
		Posición de la Interfase Salina	Conductividad Eléctrica [µS/cm] v/s Profundidad [m s.n.m.]	Mantener posición de la interfase salina
		Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Caudal de salmuera en [l/s]	Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente
			Caudal de agua industrial en [l/s]	
FISICO Calidad del Agua	No existe impacto asociado	Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	Parámetros Físicos *in situ*: pH, C.E., Tº, TDS y Oxígeno Disuelto.	Mantener parámetros dentro de variabilidad natural
			Parámetros fisicoquímicos laboratorio: pH, C.E., TDS y Densidad.	
			Elementos mayoritarios disueltos: Cl^-, $SO_4^=$, HCO_3^-, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+. (1)	
			Elementos mayoritarios totales: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+. (1)	
			Elementos minoritarios y trazas disueltos: B, Li, Sr. (1)	
			Elementos minoritarios y trazas totales: Al, As, B, Fe, Li, Si, Sr. (1)	

Fuente: modificado de Resolución Exenta 21/2016, con excepción de (1) modificado de Anexo 3, Adenda 5.

En cuanto a los límites establecidos para los puntos que son parte del PAT, a continuación, se presentan los umbrales de activación para el sector de Alerta Norte, sector de Alerta Núcleo y sector Alerta Acuífero, en la Tabla 5-29, Tabla 5-30 y Tabla 5-31, respectivamente.

Cabe destacar que los umbrales de los puntos BA-05, BA-07 y BA-16 pertenecientes al sector de Alerta Acuífero, se actualizaron en el año 2024 según muestra la Tabla 5-31, y cuyas fuentes de información se explican en la sección 5.10.1 con los detalles del cambio de umbrales del sector aprobado por la autoridad (en el sector La Punta-La Brava.

Tabla 5-29 Umbrales de Activación del Sector de Alerta Norte

Nombre	Umbral Fase I (m s.n.m.) PSAD56*	Umbral Fase I (m s.n.m.) WGS84**	Umbral Fase II (m s.n.m.) PSAD56*	Umbral Fase II (m s.n.m.) WGS84**
L1-G4 Pozo	2.298,51	2.299,37	2.298,35	2.299,21
L1-5	2.298,51	2.299,37	2.298,35	2.299,21
L3-9	2.299,37	2.300,25	2.299,34	2.300,22
L4-12	2.298,72	2.299,63	2.298,69	2.299,60
L5-10	2.299,05	2.299,97	2.299,02	2.299,94

* Referencia topográfica según Informe Nº15 del PSAH de SQM, en Datum PSAD56
**Referencia topográfica según Informe N°17 del PSAH de SQM, en Datum WGS84
Fuente: Elaboración propia, en base a Tabla 4-12 Anexo 3 Adenda 5 y referencias indicadas.

Tabla 5-30 Umbrales de Activación del Sector de Alerta Núcleo

Pozo	Año	Periodo	Umbral Fase I	Umbral Fase II	Umbral Final
	Operacional	Operacional	(m s.n.m.)	(m s.n.m.)	(m s.n.m.)
PN-05B	2024-2025	oct. 2024 - sep. 2025	2.298,31	2.298,21	2.297,74
	2025-2026	oct. 2025 - sep. 2026	2.298,28	2.298,18	2.297,74
PN-08A	2024-2025	oct. 2024 - sep. 2025	2.298,34	2.298,25	2.297,82
	2025-2026	oct. 2025 - sep. 2026	2.298,31	2.298,22	2.297,82
PN-14B	2024-2025	oct. 2024 - sep. 2025	2.297,85	2.297,76	2.297,27
	2025-2026	oct. 2025 - sep. 2026	2.297,82	2.297,73	2.297,27
PN-16B	2024-2025	oct. 2024 - sep. 2025	2.298,40	2.298,31	2.297,99
	2025-2026	oct. 2025 - sep. 2026	2.298,38	2.298,29	2.297,99

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 4-3, Tabla 4-4, Tabla 4-5 y Tabla 4-6 de Anexo 3, Adenda 5.

Tabla 5-31 Umbrales de activación de los puntos PAT, BA-28 y BA-30 y actualización de umbrales de activación de los puntos PAT BA-05, BA-07 y BA-16, Sector Alerta Acuífero año 2024

Pozo	Sistema lagunar	Umbral Fase única (m s.n.m.) (Datum WSG84) Adenda 5[1]	Umbral Fase única (m s.n.m.) (Datum WSG84) Actualización mayo 2024
BA-05	La Punta – La Brava	2.300,11[1]	2.300,116[2]
BA-07	La Punta – La Brava	2.299,97[1]	2.299,969[2]
BA-16	La Punta – La Brava	2.300,80[1]	2.300,824[2]
BA-28	Peine	2.300,59[1]	2.300,59
BA-30	Peine	2.301,42[1]	2.301,42

1) Modificado de Tabla 4-10, Anexo 3 de la Adenda 5.
2) Datos actualizados según Res. Ex. N°762 de la SMA con fecha de 20 de mayo 2024.

Fuente: Elaboración Propia

5.10.1 Actualización de cálculo de umbrales para PAT Sector Alerta Acuífero.

De acuerdo con el considerando 10.15 de la RCA N°21/2016, que indica: *"Respecto del cálculo de los umbrales para el sistema La Punta – La Brava, el titular deberá recalcular los umbrales indicados en la Tabla 3-5, pero restando sólo una desviación estándar y no dos desviaciones estándar como está propuesto".*

De acuerdo con lo anterior, mediante la carta ALB-GMA-2022-SMA-012 (Anexo M), Albemarle hace entrega del documento "*Informe Final – Actualización del Cálculo de los Umbrales del Plan de Alerta Temprana Sector Alerta Acuífero*"., con fecha 25 de febrero del 2022. De este informe se desprenden una serie de documentos que dan cuenta del proceso, y los antecedentes requeridos en relación con la actualización de umbrales. En resumen, se puede señalar que: con fecha de 10 de marzo de 2022 mediante el Oficio ORD. SMA N°571, la SMA solicitó a la DGA pronunciamiento técnico referente al informe; posterior a ello, mediante el Oficio ORD. DGA N°82 de septiembre de 2022, la DGA se pronunció con observaciones al respecto.

Después de varios pronunciamientos de observaciones y respuestas, el 29 de noviembre de 2023 mediante el Oficio ORD. DGA N°63, la DGA entregó su pronunciamiento final sobre el compromiso en revisión, aclarando sus pronunciamientos previos e informando cuáles serían los umbrales actualizados a considerar para efectos del seguimiento ambiental del proyecto. Con ello, la SMA, mediante la Res. Ex. N°2056 en diciembre 2023, realiza el último requerimiento de información a Albemarle. El 04 de enero del 2024 mediante la carta ALB-GMA-2024-SMA-001 (Anexo M), Albemarle da respuesta al requerimiento de información solicitado en la resolución anterior, a través de la "*Minuta - Respuesta a la autoridad: Resolución SMA 2056/2023" del 13 de diciembre 2023*".

Finalmente, con fecha de **20 de mayo 2024** se recibe la **Res. Ex. N°762/2024, la cual indica que** entran en vigencia los nuevos umbrales establecidos según la misma resolución. De esta manera, la Tabla 5-31 previa, presenta los valores actualizados y aprobados por la SMA y la DGA de los puntos PAT sector Alerta Acuífero, de La Punta-La Brava (BA-05, BA-07 y BA-16).

6 DISCUSIONES

6.1 Análisis de la variabilidad temporal y/o espacial de las Variables Ambientales y Limites Considerados por Variable

6.1.1 Variables meteorológicas

En el presente subcapítulo, se presenta el análisis histórico de las variables meteorológicas de la estación EM-SCL y EM-Rockwood (Albemarle), las que en su conjunto reportan datos de precipitación, presión atmosférica, temperatura del aire (máxima y mínima) y evaporación de lámina libre.

Además, junto a los datos de las estaciones de Albemarle, se presentan los datos medidos por las estaciones de DGA y de terceros en la cuenca del Salar de Atacama. Entre las estaciones de ALB, DGA y terceros se cuenta con 13 puntos presentadas en la Tabla 6-1, la cual contiene un resumen del periodo disponible de registro para cada estación, y su ubicación. Por último, para ampliar el entendimiento del sistema, y ejecutar un mejor análisis, se utiliza la información proveniente de los pluviómetros que se encuentran instalados en las cercanías de los lisímetros, esto para el caso del sector Norte y Borde Este (PLLS-01, PLLS-02, PLLS-03 y PLLS-04), Núcleo (PLLS-05, PLLS-06 y PLLS-11), Peine (PLLS-07 y PLLS-08), La Punta-La Brava (PLLS-09 y PLLS-10), cuyo resumen de registro se muestra en la Tabla 6-2. En el Anexo A-2, se presenta esta información para los pluviómetros instalados en el Salar de Atacama.

En las variables meteorológicas no aplica límite por variable, por lo que no se hace mención de esto en el presente subcapítulo.

Tabla 6-1 Resumen registros por estación meteorológica

Nombre	Propietario	Sector	Precipitación		Evaporación agua		Evaporación salmuera		Temperatura		Presión Atmosférica	
			Periodo de registro		Periodo de registro		Periodo de registro		Periodo de registro		Periodo de registro	
			Fecha Inicio	Fecha Término	Fecha Inicio	Fecha Término	Fecha Inicio	Fecha Término	Fecha Inicio	Fecha Término	Fecha Inicio	Fecha Término
EM-SCL	ALBEMARLE	Núcleo	ene-97	abr-16	ene-02	dic-16	ene-11	dic-16	ene-09	abr-16	-	-
EM-Rockwood	ALBEMARLE	Núcleo	may-16	dic-25	abr-16	dic-25	abr-16	dic-25	abr-16	dic-25	may-16	dic-25
Camar (3)	DGA	Norte y Borde Este	ene-79	dic-25	-	-	-	-	-	-	-	-
El Tatio (3)	DGA	Norte y Borde Este	jun-77	dic-25	mar-84	may-96	-	-	may-12	may-14	-	-
Peine (4)	DGA	Peine	nov-74	dic-25	nov-74	dic-18	-	-	ene-13	abr-20	-	-
Río Grande (3)	DGA	Norte y Borde Este	ene-77	dic-25	ene-00	ene-00	-	-	-	-	-	-
San Pedro de Atacama (3)	DGA	Norte y Borde Este	ene-59 (8)	dic-25	jul-63	mar-89	-	-	-	-	-	-
Socaire (5)	DGA	Norte y Borde Este	ago-74	dic-25	-	-	-	-	-	-	-	-
Talabre (3)	DGA	Norte y Borde Este	ago-95 (9)	dic-25	-	-	-	-	-	-	-	-
EM-Toconao experimental (6)	DGA	Norte y Borde Este	nov-75	jun-18	nov-75	nov-09	-	-	-	-	-	-
EM-Chaxa (1)	SQM	Núcleo	ago-99	dic-25	ago-99	dic-25	-	-	ago-99	dic-25	sept-22	dic-25
EM-Salar	SQM	Núcleo	sept-99	dic-14	sept-99	dic-14	-	-	-	-	-	-
EM-KCl (2)	SQM	Núcleo	sept-99	dic-25	sept-99	dic-25	-	-	sept-99	dic-25	sept-22	dic-25
EM-Tilopozo (7)	MEL	La Punta – La Brava	ene-15	ago-21	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: para el análisis se usan datos rellenados, ver detalle en Anexo A.

(1) Actualización 2025 tomado de SQM en línea https://www.sqmsenlinea.com/meteorology/231. Consulta 29-01-2026.

(2) EM-KCL reemplazó EM-Salar en el año 2015. Actualización 2025 tomado de SQM en línea https://www.sqmsenlinea.com/meteorology/232. Consulta 29-01-2025.

(3) Datos actualizados a 2025. Solicitados por ley de transparencia y recibidos el 09-01-2026, con carta asociada N°AM006T0028645, ver Anexo M.

(4) Estación meteorológica cuenta con datos hasta abril del 2020, según lo reportado en carta “Respuesta Solicitud Transparencia - AM006W0067963” de fecha 30 de agosto 2021, que se encuentra en Anexo M, y aparece como estación suspendida en sitio de DGA https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes, consultado el 30-01-2026.

(5) Estación meteorológica Socaire sin datos desde 2017, según lo enviado por ley de transparencia, recibidos el 24-02-2023, y que se respalda en la carta N°AM006T0009653 se encuentra en el Anexo M. Sin embargo, en 2025 se reportaron datos según información recibida el 09-01-2026 y carta asociada N°AM006T0028645.

(6) Estación Toconao Experimental se encuentra suspendida, según lo publicado en el sitio de DGA https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes. Consulta realizada 30-01-2026.
(7) Estación meteorológica sin datos actualizados desde 2021. Últimos datos conocidos, tomados del Informe:" Reporte Anual Monitoreo Ambiental Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado, julio 2021".
(8) La estación inició operaciones el 02-09-1958, según una consulta realizada en el sitio de la DGA (https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes) el 19-02-2025. Sin embargo, los registros de precipitaciones comienzan el 01-01-1959.
(9) La estación inició operaciones el 02-01-1995, según una consulta realizada en el sitio de la DGA (https://snia.mop.gob.cl/BNAConsultas/reportes) el 19-02-2025. No obstante, los registros de precipitaciones están disponibles a partir del 01-08-1995.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-2 Resumen registros por pluviómetro PLLS

Nombre	Propietario	Sector	Precipitación		Temperatura	
			Periodo de registro		Periodo de registro	
			Fecha Inicio	Fecha Término	Fecha Inicio	Fecha Término
PLLS-01	Albemarle	Norte y Borde Este	dic-18	dic-25	dic-18	dic-25
PLLS-02	Albemarle	Norte y Borde Este	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-03	Albemarle	Norte y Borde Este	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-04	Albemarle	Norte y Borde Este	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-05	Albemarle	Núcleo	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-06	Albemarle	Núcleo	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-11	Albemarle	Núcleo	dic-18	dic-25	dic-18	dic-25
PLLS-07	Albemarle	Peine	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-08	Albemarle	Peine	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-09	Albemarle	La Punta – La Brava	nov-18	dic-25	nov-18	dic-25
PLLS-10	Albemarle	La Punta – La Brava	dic-18	dic-25	dic-18	dic-25

Fuente: Elaboración propia

Se aclara que, para cumplir con los parámetros de medición comprometidos en la RCA N°21/2016, la estación EM-Rockwood reemplaza a la estación EM-SCL ubicada en Planta Salar a partir de mayo 2016. De este modo, la estadística histórica de las variables meteorológicas de las estaciones de Albemarle considera la integración de los datos mensuales obtenidos por la EM-SCL desde enero 2002 hasta abril 2016 junto a los datos obtenidos por la EM-Rockwood desde mayo 2016 hasta diciembre 2025[26]. Esta estación (EM-Rockwood) se ubica a una distancia de 750 m al noreste de la estación que reemplaza.

A continuación, se presentan cada una de las variables meteorológicas de las estaciones de propiedad de Albemarle y de terceros.

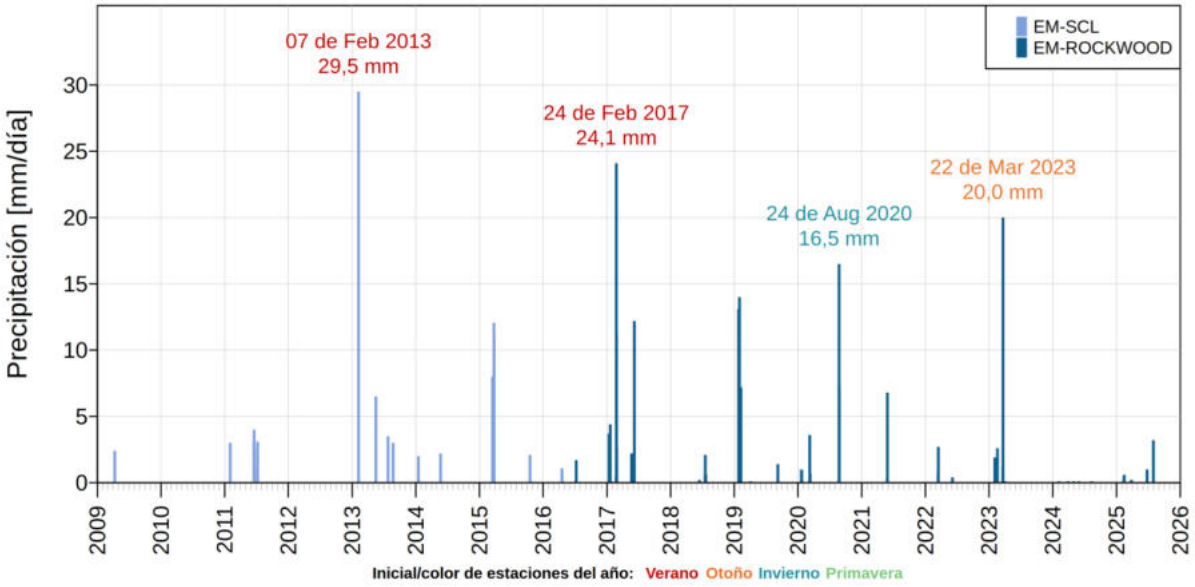
6.1.1.1 Precipitación

El registro histórico de precipitaciones en la estación EM-SCL (Albemarle) presenta frecuencia de medición variable a lo largo del tiempo, de manera que el registro de precipitación mensual se inicia en 2002, mientras que el registro de precipitación diaria se inició en enero 2009. El remplazo de EM-Rockwood en 2016 mantuvo la frecuencia de medición diaria en adelante.

La Figura 6-1 presenta el registro histórico de precipitación diaria desde enero 2009 hasta diciembre 2025 en la estación EM-SCL/EM-Rockwood. En esta figura se observa que las lluvias más intensas registradas en un mismo día alcanzaron 29,5 mm el 7 de febrero 2013, seguidas por los 24,1 mm registrados el 24 de febrero 2017. Otros eventos para destacar son los 20 mm del 22 de marzo 2023 y los 16,5 mm registrados el 24 agosto 2020. Descriptivamente, en la Figura 6-1 se observa un período de recurrencia de 2 años entre eventos de precipitaciones intensas que superan los 10 mm/día de agua caída como se observa en los años 2013, 2015, 2017 y 2019 las que ocurren principalmente en los meses de verano. No obstante, se han identificado precipitaciones diarias sobre los 10 mm en meses del invierno estacional, como es el caso de los años 2017, 2020, 2021 y 2023. Tomando como referencia al año 2024, que fue particularmente seco en la estación, en 2025 se observa un aumento en las precipitaciones diarias en frecuencia y magnitud, con una precipitación anual de 5,9 mm, pero aún muy por debajo de años húmedos, como 2023 (ver Figura 6-6 más adelante).

[26] En el Anexo A-1 se incluyen los datos de precipitación anual de la estación SCL entre 1990 y 2001

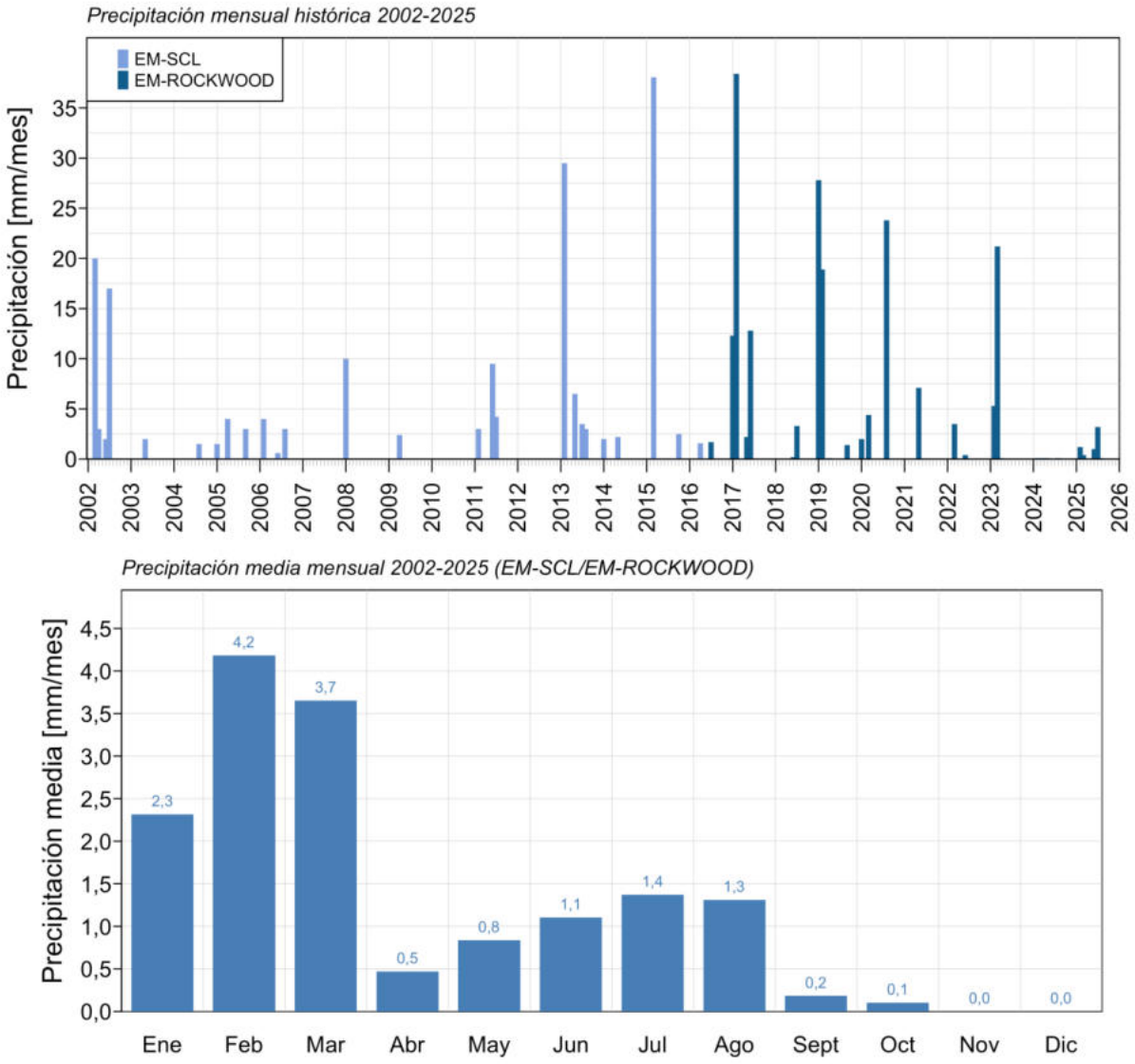
Figura 6-1 Precipitación diaria con datos históricos, periodo 2009-2025



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-2 se presenta el registro mensual histórico de precipitaciones a partir del 2002 en la estación EM-SCL/EM-Rockwood, y se observa que las mayores precipitaciones se desarrollan en los meses estivales caracterizados con el “invierno altiplánico”, con media mensual de 4,2 mm en febrero y 3,7 mm en marzo (2002-2025). Si bien el resto de los meses presentan menores precipitaciones, los meses de junio, julio y agosto (invierno estacional) repuntan con medias mensuales de 1,1 mm, 1,4 mm y 1,3 mm, respectivamente (ver segunda gráfica en Figura 6-2). Lo anterior se expone de forma más puntual en los eventos de julio 2002 (16,7 mm), junio 2011 (9,5 mm), junio 2017 (12,8 mm); y agosto 2020 (23,8 mm). En el año 2025, solo destaca los 3,2 mm del mes de julio.

Figura 6-2 Precipitación mensual con datos históricos, periodo 2002-2025



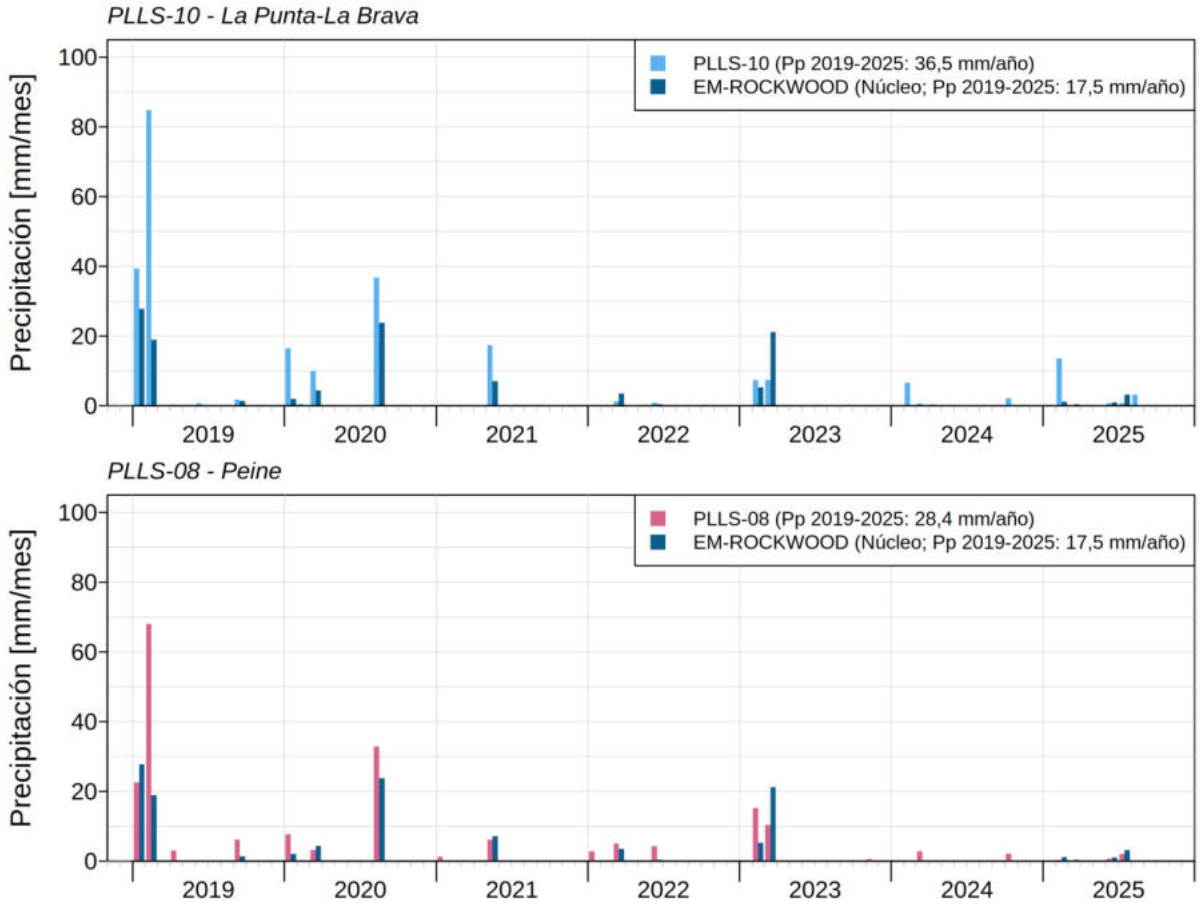
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes gráficas se presentan las precipitaciones mensuales captadas por la red complementaria de pluviómetros PLLS en el periodo 2019-2025, en los sectores La Punta-La Brava y Peine (Figura 6-3), sector Norte y Borde Este (Figura 6-4) y sector Núcleo (Figura 6-5). En cada uno de los paneles se acompaña la precipitación mensual de la estación EM-Rockwood ya presentada, que se ubica en el Núcleo y es la referencia pluviométrica principal en este plan de seguimiento ambiental hídrico.

La Figura 6-3 presenta, en el gráfico superior, la precipitación mensual registrada en PLLS-10, ubicado en el sector La Punta–La Brava, y, en el gráfico inferior, la registrada en PLLS-08, ubicado en el sector Peine, ambas comparadas con EM-Rockwood (Núcleo). En ambos casos, los eventos mensuales son generalmente coincidentes con los registrados en esta última

estación, aunque con mayores magnitudes en los pluviómetros locales, lo que también se refleja en la precipitación media anual del periodo 2019-2025, de 36,5 mm/año en La Punta–La Brava (PLLS-10) y 28,4 mm/año en Peine (PLLS-08), frente a los 17,5 mm/año de EM-Rockwood en 2019-2025. Durante el periodo de registro se observa una disminución en la magnitud de los eventos mensuales, destacando un máximo de 84,8 mm en febrero de 2019 en PLLS-10, mientras que después de 2021 los eventos no superan los 20 mm/mes, situación similar a PLLS-08 en Peine. El último evento de mayor magnitud se registró en invierno, específicamente en agosto de 2020, con 36,8 mm en PLLS-10.

Figura 6-3 Precipitación mensual en los pluviómetros de los sectores La Punta-La Brava y Peine

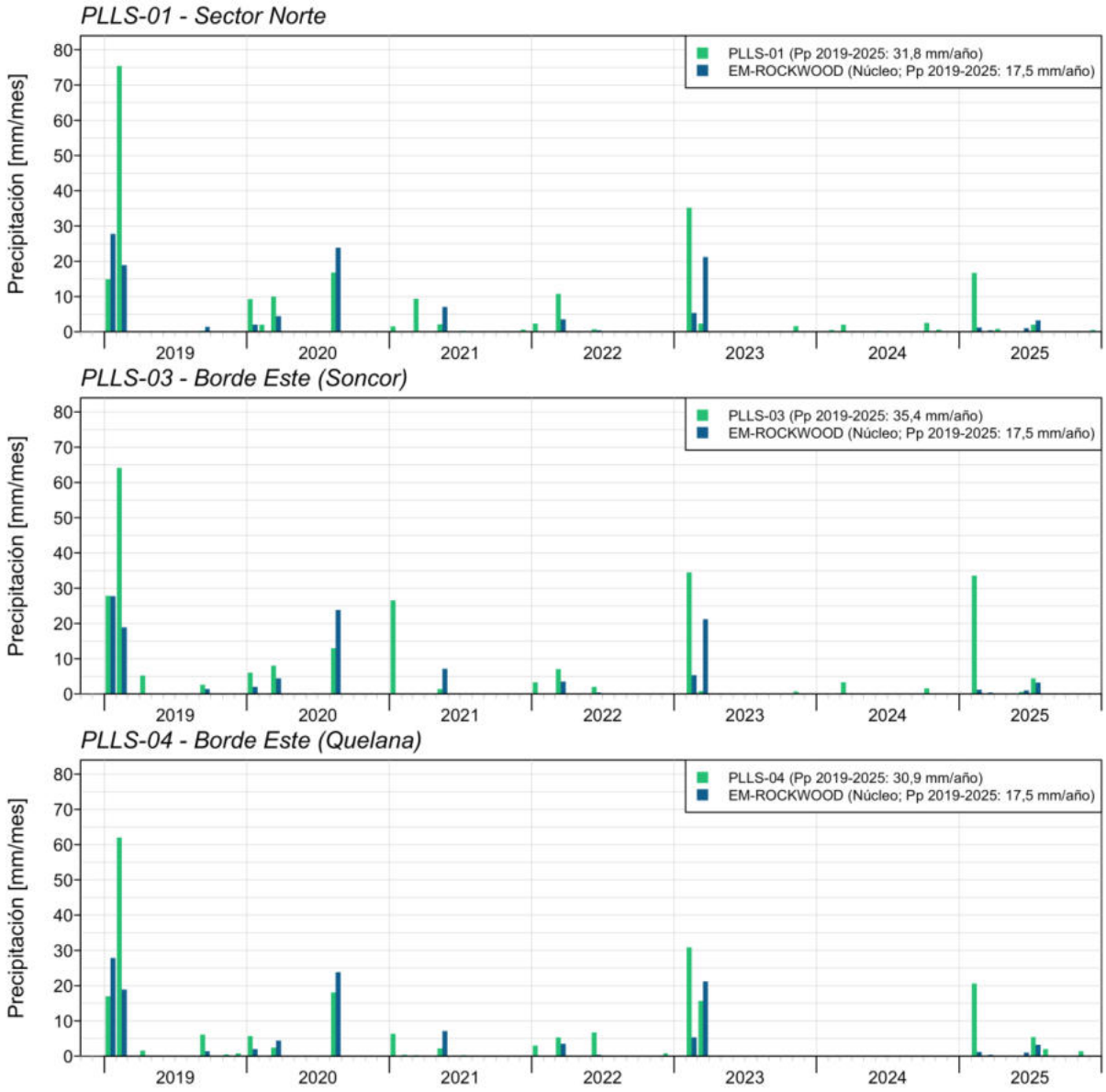


Fuente: Elaboración propia

De manera similar, la Figura 6-4 presenta la precipitación mensual en el gráfico superior registrada en PLLS-01, ubicado en el sector Norte. En los gráficos central e inferior, la registrada en PLLS-03 y PLLS-04, ubicados en el Borde Este, correspondientes a los sistemas lagunares Soncor y Quelana, respectivamente, todas comparadas con EM-Rockwood (Núcleo). En los tres casos, los eventos mensuales de PLLS-01, PLLS-03 y PLLS-04 son generalmente coincidentes con los observados en la estación Rockwood, aunque con mayores magnitudes en los pluviómetros locales, lo que también se refleja en la precipitación media

anual del periodo 2019-2025, de 31,8 mm/año en el sector Norte (PLLS-01), 35,4 mm/año en Soncor (PLLS-03) y 30,9 mm/año en Quelana (PLLS-04), todas muy superiores a los 17,5 mm/año registrados en EM-Rockwood en 2019-2025. Al igual que en la figura anterior, los mayores eventos se concentran en 2019, aunque en años recientes aún se observan eventos relevantes, por ejemplo, en PLLS-03 (Soncor) con un valor mensual de 33,6 mm en febrero de 2025.

Figura 6-4 Precipitación mensual en pluviómetros del Sector Norte y Borde Este

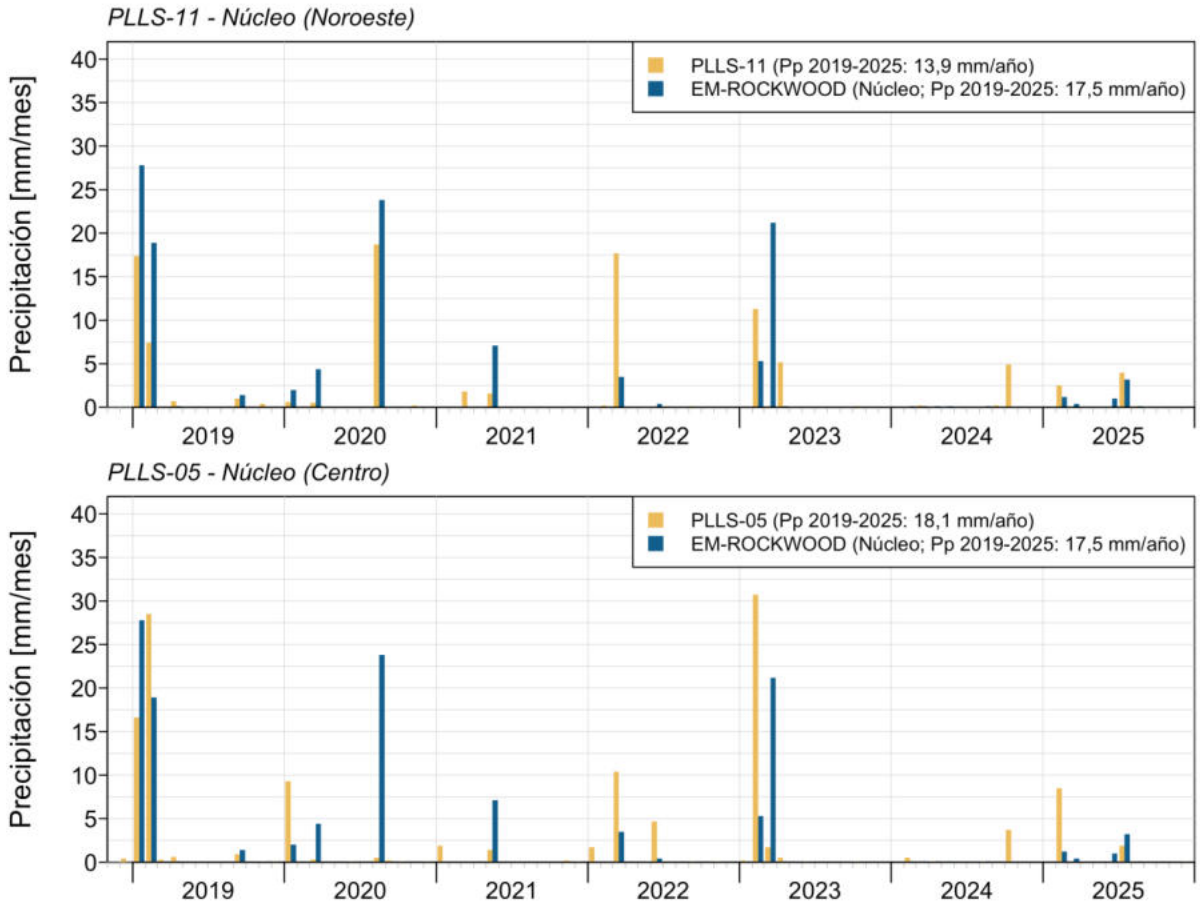


Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la Figura 6-5 presenta la precipitación mensual registrada en dos puntos ubicados en el sector Núcleo: PLLS-11, localizado hacia el noroeste del Núcleo, y PLLS-05, localizado en el centro, comparados igualmente con EM-Rockwood, también emplazada en este mismo

sector. En general, los eventos registrados en estos tres puntos son de magnitud similar y sus precipitaciones medias anuales también resultan comparables, con 13,9 mm/año en PLLS-11 (noroeste), 18,1 mm/año en PLLS-05 (centro) y 17,5 mm/año en EM-Rockwood; sin embargo, la coincidencia temporal entre los eventos mensuales no siempre es tan marcada como cabría esperar tratándose de puntos ubicados dentro de un mismo sector, lo que es consistente con el carácter local y convectivo de las precipitaciones en la zona.

Figura 6-5 Precipitación mensual en pluviómetros del sector Núcleo

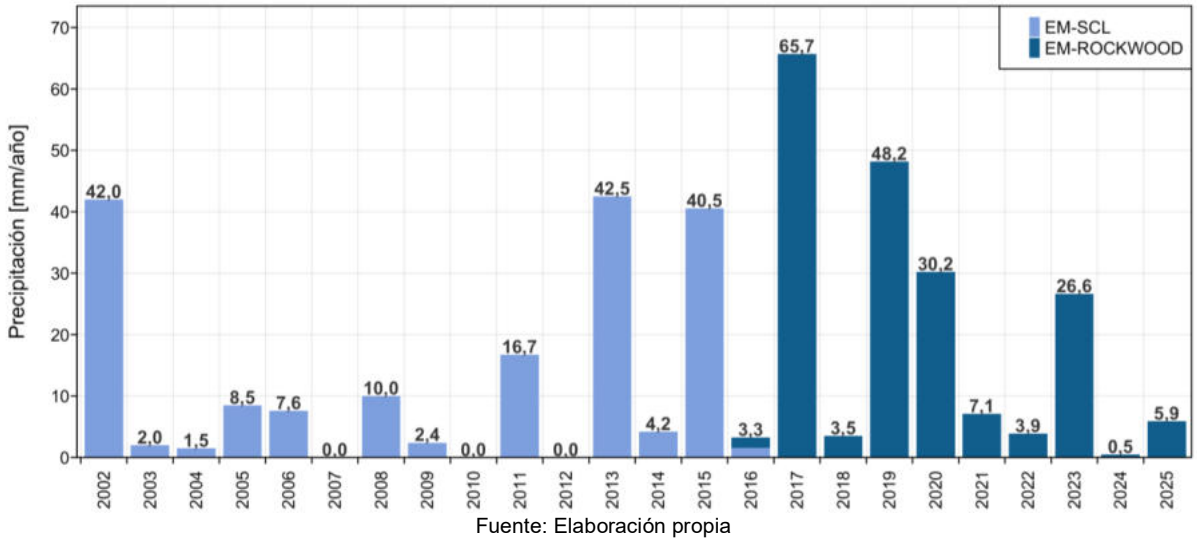


Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-6 presenta la precipitación anual en año calendario de la estación EM-Rockwood, entre el año 2002 y 2025, donde se observa que los años más lluviosos (sobre 40 mm) del registro, en orden decreciente, corresponden a los años 2017, 2019, 2013, 2002 y 2015, alcanzando 65,7 mm; 48,2 m, 42,5 mm, 42 mm y 40,6 mm, respectivamente. En 2025 el acumulado anual de 5,9 mm que si bien es mayor al acumulado de 2024 (0,5 mm), se encuentra por debajo del valor de precipitación promedio histórico anual de 15,5 mm (promedio entre la precipitación anual de los años 2002 a 2025, Tabla 6-3). Por último, desde 2017, se identifica un periodo con disminución gradual de precipitaciones, desde los 65,7 mm en 2017, a menos de 10 mm en 2024 y 2025.

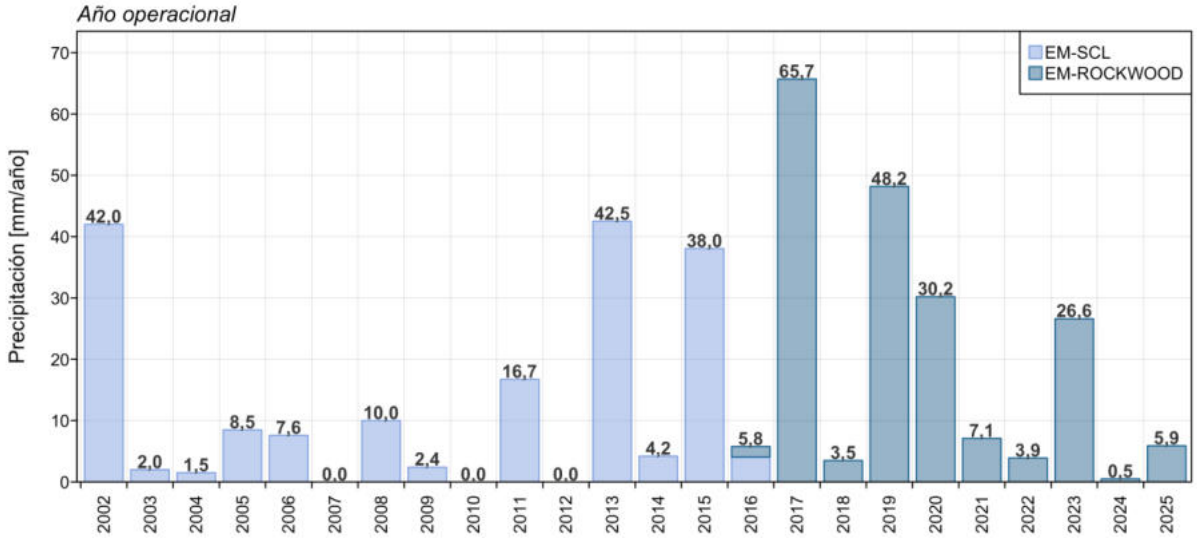
En la Figura 6-7 se presenta la precipitación con datos agrupados por año operacional, desde octubre del año *n*-1 a septiembre del año *n*. Se observa que las precipitaciones agrupadas por año operacional coinciden para todo el periodo histórico con las del año calendario, con excepción de los años 2015 y 2016.

Figura 6-6 Precipitación año calendario EM-Rockwood, periodo 2002-2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-7 Precipitación por año operacional EM-Rockwood, año operacional 2002-2025

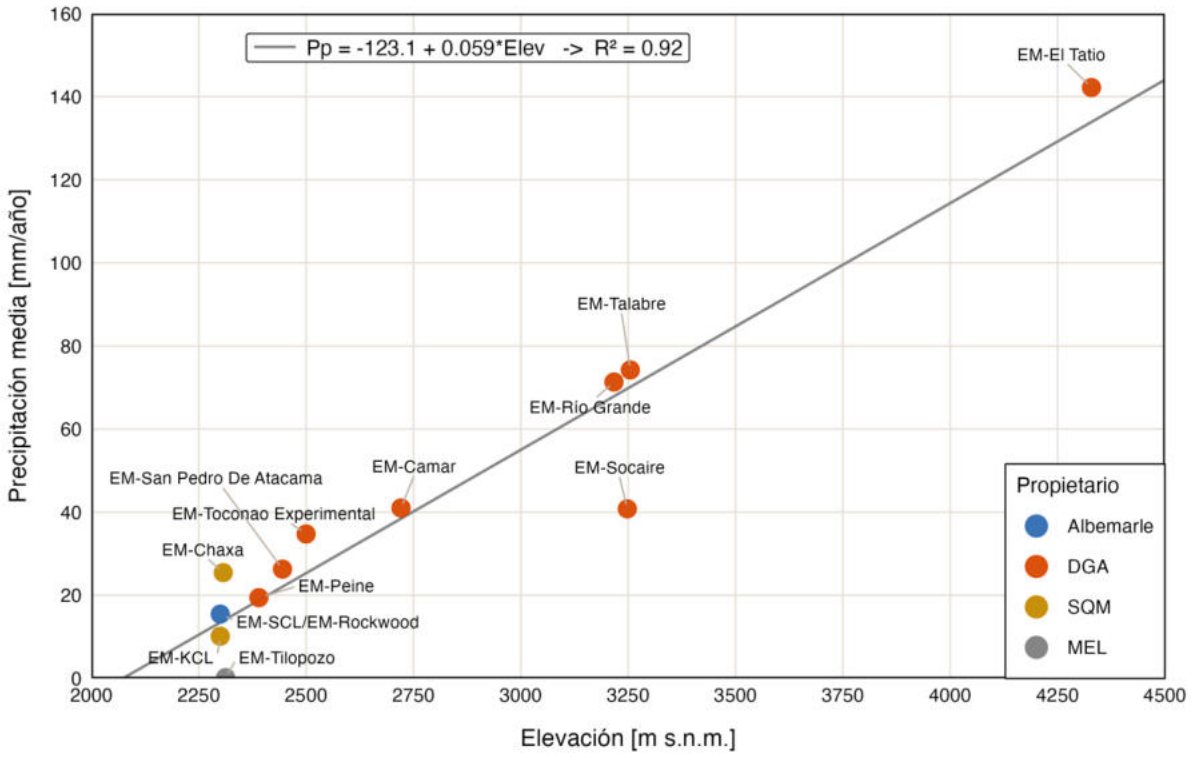


Fuente: Elaboración propia

En cuanto al conjunto de estaciones presentadas en la Tabla 6-1, la Figura 6-8 muestra la relación entre precipitación media anual con la elevación de cada punto de dicha tabla, observándose una relación lineal positiva entre ambas variables. En particular, al ajustar un modelo lineal simple, la elevación explica el 92% de la varianza observada en la precipitación media anual del conjunto analizado ($R^2 = 0,92$). En este contexto, El Tatio, ubicada a 4.329 m s.n.m., es la estación más húmeda, con 142,2 mm/año, mientras que Río Grande y Talabre, ambas por sobre los 3.000 m s.n.m., registran también valores elevados, de 71,3 mm/año y

74,2 mm/año, respectivamente. En contraste, las estaciones situadas bajo los 3.000 m s.n.m. presentan precipitaciones medias menores, entre ellas EM-Camar con 41,0 mm/año y EM-KCL con 10,1 mm/año. Una excepción a esta correspondencia es EM-Socaire, que, pese a ubicarse a 3.248 m s.n.m., presenta un promedio relativamente bajo de 40,8 mm/año. Por su parte, Tilopozo, emplazada a 2.312,6 m s.n.m., registra apenas 0,2 mm/año, no obstante, presenta datos solo hasta 2022.

Figura 6-8 Relación entre elevación y precipitación media en las estaciones en torno al Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia

Lo descrito anteriormente, se muestra también en la Tabla 6-3, donde además se incorpora la precipitación máxima anual registrada, cuya distribución es consistente con la de los promedios anuales, observándose en general máximos mayores en las estaciones más lluviosas (EM-El Tatio, por ejemplo, con máximo anual de 421,7 mm en 2001). En la Tabla 6-4 se muestra estos mismos valores para la red complementaria de pluviómetros PLLS, para el periodo 2019-2025.

Tabla 6-3 Cota, precipitación promedio y máxima anual de estaciones meteorológicas

Estación	Elevación (m s.n.m.)	Promedio (mm/año)	Máximo anual (mm)	Año máximo
EM-SCL/EM-ROCKWOOD	2.300,0	15,0	65,7	2017
EM-CAMAR	2.721,0	41,0	221,0	2019

Tabla 6-3 Cota, precipitación promedio y máxima anual de estaciones meteorológicas

Estación	Elevación (m s.n.m.)	Promedio (mm/año)	Máximo anual (mm)	Año máximo
EM-EL TATIO	4.329,0	142,2	421,7	2001
EM-PEINE	2.390,0	19,3	79,0	2002
EM-RIO GRANDE	3.217,0	71,3	220,8	1984
EM-SAN PEDRO DE ATACAMA	2.445,0	26,3	113,4	2012
EM-SOCAIRE	3.248,0	40,8	155,9	1984
EM-TALABRE	3.255,0	74,2	195,6	2025
EM-TOCONAO EXPERIMENTAL	2.500,0	34,8	155,3	2017
EM-CHAXA	2.307,0	24,6	124,6	2017
EM-KCL	2.300,0	9,8	38,1	2002
EM-TILOPOZO	2.312,6	0,2	0,9	2017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-4 Cota, precipitación promedio y máxima anual de pluviómetros PLLS, 2019-2025

Estación	Sector	Elevación (m s.n.m.)	Promedio (mm/año)	Máximo anual (mm)	Año máximo
PLLS-01	Norte y Borde Este	2.338,488	27,8	90,9	2019
PLLS-02	Norte y Borde Este	2.316,736	25,5	102,5	2019
PLLS-03	Norte y Borde Este	2.301,512	31,0	99,8	2019
PLLS-04	Norte y Borde Este	2.300,675	27,0	88,0	2019
PLLS-05	Núcleo	2.299,537	15,9	47,1	2019
PLLS-06	Núcleo	2.299,607	28,3	114,7	2019
PLLS-07	Peine	2.299,578	20,8	76,0	2019
PLLS-08	Peine	2.300,209	24,9	100,2	2019
PLLS-09 (1)	La Punta-La Brava	2.306,359	- (1)	- (1)	- (1)
PLLS-10	La Punta-La Brava	2.301,665	31,9	126,9	2019
PLLS-11	Núcleo	2.299,674	12,1	26,9	2019

(1) Sin años completos.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-5 presenta el promedio mensual y promedio anual de la precipitación histórica registrada en las estaciones meteorológicas ubicadas en torno al Salar de Atacama, tanto propias como de terceros, y en períodos variables comprendidos entre 1959 y 2025. Estos datos se presentan en el Anexo A. Es relevante considerar que la precipitación media mensual y media anual de la Tabla 6-5 ha sido calculada con los registros que se tiene disponibles destacando, por ejemplo, que la estación EM-Toconao Experimental de la DGA y la estación EM-Tilopozo de MEL no cuentan con datos actualizados hasta 2025. Por su parte, Tabla 6-6, muestra el promedio mensual y anual para las estaciones de la red complementaria PLLS, que abarcan el periodo desde fines de 2018 a 2025.

La Figura 6-9 corresponde a una representación gráfica de algunas de las estaciones incluidas en la Tabla 6-5, seleccionadas con el objeto de ilustrar de manera más clara la distribución mensual de la precipitación en el entorno del Salar de Atacama. A partir de esta figura se observa que la precipitación media mensual presenta una marcada estacionalidad, concentrándose principalmente entre diciembre y marzo, con máximos en enero y febrero. Este patrón es especialmente evidente en estaciones como EM-El Tatio y EM-Río Grande, que registran las mayores magnitudes mensuales, mientras que estaciones como EM-KCL, EM-Chaxa y SCL/Rockwood presentan montos considerablemente menores durante el año. Asimismo, fuera del período estival predominan valores bajos o cercanos a cero, aunque en algunas estaciones se observan precipitaciones medias menores entre mayo y agosto. Los valores medios mensuales y el anual, expuestos en la Tabla 6-6, a pesar de tener un periodo más corto (~2019-2025) es posible comparar sus valores medios, siendo comparables con EM-Chaxa, EM-KCL y EM-SCL/Rockwood.

Los valores medios mensuales y el promedio anual expuestos en la Tabla 6-6 para los pluviómetros PLLS, si bien fueron calculados sobre un período de registro más corto (2019-2025) que el de las estaciones meteorológicas de la Tabla 6-5, permiten efectuar una comparación referencial de magnitudes. En términos generales, los pluviómetros PLLS presentan un régimen estacional similar, con mayores precipitaciones entre diciembre y marzo y valores considerablemente menores durante el resto del año. Considerando únicamente las estaciones representadas en la Figura 6-9, las magnitudes anuales de los pluviómetros PLLS resultan más cercanas, en general, a EM-San Pedro de Atacama y EM-Chaxa, mientras que los valores más bajos se aproximan a SCL/Rockwood. En particular, los pluviómetros PLLS-01, PLLS-02, PLLS-03 y PLLS-04, ubicados en el sector Norte y Borde Este, presentan en conjunto los valores medios anuales más altos y relativamente homogéneos; PLLS-05, PLLS-06 y PLLS-11, ubicados en el Núcleo, muestran una mayor dispersión de magnitudes, incluyendo tanto valores comparables con EM-San Pedro de Atacama y EM-Chaxa, como valores más cercanos a SCL/Rockwood; PLLS-07 y PLLS-08, ubicados en el sector Peine, presentan magnitudes intermedias; y PLLS-10, ubicado en La Punta-La Brava, registra uno de los valores medios anuales más altos del conjunto (36,5 mm/año), aunque con descensos importantes desde 2019 según lo comentado alrededor de la Figura 6-3 anteriormente.

Tabla 6-5 Precipitación media mensual [mm] en estaciones meteorológicas en torno al Salar de Atacama

Estación	Propietario	P. de registro	Precipitación media mensual [mm]												Precip. Media Anual [mm]
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	
SCL/Rockwood	Albemarle	2002-2025	2,32	4,18	3,65	0,47	0,84	1,10	1,37	1,31	0,18	0,10	0,00	0,00	15,54
EM-Camar (1)	DGA	1979-2025	9,14	16,24	7,73	0,57	1,16	2,90	0,77	1,24	0,58	0,04	0,18	0,52	41,08
EM-El Tatio (1)	DGA	1977-2025	39,90	48,39	31,68	2,83	3,78	3,41	3,06	2,21	1,43	0,45	0,96	6,74	144,83
EM-Peine (1)	DGA	1974-2025	1,97	6,83	5,40	0,51	1,26	1,40	0,45	0,76	0,44	0,06	0,02	0,20	19,31
EM-Río Grande (1)	DGA	1977-2025	20,33	30,40	13,08	0,76	1,01	3,15	0,76	0,93	0,52	0,08	0,17	1,59	72,78
EM-San Pedro de Atacama (1)	DGA	1959-2025(1)	5,06	14,79	3,60	0,15	0,99	1,24	0,24	0,20	0,59	0,50	0,45	0,32	28,14
EM-Socaire (1)	DGA	1974-2025	10,12	14,31	7,39	1,05	2,54	2,61	0,96	1,24	0,81	0,42	0,25	0,68	42,38
EM-Talabre (1)	DGA	1995-2025 (1)	14,89	30,57	16,01	4,43	2,84	2,13	2,99	2,42	0,38	0,14	0,23	0,30	77,33
EM-Toconao experimental (1)	DGA	1975-2018	6,89	15,40	6,70	0,53	1,37	2,56	0,31	0,44	0,33	0,10	0,07	0,89	35,59
EM-Chaxa (1)	SQM	1999-2025	4,60	13,19	3,46	1,16	0,94	0,53	0,74	0,96	0,10	0,09	0,16	0,42	26,36
EM-KCL (1)	SQM	1999-2025	1,46	2,40	3,12	0,13	0,53	0,66	0,77	0,93	0,02	0,23	0,06	0,20	10,52
EM-Tilopozo (1)	MEL	2016-2022	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,10	0,06	0,01	0,00	0,00	0,23

Nota: para el análisis se usan datos rellenados ver detalle en Anexo A.

(1) Cronología de operación de las estaciones y su estado actual se detalla en la Tabla 6-1.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-6 Precipitación media mensual [mm] en pluviómetros PLLS

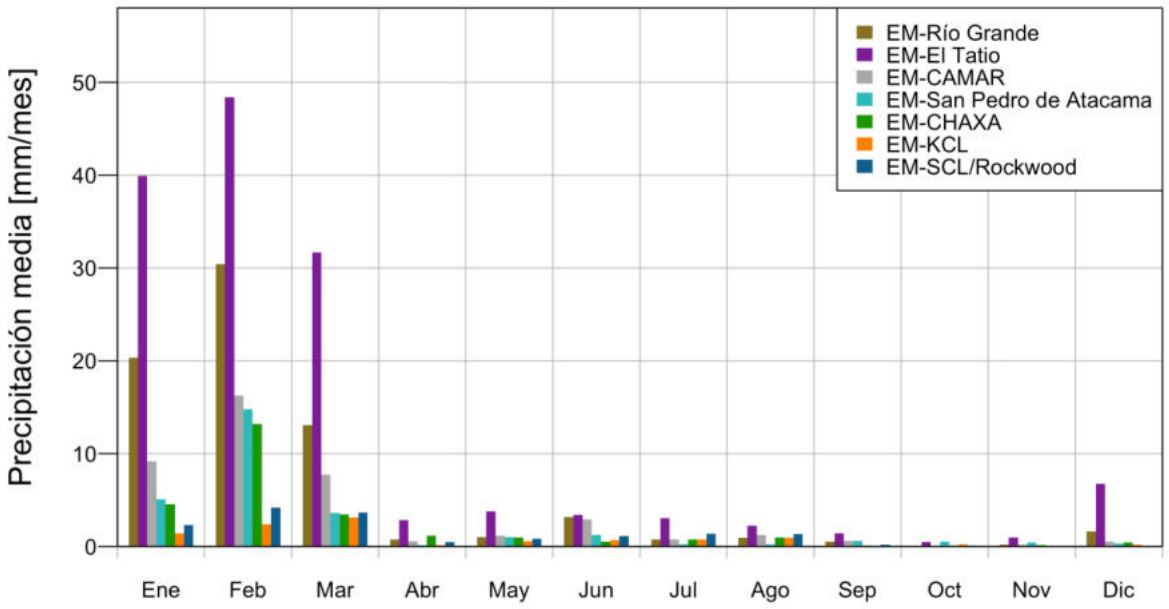
Estación	Propietario	P. de registro	Precipitación media mensual [mm]												Precip. Media Anual [mm]
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	
PLLS-01	Albemarle	2018-11 a 2025-12	4,01	18,54	4,94	0,14	0,31	0,17	0,33	2,41	0,06	0,37	0,29	0,15	31,74
PLLS-02	Albemarle	2018-11 a 2025-12	4,52	17,90	2,73	0,04	0,26	0,46	0,30	2,39	0,33	0,06	0,14	0,04	29,16
PLLS-03	Albemarle	2018-11 a 2025-12	9,11	18,94	2,73	0,74	0,22	0,40	0,64	1,87	0,37	0,23	0,08	0,01	35,36
PLLS-04	Albemarle	2018-11 a 2025-12	4,57	16,29	3,39	0,23	0,31	0,99	0,81	2,87	0,87	0,03	0,26	0,21	30,83
PLLS-05	Albemarle	2018-11 a 2025-12	4,24	9,74	1,81	0,17	0,20	0,70	0,27	0,09	0,17	0,56	0,05	0,10	18,11
PLLS-06	Albemarle	2018-11 a 2025-12	9,99	13,49	3,03	0,40	0,49	0,91	0,16	3,04	0,53	0,24	0,09	0,01	32,37
PLLS-07	Albemarle	2018-11 a 2025-12	4,03	9,81	3,19	1,41	0,91	0,81	0,20	2,62	0,49	0,24	0,00	0,05	23,77
PLLS-08	Albemarle	2018-11 a 2025-12	4,93	11,98	3,08	0,50	0,89	0,71	0,30	4,71	0,89	0,35	0,07	0,03	28,44
PLLS-09 (2)	Albemarle	2018-12 a 2019-09	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)	- (2)
PLLS-10	Albemarle	2018-11 a 2025-12	8,03	16,14	2,76	0,13	2,51	0,34	0,17	5,71	0,30	0,36	0,00	0,04	36,50
PLLS-11	Albemarle	2018-11 a 2025-12	2,57	3,06	2,90	0,84	0,23	0,00	0,59	2,69	0,19	0,71	0,08	0,00	13,85

(1) Cronología de operación de las estaciones y su estado actual se detalla en la Tabla 6-2.

(2) Pluviómetro PLLS-09 con solo 2 años de registro. No fue rellenado, y no se presentan valores medios mensuales y anual representativos.

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-9 Precipitación media mensual [mm] en estaciones meteorológicas seleccionadas, en torno al Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia

6.1.1.1.1 Análisis de frecuencia de la precipitación

A continuación, se presenta el análisis de frecuencia de precipitación actualizado hasta el año 2025, utilizando el método de Weibull. Para realizar el análisis, se consideraron los registros anuales de las estaciones meteorológicas con mayor disponibilidad de datos, de las cuales 7 pertenecen a la DGA, 2 pertenecen a SQM (Chaxa y KCL) y la estación restante pertenece a Albemarle (la ya presentada EM-SCL/EM-Rockwood). Los registros completos de estas estaciones se presentan en el Anexo A. En la Tabla 6-7 se presentan las series de precipitaciones anuales consideradas, destacando que existen ausencia de datos, dado que no todas cuentan con un periodo de registro continuo, especialmente las estaciones de la DGA, donde las únicas que cuentan con años completos para el período de seguimiento (2016-2025) corresponden a Río Grande, Talabre, El Tatio y Camar.

Tabla 6-7 Precipitaciones anuales (mm)

Año	Estación Meteorológica (Pp en mm)										
	Toconao Experimental (1)	Peine (1)	Río Grande (1)	San Pedro de Atacama (1)	Socaire (1)	Talabre (1)	El Tatio (1)	Camar (1)	Rockwood / SCL	Chaxa (2)	KCL (2)
1959	-	-	-	18,5	-	-	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
1961	-	-	-	42,8	-	-	-	-	-	-	-
1962	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
1963	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
1964	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
1965	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-
1967	-	-	-	20,0	-	-	-	-	-	-	-
1968	-	-	-	35,0	-	-	-	-	-	-	-
1969	-	-	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	14,0	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	81,0	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	51,1	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	0,0	-	2,5	0,0 (3)	-	-	-	-	-	-
1975	0,0	24,0	-	40,0	128,1	-	-	-	-	-	-
1976	44,2	14,0	-	39,0	45,8	-	-	-	-	-	-
1977	72,0	5,5	168,0	61,0	71,0	-	0,0	-	-	-	-
1978	9,5	39,0	35,9 (3)	18,0	43,5	-	91,1	-	-	-	-
1979	16,5	21,0	67,1	23,6	40,5	-	142,9	17,0	-	-	-
1980	38,0	21,5	31,6	12,5	22,8 (3)	-	55,7	20,0	-	-	-

Tabla 6-7 Precipitaciones anuales (mm)

Año	Estación Meteorológica (Pp en mm)										
	Toconao Experimental (1)	Peine (1)	Río Grande (1)	San Pedro de Atacama (1)	Socaire (1)	Talabre (1)	El Tatio (1)	Camar (1)	Rockwood / SCL	Chaxa (2)	KCL (2)
1981	100,8	11,5	113,4	23,5	29,5 (3)	-	126,1	96,0	-	-	-
1982	5,0	6,0	9,1	8,0	19,1	-	57,8	10,5	-	-	-
1983	56,5	40,5	73,4	23,0	62,0	-	152,0	74,0	-	-	-
1984	100,0	50,0	220,8	10,5	155,9	-	341,5	125,0	-	-	-
1985	28,5	27,2	95,9	35,0	48,0	-	259,5	35,0	-	-	-
1986	86,3	15,5	116,1	40,0	46,6	-	187,0	60,5	-	-	-
1987	71,5	69,5	148,1	47,5	97,2	-	282,9	60,9	-	-	-
1988	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	-	75,7	3,1	-	-	-
1989	36,0	12,0	91,3	42,5	40,0	-	156,2	40,5	-	-	-
1990	41,3 (3)	14,1	64,0	-	33,1	-	128,3	25,5	-	-	-
1991	8,0 (3)	0,0	9,6	-	0,8	-	82,4	2,0	-	-	-
1992	2,0	11,0	7,5	-	16,5	-	45,0	8,1	-	-	-
1993	2,5	10,5	37,9	-	13,8	-	124,1	20,1	-	-	-
1994	6,6	1,5	42,4	-	10,0	-	116,6	12,4	-	-	-
1995	25,5	17,5	81,3	-	35,7 (3)	4,0	180,5	28,5	-	-	-
1996	5,0 (3)	11,5	20,2	-	24,5	48,0	20,5	16,0	-	-	-
1997	37,8	26,5	129,1	-	60,5	82,0	186,6	60,5	-	-	-
1998	3,5	9,0	30,1	-	14,0	9,0	79,9	2,0	-	-	-
1999	27,0	18,5	70,2	-	23,0	38,0	243,0	25,5	-	0,0	0,0
2000	19,5	5,5	112,7	-	70,0	112,5	244,7	37,9	-	28,0	3,4
2001	71,0	37,5	194,3	-	55,0	161,0	421,7	98,5	-	75,2	23,7
2002	84,2	79,0	100,9	-	34,0	99,0	71,5	58,8	42,0	30,1	38,1

Tabla 6-7 Precipitaciones anuales (mm)

Año	Estación Meteorológica (Pp en mm)										
	Toconao Experimental (1)	Peine (1)	Río Grande (1)	San Pedro de Atacama (1)	Socaire (1)	Talabre (1)	El Tatio (1)	Camar (1)	Rockwood / SCL	Chaxa (2)	KCL (2)
2003	31,7	48,0	21,6	-	24,0	50,0	36,0 (3)	17,0	2,0	15,3	2,8
2004	3,0	1,5	42,8	-	13,5	41,5	6,8 (3)	5,0	1,5	4,5	0,1
2005	6,5	17,5	67,2	-	17,0	58,7	110,2	33,0	8,5	14,6	1,5
2006	0,0	4,0	4,5	-	14,2	28,7	0,0 (3)	13,4	7,6	5,3	8,4
2007	9,0	0,0	19,7 (3)	-	0,0	11,9	53,4	8,1	0,0	1,1	6,0
2008	28,6 (3)	0,0	35,6	-	4,8	40,0	123,1 (3)	5,2	10,0	3,5	7,4
2009	0,0 (3)	2,5	20,5	-	3,8	7,1	36,7	6,0	2,4	4,8	0,8
2010	1,9	2,0	16,9	-	0,5	12,0	8,8	2,0	0,0	0,5	5,1
2011	41,0	28,4	70,6	7,2	102,9	125,8	207,0	43,9	16,7	13,0	5,8
2012	84,4	38,0	220,7	113,4	121,2	194,0	352,7	90,4	0,0	48,2	5,0
2013	43,4	37,5	71,5	96,6	73,4	133,0	94,2	46,5	42,5	43,0	29,1
2014	2,2	3,5	55,6	12,8	11,0	6,0	63,4 (3)	2,4	4,2	4,9	1,2
2015	83,3	58,5	88,4	36,9	126,1	186,0	142,6	89,2	40,5	49,1	23,3
2016	21,5	0,0	87,8	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	3,3	4,1	3,6
2017	155,3	46,0 (3)	182,1	37,3	0,0	192,2	174,8	166,2	65,7	124,6	31,3
2018	18,6	8,0	89,1	10,4	-	53,0	157,1 (3)	32,9	3,5	9,0	3,1
2019	-	5,5 (3)	166,6	-	-	177,0	143,4 (3)	221,0	48,2	77,2	30,3
2020	-	12,6 (3)	63,8	-	-	4,2	143,6	45,0	30,2	40,7	16,2
2021	-	-	10,3	-	-	7,6	149,6	13,0	7,1	4,0	2,9
2022	-	-	19,4	0,0	-	72,0	112,8	25,0	3,9	18,8	7,2
2023	-	-	0,0	14,5	-	129,0	325,0	42,2	26,6	32,2	7,4
2024	-	-	0,0	15,4	25,1	22,6	387,8	12,0	0,5	5,4	4,0

Tabla 6-7 Precipitaciones anuales (mm)

Año	Estación Meteorológica (Pp en mm)										
	Toconao Experimental (1)	Peine (1)	Río Grande (1)	San Pedro de Atacama (1)	Socaire (1)	Talabre (1)	El Tatio (1)	Camar (1)	Rockwood / SCL	Chaxa (2)	KCL (2)
2025	-	13,8	60,6	72,5	98,4	195,6	266,2	47,0 (4)	5,9	29,9	6,3
Promedio	**34,8**	**19,3**	**71,3**	**26,3**	**40,8**	**74,2**	**142,2**	**41,0**	**15,5**	**25,4**	**10,1**

Nota:
Datos de estaciones públicos no disponibles, se identifican con "-".
(1) Datos 2025 actualizados según cartas DGA N°AM006T0028645.
(2) Para el periodo 1999-2018 – datos de las estaciones meteorológicas de SQM presentados en el EIA de 2020 "Proyecto Actualización Plan de Alerta Temprana y Seguimiento Ambiental, Salar de Atacama". Para el periodo 2019-2024 – datos de precipitaciones de la página de SQM www.sqmsenlinea.com/salmuera, consulta realizada 06-02-2025. Para 2025, actualizado según www.sqmsenlinea.com/meteorology, revisado el 29-01-2026.
(3) Datos anuales con al menos un mes rellenado en serie mensual histórica.
(4) Datos anuales con al menos un mes rellenado en serie mensual 2025, mediante método basado en correlaciones entre estaciones de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6-8 se presentan las precipitaciones asociadas a distintos porcentajes de excedencia (85%, 70%, 50%, 30% y 10%). Luego, en la Tabla 6-9 se muestra la precipitación anual registrada durante el año 2025 en las estaciones meteorológicas de la zona, junto con su correspondiente probabilidad de excedencia (Pexc %).

Según el criterio para la clasificación de un año seco la probabilidad de excedencia puede ser considerado como >85% para Chile (DGA, 1998; Capítulo 6.7). Basado en este criterio, la precipitación anual registrada en 2025 en las estaciones pluviométricas de la zona indica lo siguiente:

- La estación meteorológica Río Grande muestra el mayor valor con probabilidad de excedencia de 54,0%, dato que representa un porcentaje de excedencia característico de un año normal para Chile.
- Las estaciones EM-SCL/Rockwood, EM-KCL y EM-Chaxa muestran valores de probabilidad de excedencia (Pexc) de 52,0%, 42,9% y 35,7%, respectivamente. Es importante señalar, que dada la heterogeneidad del salar y que la estación EM-SCL/EM-Rockwood presenta un año normal según el análisis, las precipitaciones de 5,9 mm en el año no generan mayor recarga al sistema, por lo que se comporta como un año seco, de acuerdo con lo indicado en estudios de investigación para el periodo 2021-2024 (Albemarle-Hidromas, 2025).
- Las estaciones Camar, El Tatio, Socaire, San Pedro de Atacama y Talabre presentan valores porcentuales de excedencia de 27,1%, 14,0%, 12,8%, 9,1% y 3,1%, respectivamente según Tabla 6-9; indicando una condición húmeda en estas cinco estaciones.

Estos resultados confirman la gran variabilidad espacial de las precipitaciones en la cuenca del Salar de Atacama, ya que en 2025 cinco estaciones tuvieron valores porcentuales de excedencia (Pexc) de años húmedos y cuatro estaciones con excedencias de año normal.

En la Figura 6-10 y Figura 6-11 se presentan las series de precipitación anual (mm/año) en las estaciones pluviométricas consideradas para este informe, junto a un mapa con la distribución espacial de todas ellas. Se reitera que estas estaciones meteorológicas corresponden a ALB (Rockwood / SCL), DGA (Toconao Experimental, Peine, Río Grande, San Pedro de Atacama, Socaire, Talabre y El Tatio) y SQM (Chaxa y KCL). Adicionalmente, en la Figura 6-12 y Figura 6-13 se muestran las precipitaciones anuales de la red complementaria de pluviómetros PLLS que parte a fines del año 2018 (posterior al inicio del seguimiento en 2016), con años completos en el periodo 2019-2025.

Tabla 6-8 Precipitación Anual histórica para diferentes probabilidades de excedencia

Probabilidad Excedencia	Estación Meteorológica (Pp en mm)									
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL/ Rockwood (2002-2025)	Chaxa	KCL
85%	1,5	9,9	0,0	0,9	6,9	36,2	5,4	0,4	3,6	1,3
70%	5,5	30,1	8,4	14,0	18,4	75,7	13,2	2,2	4,9	3,2
50%	13,2	64,0	18,0	27,3	50,0	126,1	25,5	6,5	14,6	5,8
30%	24,8	89,1	37,2	47,9	117,8	174,8	45,9	21,7	31,3	8,0
10%	48,2	168,0	67,9	108,4	191,0	325,0	96,5	45,4	75,6	30,5

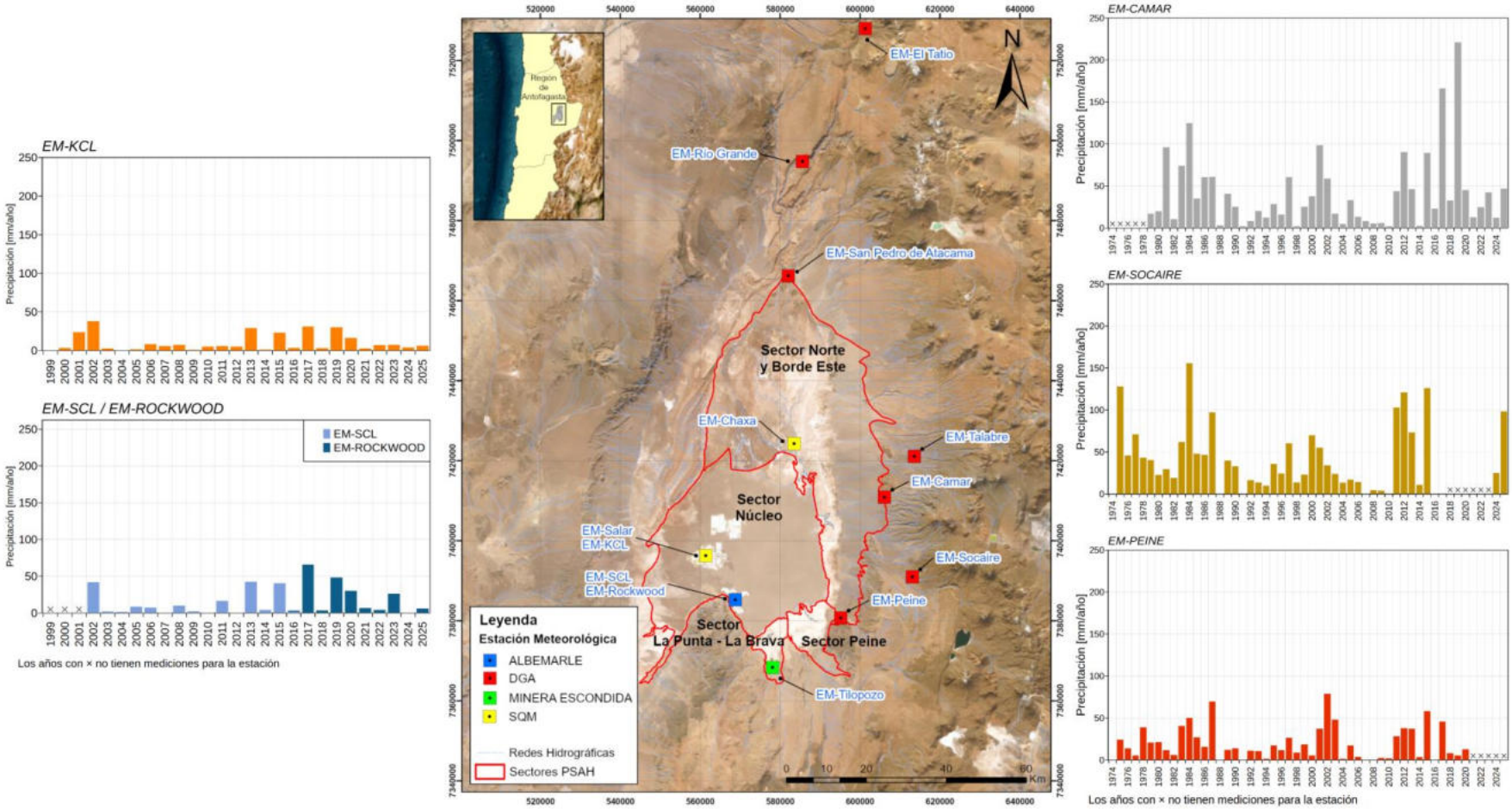
Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-9 Precipitación anual 2025 (mm) y probabilidades de excedencia respecto a periodo

Probabilidad Excedencia	Estación Meteorológica (Pp en mm)								
	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL/ Rockwood (2002-2025)	Chaxa	KCL
Pp 2025 (mm)	60,6	72,5	98,4	195,6	266,2	47,0	5,9	29,9	6,3
Pexc (%)	54,0%	9,1%	12,8%	3,1%	14,0%	27,1%	**52,0%**	35,7%	42,9%

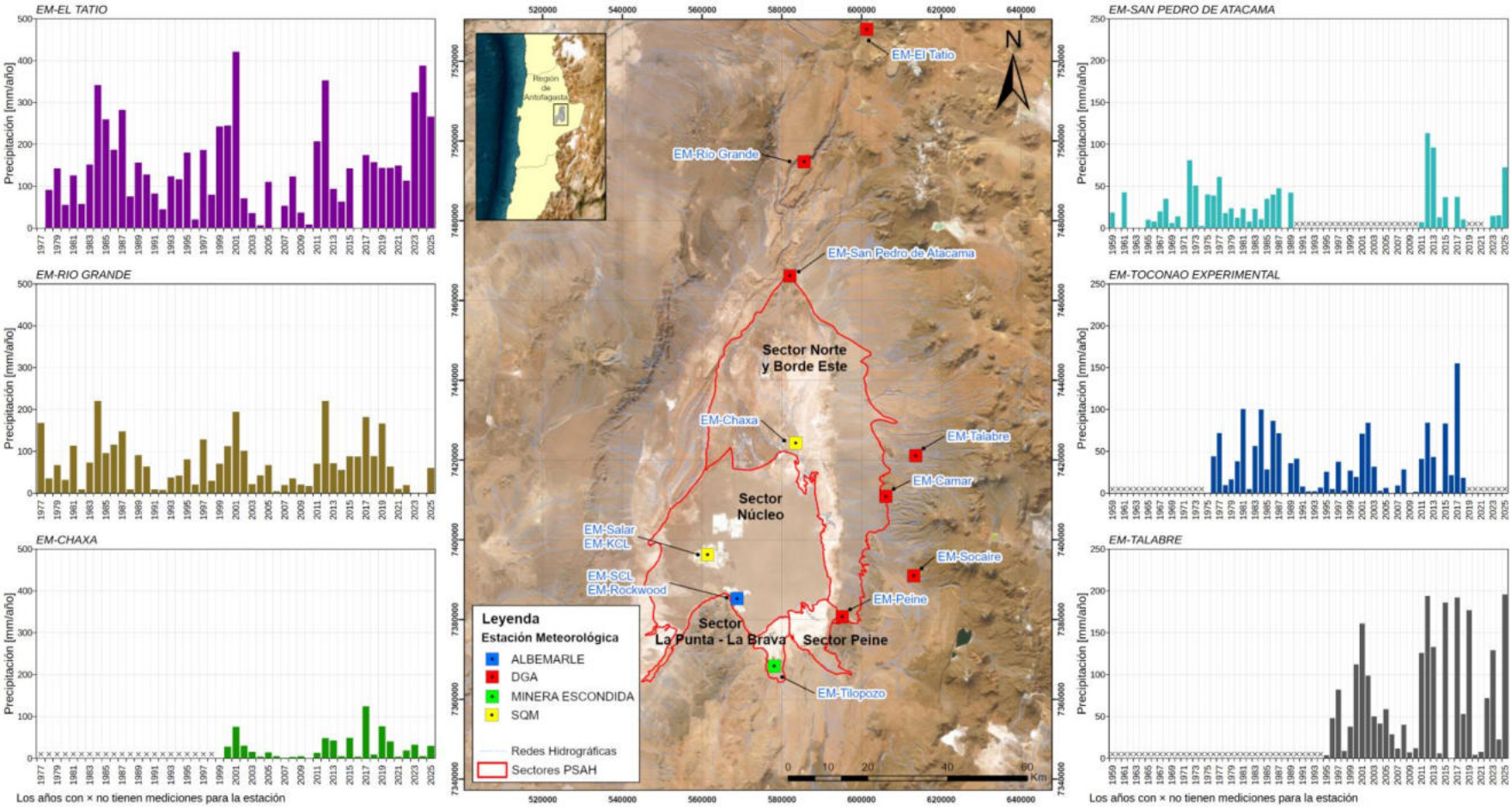
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-10 Precipitaciones anuales por estación, periodo 1970-2025



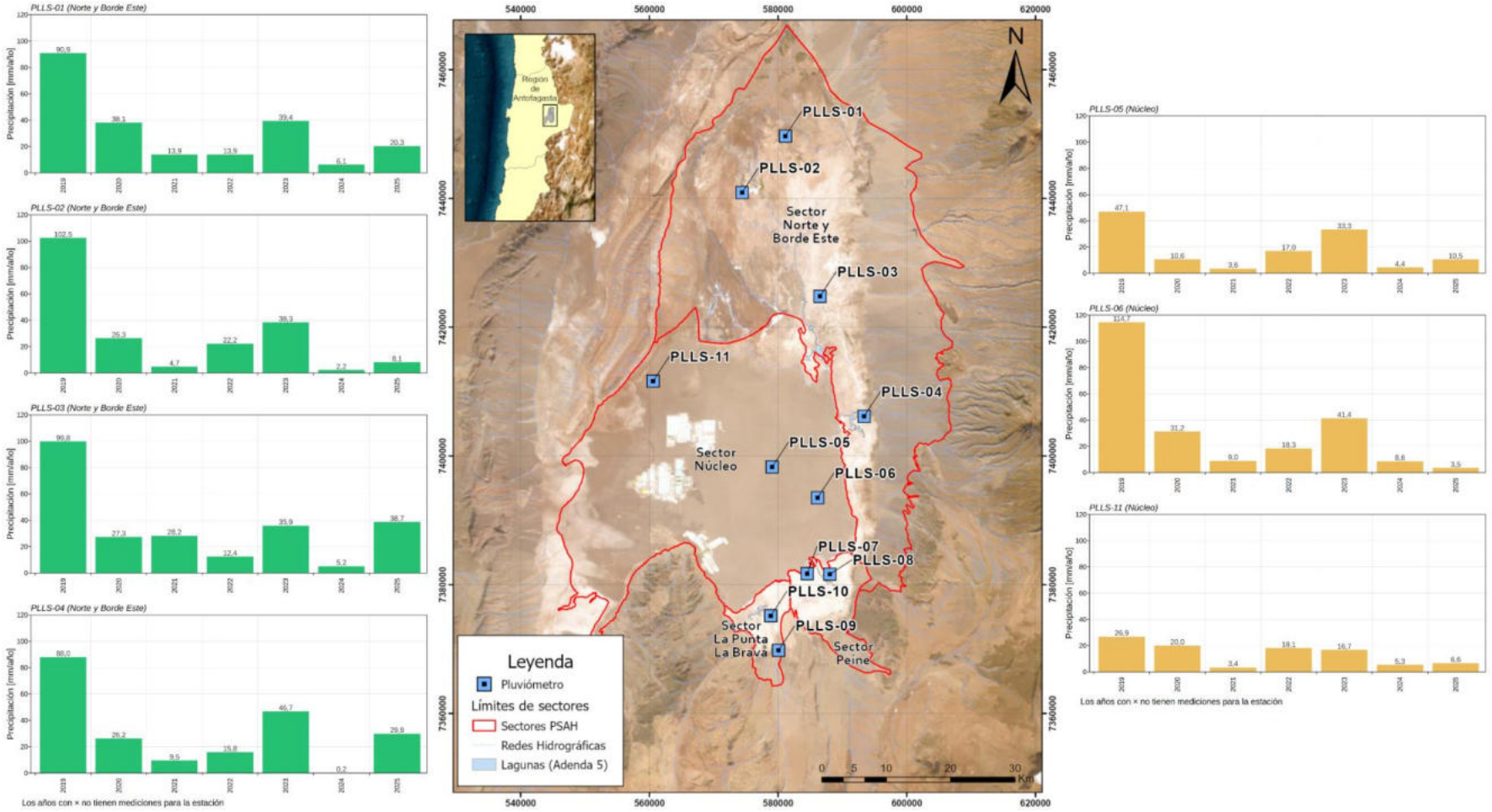
Nota: No se grafica EM - Tilopozo por la ausencia de datos
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-11 Precipitaciones anuales por estación, periodo 1970-2025



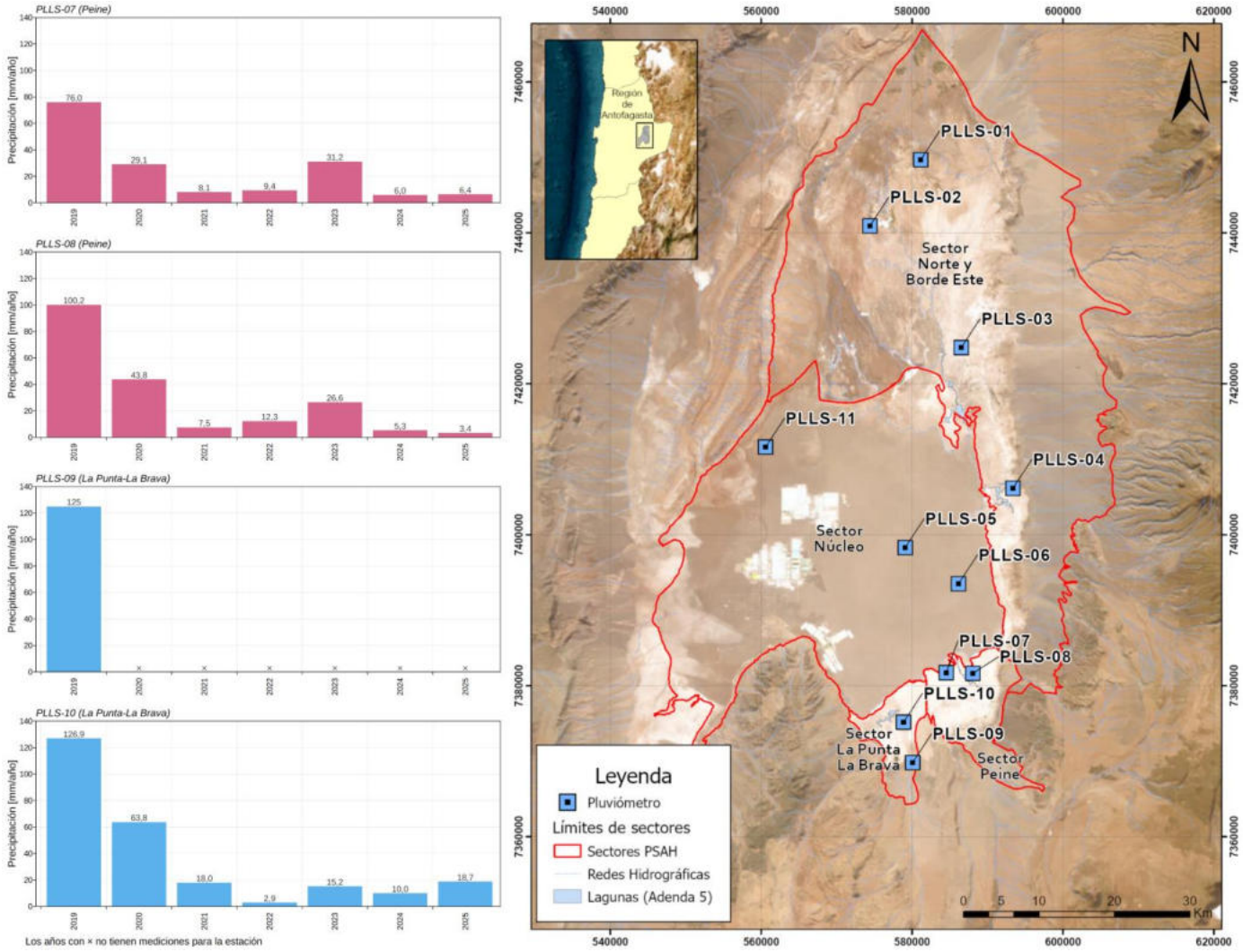
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-12 Precipitaciones anuales por pluviómetro PLLS periodo 2019-2025



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-13 Precipitaciones anuales por pluviómetro PLLS periodo 2019-2025



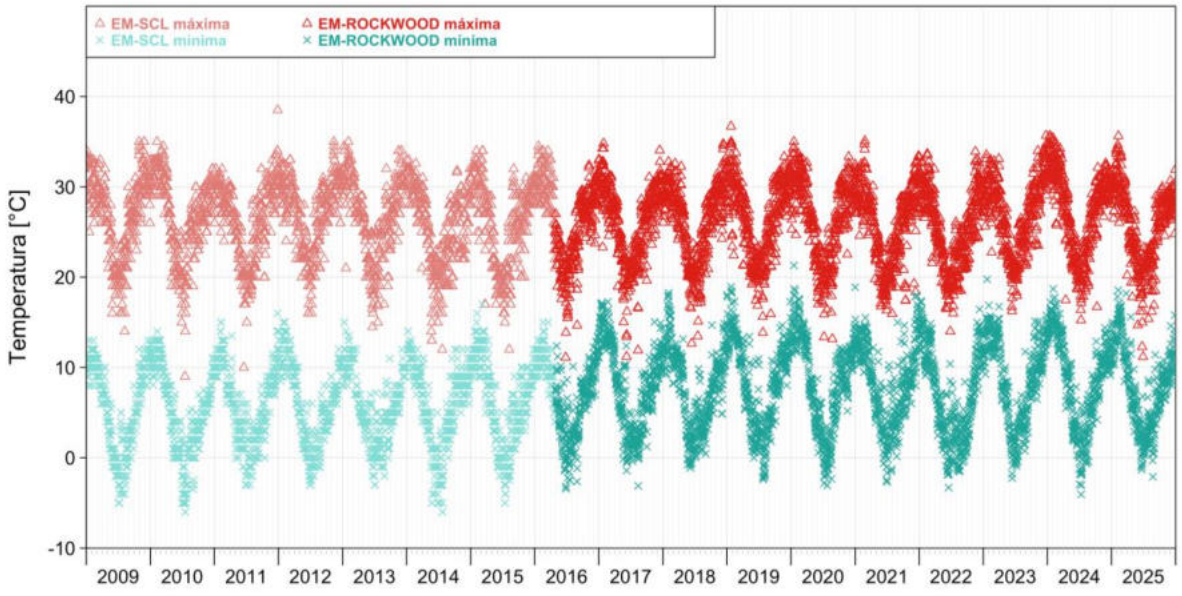
Fuente: Elaboración propia

6.1.1.2 Temperatura

En la Figura 6-14 se presenta el registro de las temperaturas extremas diarias obtenidas desde las estaciones EM-SCL y EM-Rockwood, desde 2009 y hasta 2025. En dicha figura se observan variaciones estacionales, donde las temperaturas máximas se registran entre octubre y abril, coincidiendo principalmente con las estaciones de primavera y verano, y las temperaturas mínimas se registran entre los meses de mayo y septiembre, coincidiendo principalmente con las estaciones de otoño e invierno.

Las temperaturas mínimas diarias (Figura 6-14) para la estación EM-SCL oscilan entre los -6 y los 17°C, mientras que para la estación EM-Rockwood las temperaturas mínimas oscilan entre -4 y 21°C. Por otro lado, las temperaturas máximas diarias para la estación EM-SCL, oscilan entre 9 y 39°C; y para la estación EM-Rockwood las temperaturas máximas oscilan entre 11 y 37°C. Estos rangos son consistentes con la variabilidad interanual esperable, observándose un comportamiento térmico coherente entre ambas estaciones, dado que EM-Rockwood corresponde al reemplazo de EM-SCL en una ubicación cercana.

Figura 6-14 Temperaturas extremas diarias [°C], periodo 2009-2025



Fuente: Elaboración propia

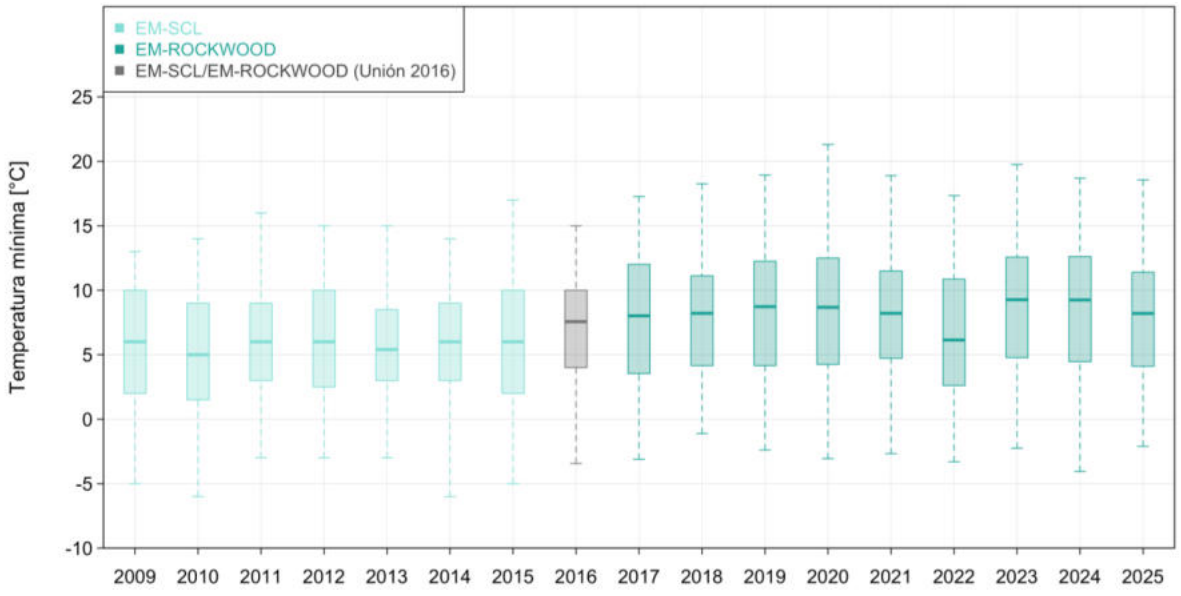
Para analizar más en detalle el comportamiento de las temperaturas, se han elaborado diagramas de caja (boxplot) para representar la variabilidad anual de las temperaturas mínimas y máximas (Figura 6-15 y Figura 6-16).

En relación con las temperaturas mínimas diarias (Figura 6-15), se observa que la mediana anual se mantiene relativamente estable durante el periodo 2009–2015 (EM-SCL), aunque con

leves aumentos entre los subperíodos 2010 a 2012 y 2013 hasta 2015. Posteriormente, durante el periodo 2016[27] –2020 (EM-Rockwood), se registran valores levemente mayores. En los años 2021 y 2022 se observa una disminución en la mediana, para posteriormente volver a subir, alcanzando valores dentro del rango del registro histórico en 2025.

Por otra parte, las temperaturas máximas muestran una oscilación interanual de las medianas con aumentos y descensos en el período de 2009 a 2014 (Figura 6-16), destacando una baja en 2014 que repunta hacia 2015. En la estación EM-Rockwood se observa una estabilidad en las medianas entre 2017 y el año 2020, para luego descender ~2°C hasta 2022. Posteriormente, hubo incrementos a un valor de 27,3°C el 2023, y luego a un valor 28,2°C el 2024, mediana máxima en el periodo histórico. En 2025 esta mediana bajó a 26,5 °C.

Figura 6-15 Distribución T mínima por año EM- SCL y EM-ROCKWOOD, periodo 2009-2025

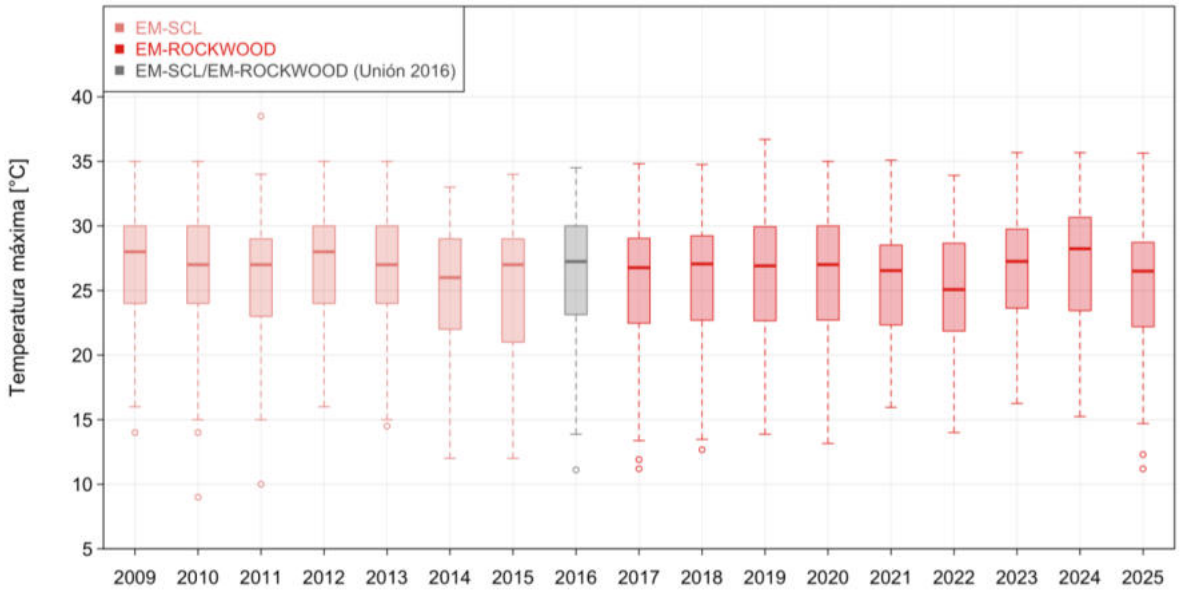


Nota: Año 2016 incompleto en cada estación, dado que en ese año EM-ROCKWOOD remplazó a EM-SCL, por lo que en el gráfico se unen las muestras en el boxplot gris. Así, EM-SCL cuenta sólo con los registros hasta abril de 2016 y EM-ROCKWOOD inicia con valores en abril 2016.

Fuente: Elaboración propia

[27] Se debe considerar que la data para el año 2016 en EM-SCL contempla el periodo de enero a abril 2016 y la EM-Rockwood mayo a diciembre 2016.

Figura 6-16 Distribución T máxima por año EM-SCL y EM-ROCKWOOD, periodo 2009-2025



Nota: Año 2016 incompleto en cada estación, dado que en ese año EM-ROCKWOOD remplazó a EM-SCL, por lo que en el gráfico se unen las muestras en el boxplot gris. Así, EM-SCL cuenta sólo con los registros hasta abril de 2016 y EM-ROCKWOOD inicia con valores en abril 2016.

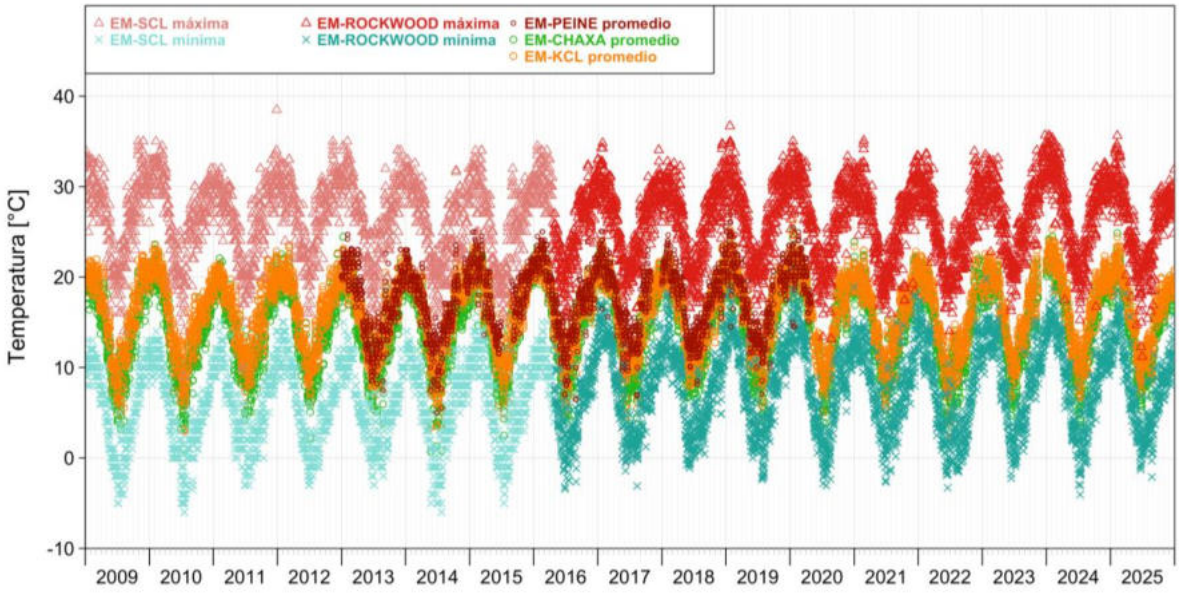
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la Figura 6-17 se muestran en conjunto los registros de temperatura de terceros (EM-Chaxa, EM-KCL y EM-Peine) y se comparan con la estación de Albemarle (EM-SCL y EM-Rockwood), se observa que los registros varían en un rango relativamente similar entre las diferentes estaciones de monitoreo, y las de ALB. Los valores reportados por Albemarle desde 2016 han presentado un leve aumento sistemático en las temperaturas mínimas respecto al período previo, lo cual coincide con el cambio de la estación EM-SCL a la estación EM-Rockwood en mayo de 2016[28].

Cabe destacar que se utilizan estas estaciones para graficar la temperatura porque son las que tienen datos más actualizados, aunque de todas maneras se incluye las mediciones de EM-Peine que sólo tiene datos hasta 2020 (los datos se presentan en el Anexo A).

[28] Debido al cambio de sensor y a la reubicación de la estación en 2016, aun cuando esta última fue inferior a 1 km, es esperable la presencia de un leve sesgo en las mediciones de temperatura. Esto no limita el análisis descriptivo del presente informe, pero debe considerarse en productos derivados, como modelos numéricos o estadísticos.

Figura 6-17 Temperaturas extremas diarias Albemarle y medias de terceros, periodo 2009-2025



Fuente: Elaboración propia

6.1.1.3 Presión atmosférica

En la Figura 6-18 se presenta el registro histórico de presión atmosférica diaria, para el periodo 2016-2025. Estos datos comenzaron su registro desde el inicio de la estación EM-Rockwood, donde se incorporó el barómetro necesario para la medición de esta variable.

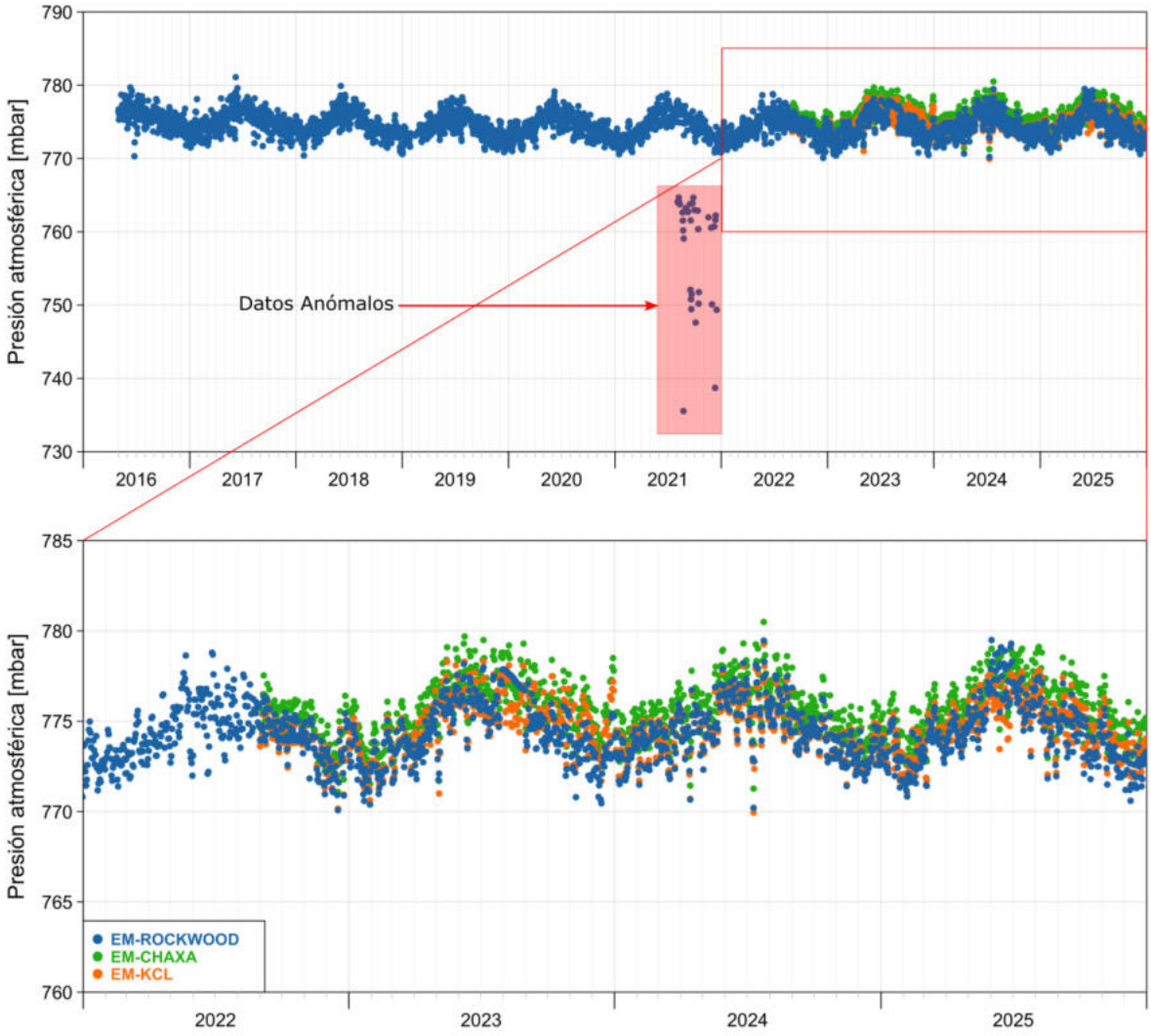
Los registros de presión atmosférica muestran variaciones de origen estacional, registrándose los valores máximos en las estaciones frías (entre los meses de abril y septiembre) y los valores mínimos en las estaciones cálidas (entre los meses de octubre y marzo).

Se observa una evolución estable para esta variable, manteniéndose acotados los valores de presión atmosférica entre los 770 y 780 mbar. Se detectan datos inferiores a los 770 mbar en el segundo semestre de 2021, los que pueden estar relacionados a fallas en los instrumentos de la estación meteorológica. Estos datos se consideran anómalos debido a que se encuentran fuera del registro histórico y no responden a lo esperado según la situación geográfica que se encuentra la estación (indicados con un recuadro en rojo en la gráfica superior de la Figura 6-18, lo que se detalla en la figura inferior). A pesar de esto, se presentan en la misma figura (Figura 6-18), la totalidad de los datos obtenidos para el periodo de reporte del presente informe, con el fin de cumplir con los compromisos ambientales adquiridos por el titular de proyecto. De manera complementaria se presentan en el Anexo A todos los valores considerados anómalos para el registro y consideraciones futuras.

Además, en la misma Figura 6-18 se observa que la EM-Chaxa y EM-KCL, tienen el mismo comportamiento que EM-Rockwood, con mayores valores en EM-Chaxa. Asimismo, se

identifican algunos valores puntuales en abril y julio 2024 que consisten en bajas abruptas en las mediciones de presión atmosférica en las tres estaciones, específicamente los días 14 de abril y 10 y 11 de julio. No obstante, estos valores se mantienen dentro del rango general observado 770 y 780 mbar, y son consistentes con posibles variaciones dadas por condiciones atmosféricas locales y de corto plazo. En 2025, el ciclo estacional no presenta valores alejados del ciclo estacional.

Figura 6-18 Presión atmosférica diaria, periodo 2016-2025



Fuente: Elaboración propia

6.1.1.4 Evaporación

En la Figura 6-19 se presenta el registro de evaporación de agua libre diaria en el periodo 2009-2025. Al igual que en las variables anteriormente descritas, se reconocen variaciones estacionales en donde los mayores registros de evaporación se presentan en las estaciones

cálidas de primavera-verano, mientras que los menores registros se encuentran en las estaciones frías de otoño-invierno.

Además, se reconoce que los registros en ambas estaciones meteorológicas tienen magnitudes distintas, siendo mayores los registros de la EM-Rockwood en el orden de un 28% con respecto a la EM-SCL.

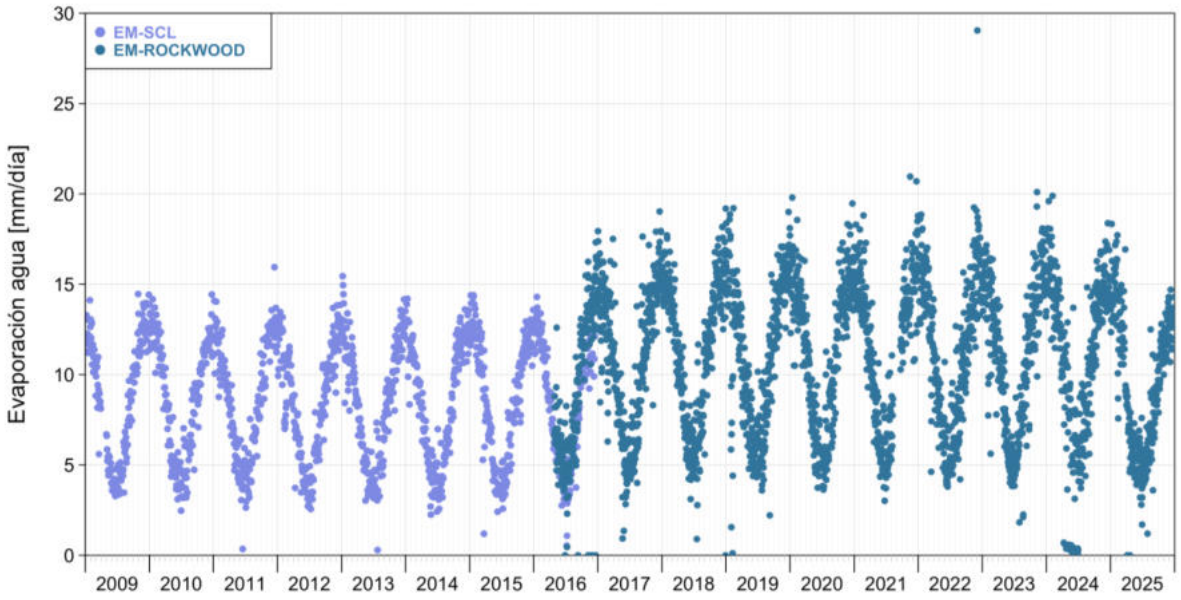
De esta manera, en el periodo 2009-2016 (EM-SCL) la evaporación de lámina libre oscila en torno a los 3,0 mm/día en los meses fríos y los 14,0 mm/día en los meses cálidos, mientras que en el periodo 2016-2025 (EM-Rockwood) la evaporación de lámina libre oscila en torno a los 4,0 mm/día en los meses fríos y los 20 mm/día en los meses cálidos. Estas diferencias podrían atribuirse a diferencias en la estandarización de las instalaciones y a las condiciones del estanque de evaporación en que se realizó el reemplazo de la estación meteorológica.

El máximo histórico de evaporación fue de 29,05 mm/día, registrado el 4 de diciembre del 2022 (EM-Rockwood), sin embargo, este se escapa considerablemente del ciclo estacional general, por lo que se considera anómalo, seguido a este registro se tienen 20,96 mm/día el 16 de noviembre del 2021 (EM-Rockwood).

Dentro de los últimos 6 años (2020-2025) el valor mínimo de evaporación fue registrado el 5 de junio de 2024, con una tasa de 0,04 mm/día, sin embargo, este valor también se considera fuera del ciclo estacional general.

La Figura 6-20 muestra la distribución anual de la evaporación en el período 2009-2025 para ambas estaciones meteorológicas (SCL/Rockwood), mediante diagramas de caja. Como se mencionó anteriormente, se observa un contraste entre las mediciones realizadas en la estación SCL (2009 - abril 2016) y Rockwood (mayo 2016 – presente) con diferencias entre 2 a 3 mm entre sus medianas. Por otro lado, se observa un mayor rango de variación en la estación EM - Rockwood y sus medianas, las cuales presentan un leve aumento desde 2017 hasta 2021, y una condición oscilante pero relativamente estable entre el período 2021 a 2024. En 2025, los valores de evaporación EM-Rockwood se presentan con una mediana de 9,2 mm, por debajo de los 11,8 mm de 2024 y por debajo también de los años previos desde 2017.

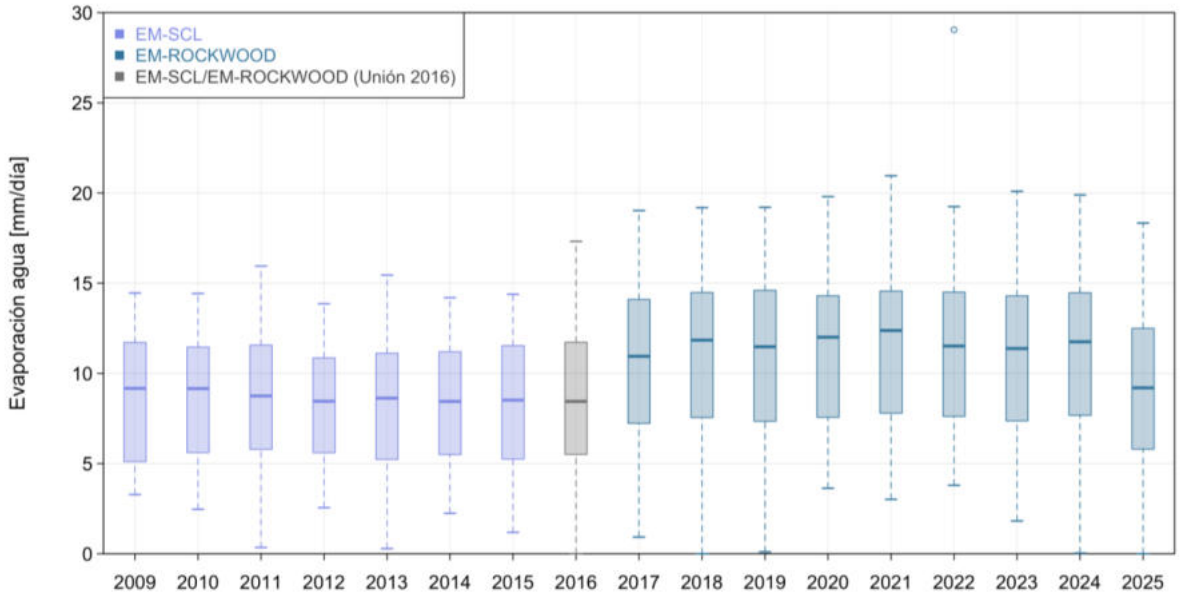
Figura 6-19 Evaporación diaria, periodo 2009-2025



Nota: En EM-SCL cuenta con registros hasta diciembre de 2016 y la EM-ROCKWOOD está incompleta inicia con valores desde abril 2016.

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-20 Distribución Evaporación Lámina Libre EM-ROCKWOOD/SCL, período 2009-2025

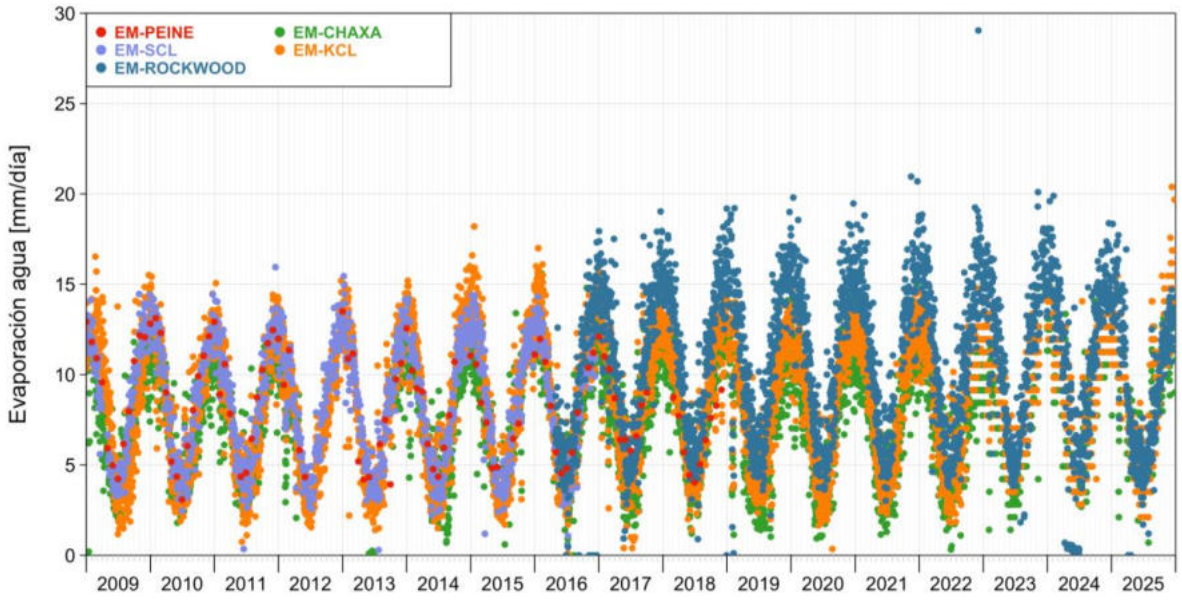


Nota: Año 2016 incompleto en EM-ROCKWOOD, dado que en abril de ese año remplazó a EM-SCL, por lo que en el gráfico se unen las muestras en el boxplot gris. EM-SCL cuenta con registros hasta diciembre de 2016 y la EM-ROCKWOOD (incompleta) inicia con valores desde abril 2016.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-21, se muestran en conjunto los registros de evaporación[29] de terceros (EM-Chaxa, EM-KCL y EM-Peine) y se comparan con la estación de Albemarle (EM-SCL y EM-Rockwood). En dicha figura se observa un comportamiento estacional consistente en todas las estaciones, con mayores tasas de evaporación durante los meses cálidos y menores valores durante los meses fríos, en concordancia con lo descrito previamente para el año 2025. Asimismo, se aprecia un comportamiento temporal coherente entre estaciones, observándose en general valores levemente mayores en la estación EM-Rockwood respecto a las demás.

Figura 6-21 Evaporación diaria Albemarle y terceros, periodo 2009-2025



Nota: Los datos de la estación Peine fueron transformados de mensuales a diarios dividiendo por la cantidad de días del mes en que se registró el dato.

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Evapotranspiración

La presentación de los resultados de las mediciones de evaporación se realiza por sector, de acuerdo con la siguiente individualización Sector La Punta - La Brava, Sector Peine, Sector Norte y Borde Este, Sector Núcleo.

A continuación, se presenta la evolución temporal de las tasas de evapotranspiración medidas durante las campañas de terreno realizadas por el titular en los puntos comprometidos en el PSAH. La ausencia de algunas mediciones comprometidas del año 2025 se justifica en el capítulo 5.2.

En la variable de evapotranspiración no aplica límite comprometido, ver en Tabla 5-28.

[29] En EM-Chaxa y EM-KCL son evaporaciones diarias, por otra parte, la evaporación de EM-Peine son evaporaciones mensuales.

6.1.2.1 Sector La Punta-La Brava

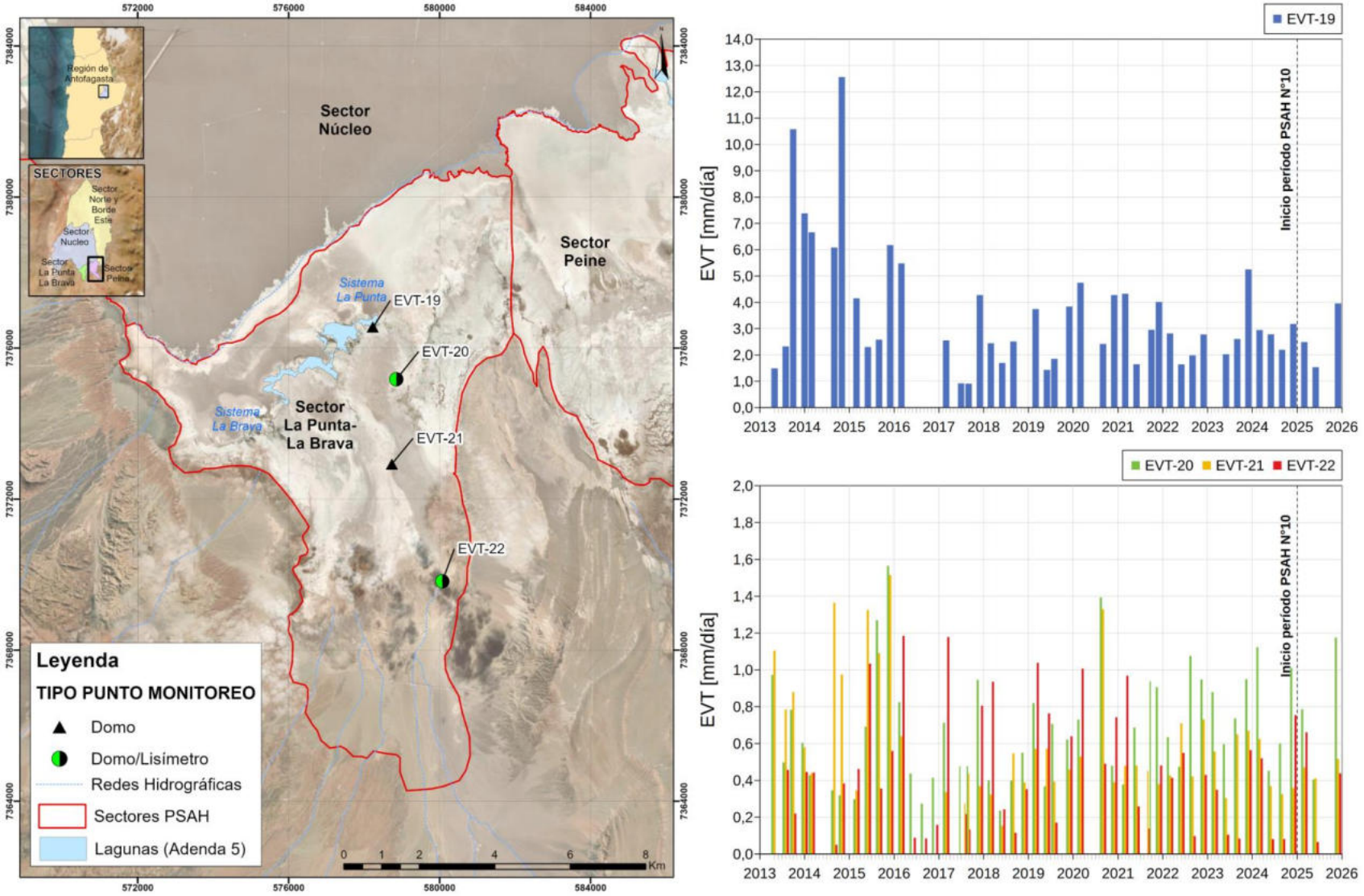
En la Figura 6-22 se muestra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de medición de EVT comprometidos en el PSAH en el sector La Punta-La Brava (EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22, resultados en sección 5.2.1). En particular, el punto EVT-19, se gráfica de manera independiente en el primer gráfico de la Figura 6-22, debido a la diferencia de escala con respecto al resto de las mediciones. Esta diferencia de escala se debe a que el punto EVT-19, al estar ubicado sobre la laguna, se mide directamente sobre el espejo de agua, por lo que la tasa de evaporación es máxima de acuerdo con las condiciones atmosféricas de la campaña y a la salinidad del agua. Para los demás puntos (EVT-20, EVT-21 y EVT-22) la EVT es menor, ya que estos están influenciados por la profundidad del nivel freático, lo que hace disminuir la tasa de EVT hasta volverse nula al llegar a la profundidad de extinción.

En el gráfico de EVT-19 (Figura 6-22) se observa, en el registro histórico entre los años 2013 a 2025, que las tasas de evapotranspiración oscilan en un rango de EVT mínima de 0,909 (septiembre 2017) y EVT máxima de 12,558 mm/día (noviembre 2014). Este valor máximo se encuentra enmarcado en las mayores tasas de EVT observadas entre 2013 y 2015. Luego, desde el año 2018 se denota una evolución relativamente estable de estas tasas con valores que se mantienen entre 1,433 (junio 2019) y 5,251 mm/día (diciembre 2023) para el periodo 2018 a 2025. En general, en este punto se observa un comportamiento similar entre los registros de invierno, al igual que para los registros de verano; en donde las EVT de temporada estival son mayores a las de la temporada invernal, lo que se explica debido que este punto depende solo de las condiciones atmosféricas y salinidad de agua.

Por otra parte, el gráfico de la Figura 6-22 (figura inferior) muestra las estaciones EVT-20, EVT-21 y EVT-22, puntos de la zona marginal al sur de las lagunas La Punta – La Brava, en el que se observa menores tasas de evapotranspiración y que se mantienen dentro de un rango acotado entre los años 2017 a 2025 con un mínimo de 0,065 (junio 2025, EVT-22) y un máximo de 1,394 mm/día (septiembre 2020, EVT-20). El registro para el periodo desde 2013 hasta mediados del año 2017 se presenta un poco mayor en sus variaciones en el tiempo y entre estaciones. En general, la estación con mayores tasas de evaporación es EVT-20, seguida por EVT-21 y finalmente EVT-22 con las menores tasas.

La serie de datos permite confirmar el comportamiento estacional mencionados en los informes PSAH anteriores, con máximos registrados principalmente en las temporadas estivales (octubre a marzo) y mínimos en temporadas invernales (abril a septiembre).

Figura 6-22 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.2 Sector Peine

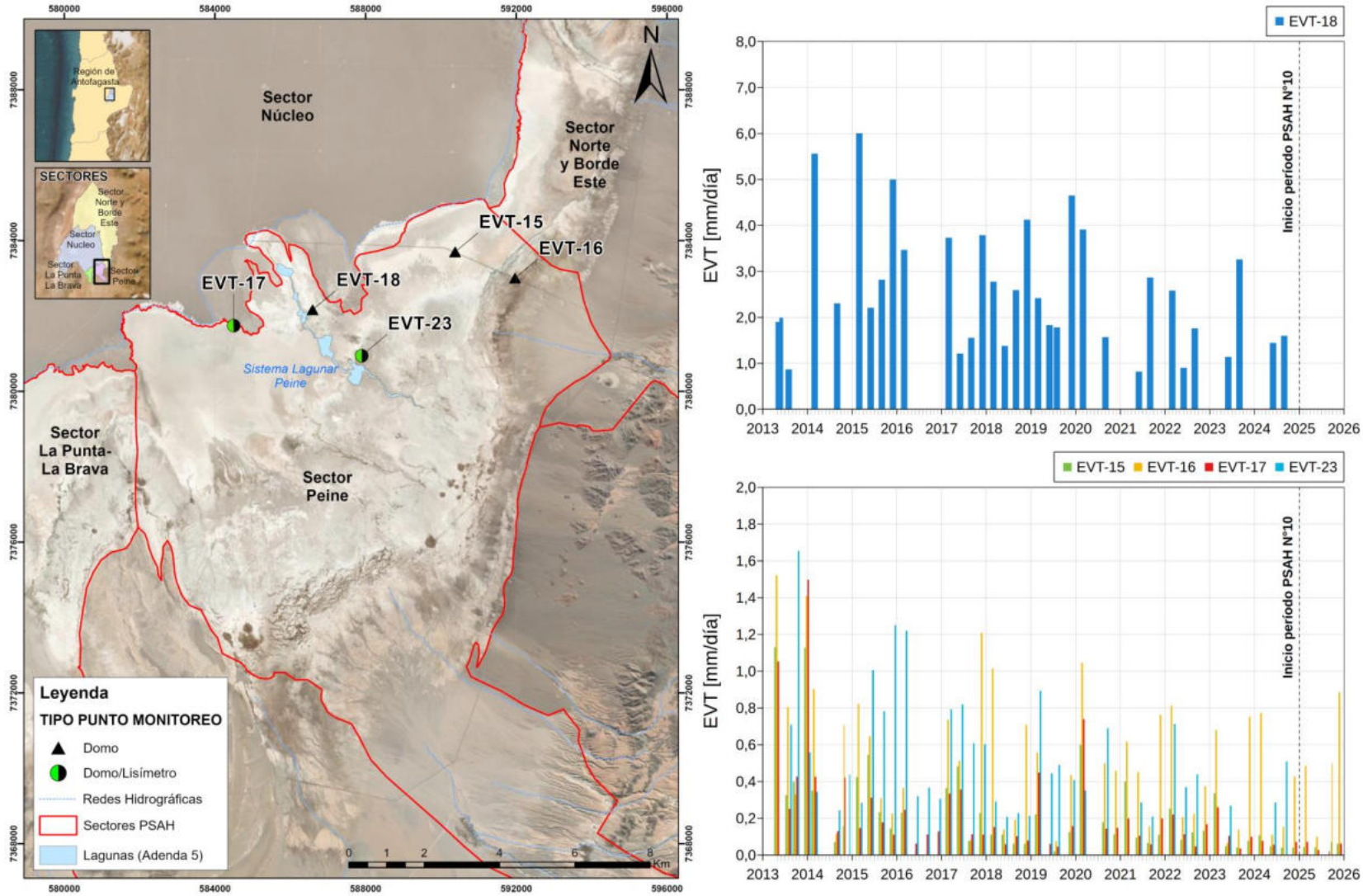
En la Figura 6-23 se muestra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de medición de EVT comprometidos en el sector Peine (EVT-15, EVT-16 y EVT-17, EVT-18 y EVT-23, resultados en sección 5.2.2). En particular, el punto EVT-18, se grafica de manera independiente en el primer gráfico de la Figura 6-23, debido a la diferencia de escala con respecto al resto de las mediciones. Esta diferencia de escala se debe a que el punto EVT-18, al estar ubicado sobre la laguna, se mide directamente sobre el espejo de agua, por lo que la tasa de evaporación es máxima de acuerdo con las condiciones atmosféricas de la campaña y a la salinidad del agua. Para los demás puntos (EVT-15, EVT-16, EVT-17 y EVT-23) la EVT es menor, ya que estos están influenciados por la profundidad del nivel freático, lo que hace disminuir la tasa de EVT hasta volverse nula al llegar a la profundidad de extinción.

En la Figura 6-23 se muestra el registro histórico (2013 a 2025) del punto EVT-18, el cual no cuenta con datos para el año 2025 (esta falta de datos se detalla la sección 5.2.2). En dicha figura, se observa que las tasas de evapotranspiración oscilan en un rango de EVT mínima de 0,821 (junio 2021) y EVT máxima de 6,006 mm/día (marzo 2015). Entre los Años 2017 y 2020 se puede observar una variación estacional, con menor EVT en la época invernal y mayor en le época estival, lo que se explica debido que este punto depende solo de las condiciones atmosféricas y salinidad de agua. Entre los años 2021 a 2025, el análisis se presenta de forma parcial, debido a la imposibilidad de acceso para ciertas campañas de medición, por lo que durante estos años solo se tienen registros de algunos meses (junio, septiembre y sólo 1 registro en marzo). Entre los años 2021 a 2025 las menores EVT se miden en junio, y las mayores EVT en septiembre (salvo en el año 2022 en donde se tiene una medición en marzo, la cual es la mayor para ese año).

La variabilidad histórica para los puntos EVT-15, EVT-16, EVT-17 y EVT-23 (Figura 6-23) oscila en un rango de entre 0,020 mm/día (septiembre 2025, EVT-17) y 1,655 mm/día (octubre 2013, EVT-23). Es posible observar en los puntos EVT-15, EVT-16 y EVT-17 un comportamiento estacional, con mayor EVT en verano y menor EVT en invierno y una tendencia a la baja a lo largo del registro histórico (2013 – 2025). Es importante mencionar que el punto EVT-23 presenta un registro parcial de datos entre 2021 y 2025 y, por lo que la tendencia de sus datos no sería representativa para el periodo.

En general, se observa descenso en las tasas de EVT en el tiempo entre los años 2013 y 2015, lo que coincide con el máximo mencionado (1,655 mm/día en octubre 2013, EVT-23) y las menores tasas entre el segundo semestre de 2020 a 2025.

Figura 6-23 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-15, EVT-16, EVT-17, EVT-18 y EVT-23, Sector Peine



Nota: Falta de datos en EVT-18 y EVT-23 para todo 2025 se explica en la sección 5.2.2.
Fuente: Elaboración propia

6.1.2.3 Sector Norte y Borde Este

La evolución histórica de la evapotranspiración de los 10 puntos de monitoreo de medición de evaporación (EVT-1, EVT-2, EVT-3, EVT-4, EVT-5, EVT-6, EVT-7, EVT-8, EVT-11 y EVT-12) se presenta en la Figura 6-24 y Figura 6-25.

En la Figura 6-24 se muestran las mediciones históricas de los puntos EVT-1, EVT-2, EVT-3 y EVT-4 y EVT-5. En particular, el punto EVT-5 se grafica de manera independiente debido a la diferencia de escala con respecto al resto de las mediciones. Este punto se ubica sobre el espejo de agua, lo que justifica la mayor EVT, la que oscila en un rango de datos mínimos de 1,005 mm/día (junio 2025) y máximo de 9,100 mm/día (marzo 2014). Es importante mencionar que EVT-5 cuenta con un registro parcial de datos (en particular no presenta datos entre junio 2021 a marzo 2023, además de otros periodos intermedios del registro histórico, situación que se debe principalmente a la restricción de acceso a los puntos del sector por la Comunidad de Coyo), por lo que sus datos no serían representativos para el análisis estacional ni de tendencias.

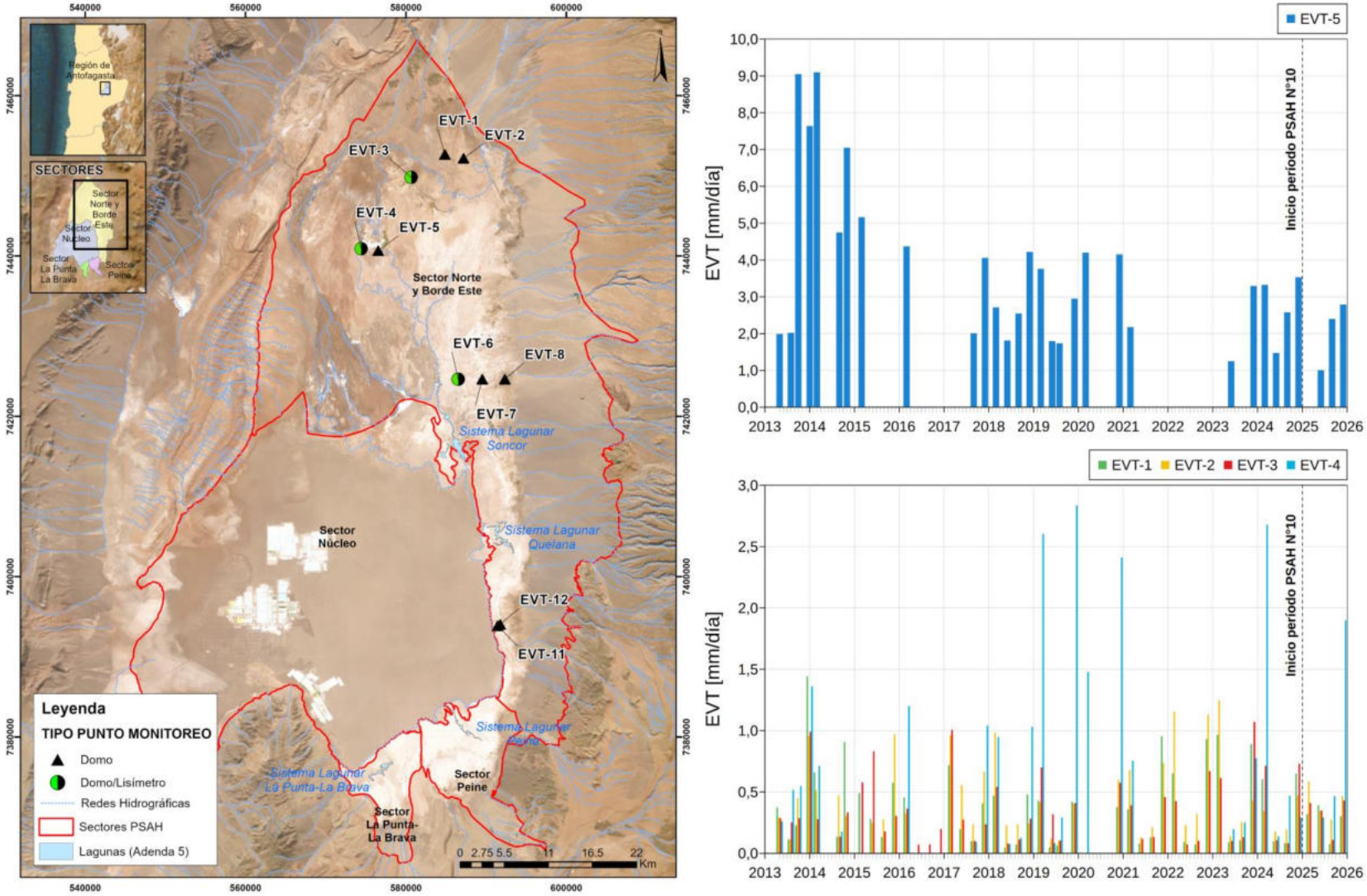
Además, en la Figura 6-24, en el gráfico inferior, se grafica el punto EVT-4 junto a los puntos EVT-1, EVT-2, EVT-3 y EVT-4. En particular el punto EVT-4 presenta una mayor EVT a la observada en los otros 3 puntos (EVT-1, EVT-2 y EVT-3), con valores que oscilan en un rango entre 0,045 mm/día (junio 2018) y 2,837 mm/día (diciembre 2019). Por otro lado, los puntos EVT-1, EVT-2 y EVT-3 presentan EVT menores, con una mayor influencia del nivel freático al ubicarse más alejados de las lagunas. La EVT en estos puntos oscila entre 0,045 mm/día (junio 2018, EVT-1) y 1,443 mm/día (enero 2014, EVT-1). A la vez, estos presentan una mayor cantidad de datos, lo que permite observar el comportamiento estacional, con menor EVT en invierno y mayor EVT en verano.

Los puntos EVT-6, EVT-7 y EVT-8, ubicados de la parte norte del Borde Este del salar, (ver Figura 6-25, gráfico superior), presentan valores de evapotranspiración entre los rangos de 0,086 mm/día (septiembre 2024, EVT-8) y 1,745 mm/día (diciembre 2015. EVT-7). Además, se puede observar que los promedios de evapotranspiración en el Sector Norte y Borde Este son similares (periodo 2013-2025) en los puntos de medición EVT-6 y EVT-7, con valores de 0,543 mm/día y de 0,640 mm/día, respectivamente; los cuales son mayores a las tasas de EVT promedio del punto EVT-8 que muestra un promedio de 0,331 mm/día. Es importante destacar la falta de medición de estos puntos en el periodo de pandemia a lo largo del año 2020, dado el cierre de la Reserva Nacional Los Flamencos.

En el gráfico inferior de la Figura 6-25 se grafican los puntos EVT-11 y EVT-12, los que se encuentran en el Borde Este. Estos puntos presentan un valor mínimo de EVT de 0,032 mm/día (junio 2025, EVT-11) y un valor máximo de 2,430 mm/día (septiembre 2015, EVT-12).

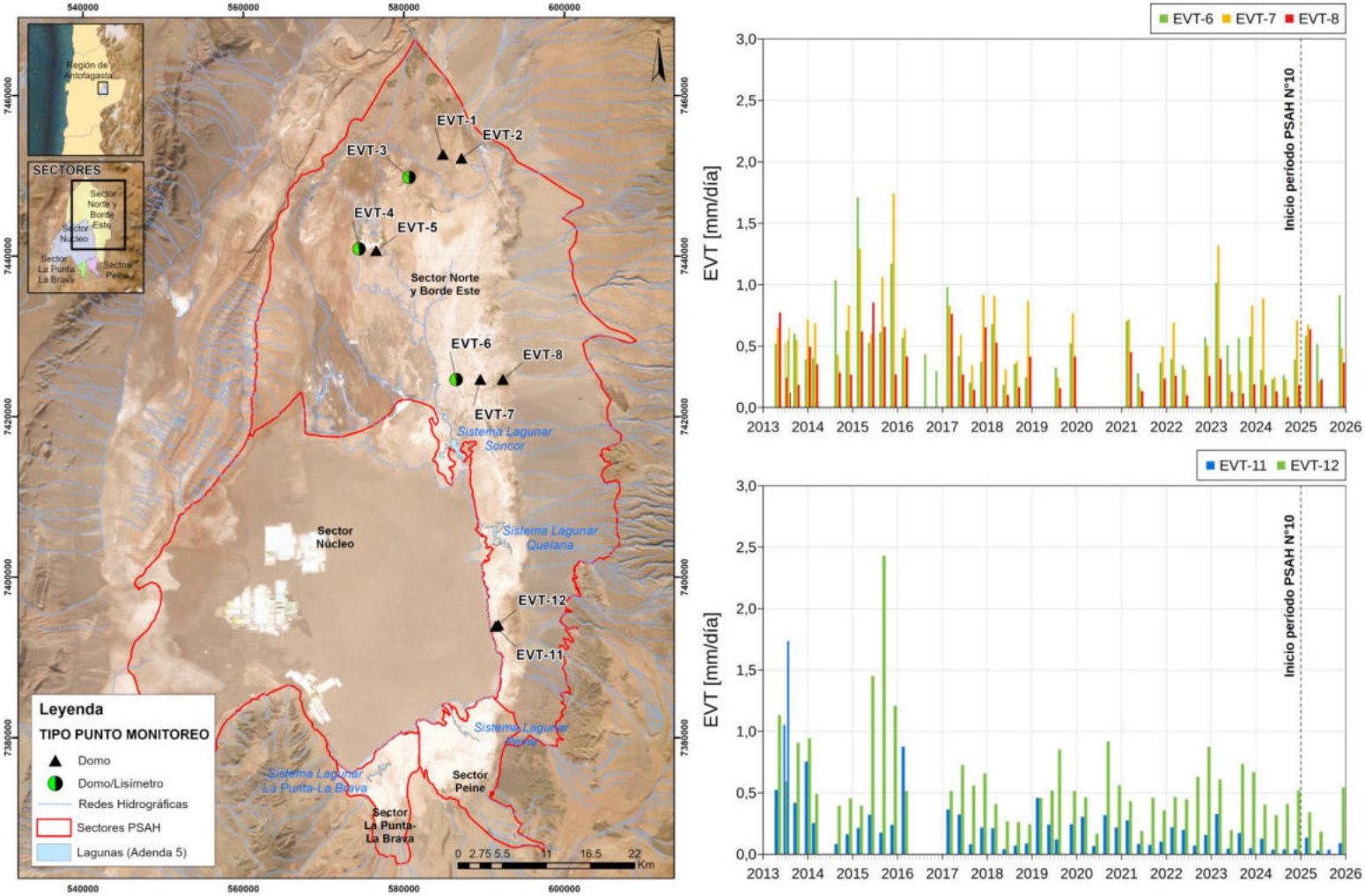
En general, la estación EVT-12 para el periodo de registro presenta valores de evapotranspiración mayores a EVT-11. Se observa una variación estacional con menores tasa de evaporación en los meses de invierno y mayores en verano. En general, los 10 puntos presentan EVT en rangos similares, sin puntos que presenten un cambio significativo en la escala.

Figura 6-24 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-1, EVT-2, EVT-3, EVT-4 y EVT-5, Sector Norte



Nota: Falta de datos en EVT-5 fundamentalmente por restricción de acceso a los puntos del sector por la Comunidad de Coyo.
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-25 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-6, EVT-7, EVT-8, EVT-11 y EVT-12, Borde Este



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.4 Sector Núcleo

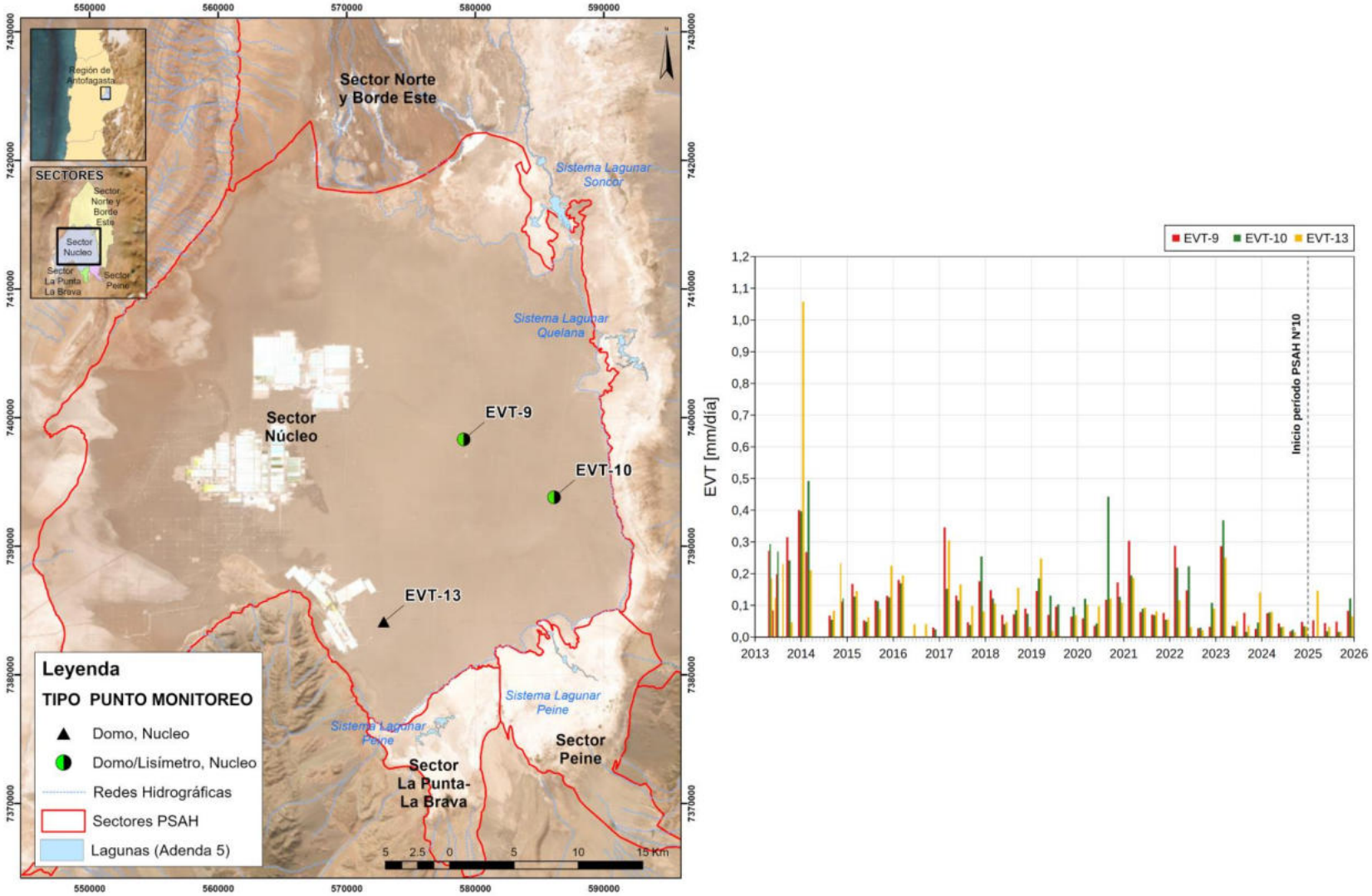
En la Figura 6-26 se muestra la evolución histórica de la evapotranspiración en los puntos de la red de monitoreo de evapotranspiración en el Núcleo del salar EVT-9, EVT-10 y EVT-13.

Los puntos presentan valores de evapotranspiración entre los rangos de 0,003 mm/día (agosto 2019, EVT-13) y 0,492 mm/día (marzo 2014, EVT-10), sin considerar el valor anómalo 1,057 mm/día (enero 2014, EVT-13).

Si bien los valores promedios de evapotranspiración en el sector núcleo son muy similares (periodo 2013-2025), el punto de medición EVT-10, presenta valores promedios ligeramente más altos del sector con 0,133 mm/día, en comparación con los puntos EVT-9 y EVT-13, con promedios de 0,122 y 0,124 mm/día, respectivamente.

Del análisis de todos los sectores y sus tasas de evapotranspiración, se observa que el sector Núcleo, es que tiene las menores tasas de EVT de todo el Salar. Del análisis realizado en el informe de la Cuarta actualización del modelo numérico del Salar de Atacama (Albemarle-Gestionare, 2025c), referente a los datos de evapotranspiración del núcleo surge la incertidumbre respecto si realmente las mediciones arrojan el valor de esta variable, dado que pareciera que muchos de estos puntos actualmente presentan una profundidad del nivel freático por debajo de la profundidad de extinción estándar, con lo que es probable que se esté midiendo bajo el límite de detección del método, es decir, lo que se mide en el Núcleo podría ser igual a 0.

Figura 6-26 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-9, EVT-10 y EVT-13, Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Superficie Cubierta por Lagunas

A continuación, se presenta el análisis de los datos históricos de la superficie lagunar y su evolución en el tiempo. La Tabla 6-10 y Tabla 6-11 presentan las superficies de los cuerpos de agua que fueron determinadas a partir del modelo de clasificación supervisada para el año 2025, determinadas desde la imagen de alta resolución (Pleiades 1-A) y de media resolución (Landsat 8), junto con la comparación tanto con los históricos disponibles de Alta Resolución como con las superficies de Landsat 8.

Junto con lo anterior, en las mismas tablas, se presenta el detalle por sistema lagunar y la comparación tanto con los 5 registros históricos disponibles de Alta Resolución de la Adenda 5 RWL (2006-2014), como con las superficies históricas (1973-1976) de satélites Landsat (Tabla 6-11).

Tabla 6-10 Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Pleiades 1-A y datos de monitoreo 2025 (invierno y verano), respecto de los registros mínimos de AR disponibles en Adenda 5 RWL, 2015.

Sistema Lagunar	Superficies Mínimas AR disponibles en Adenda 5		Superficies lagunares Monitoreo Fase Operación (1)			
	Quickbird/Worldview/Geoeye (2)		Invierno 2025		Verano 2025	
	ha	m²	ha	m²	ha	m²
La Punta La Brava	31,6 feb-14	316.000	42,4	423.504,3	26,2	262.268,5
Peine	48,9 mar-06	489.000	48,1	481.012,0	37,6	375.643,0
Aguas de Quelana	11,3 mar-07	113.000	13,8	137.769,8	3,2	32.127,1
Soncor	192,4 mar-07	1.924.000	181,8	1.818.214,5	126,0	1.259.852,1

(1) Superficies a partir de modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre 2025.
(2) Las fechas en que se obtuvieron los 5 registros históricos, corresponden a las que se presentaron en las tablas 4-7, 4-8, 4-9 y 4-10 del "*Apéndice B. Determinación Espacio Temporal de la Vegetación Azonal y Cuerpos de agua*" del "*Anexo 2 Plan de Manejo Biótico*" (Rockwood Lithium-SGA, 2015c) y que se enmarcan en las áreas definidas por los polígonos indicados en la RCA N°21/2016 (Considerando N°7), "*Polígonos en Tabla de 3-4 del Anexo 3"* del PSAH del proyecto.
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6-11 Comparación de superficies de cuerpos de agua estimadas a través de imágenes satelitales Landsat 8 y datos monitoreo 2025 (invierno y verano), respecto de los registros mínimos del período 1973-1976 presentados en la Adenda 5 RWL, 2015.

Sistema Lagunar	Superficie Mínima Landsat disponible en Adenda 5 periodo 1973-1976 (2)		Superficies lagunares (ha) Monitoreo Fase Operación (1)			
			Invierno 2025		Verano 2025	
	ha	m2	ha	m2	ha	m2
La Punta y La Brava	19,2 mar-73	192.000	54,4	544.327,3	32,8	327.741,0
Peine	25,4 nov-75	254.340	63,5	635.234,1	39,4	393.659,3
Aguas de Quelana	0,2 (nov 1975) feb - mar 1976)	2.469	17,4	174.014,4	4,3	42.594,1
Soncor	143,3 feb-76	1.433.495	191,1	1.911.463,4	131,6	1.316.374,3

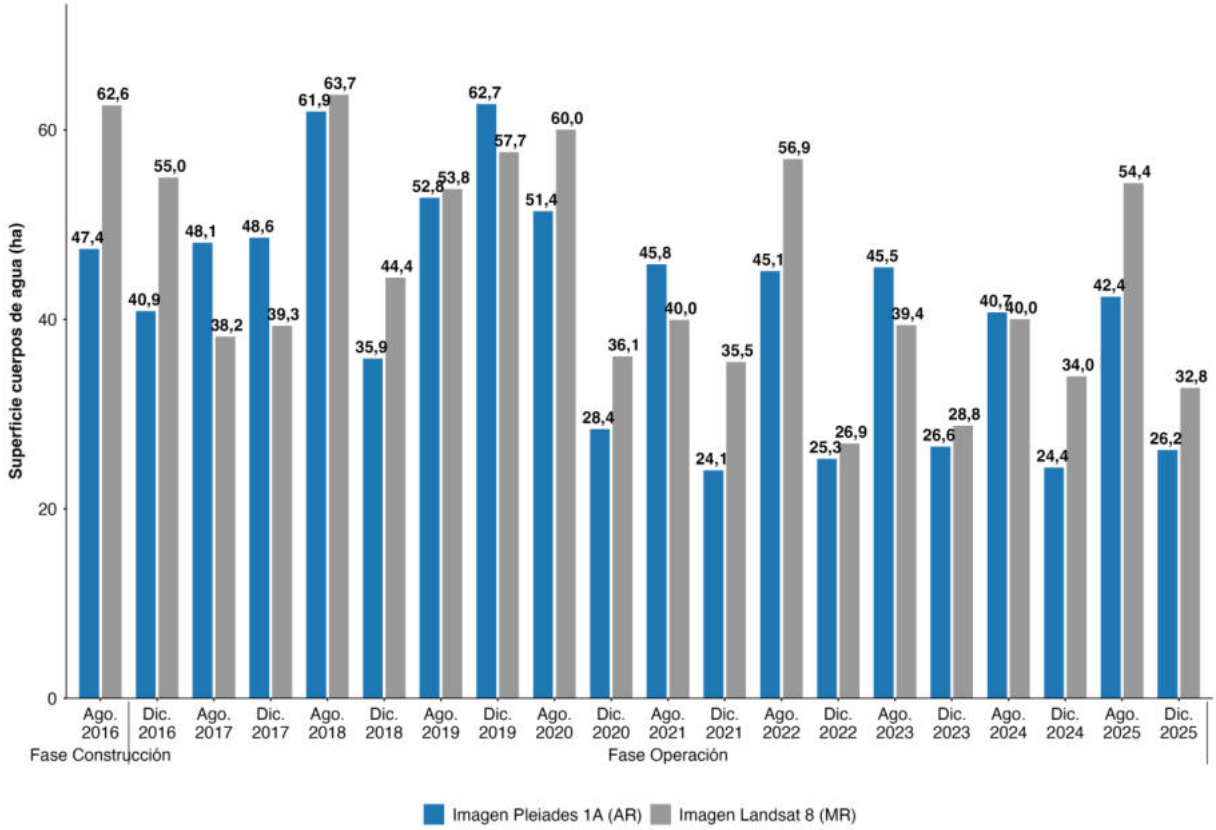
(1) Superficies a partir de modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre 2025.
(2) Las fechas y áreas de los registros históricos, corresponden a las que se presentaron en la Tabla 5-2, Tabla 6-3, Tabla 7-2 y Tabla 8-2, del "Apéndice I. Funcionamiento Hidrogeológico de los Sistemas Lagunares: La Punta–La Brava, Peine, Aguas de Quelana Y Soncor", del "Anexo 1 Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico Sector Sur del Salar De Atacama" de la Adenda 5 de la Evaluación Ambiental del "Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama" (Rockwood Lithium-SGA, 2015b).

Fuente: Elaboración Propia

6.1.3.1 La Punta - La Brava

La Figura 6-27 muestra los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas durante el seguimiento ambiental del proyecto, entre 2016 a 2025, desde que se aprobó la RCA N°21/2016 hasta la última campaña 2025.

Figura 6-27 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar La Punta - La Brava (2016 a 2025).



Dónde; MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m).
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

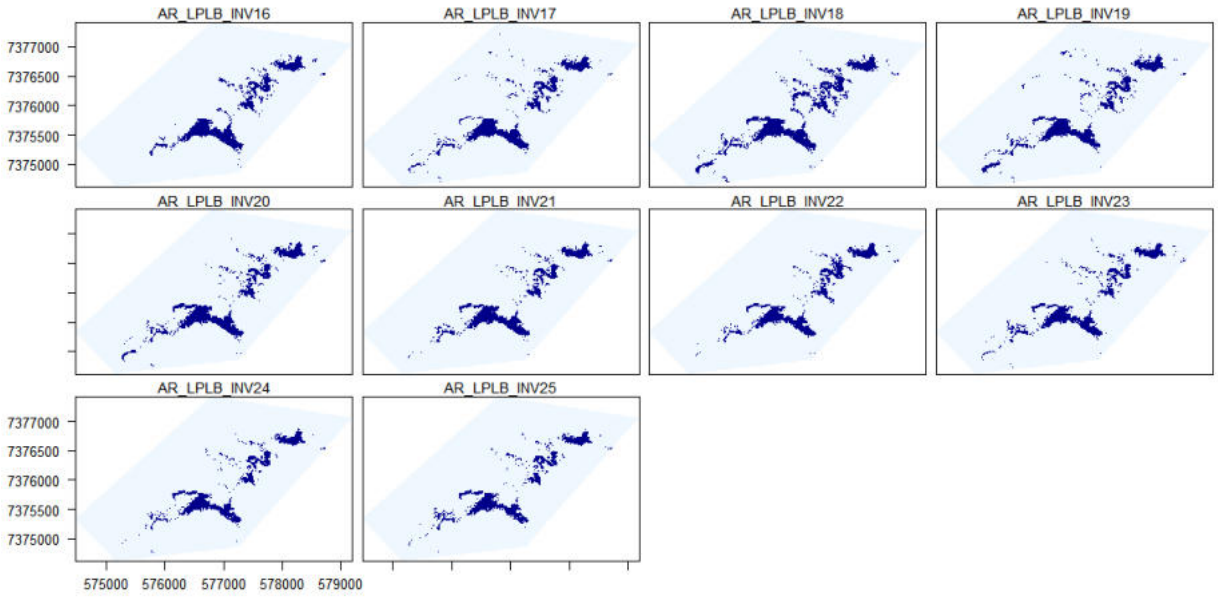
Para el sector de La Punta - La Brava, la comparación de la superficie calculada en este sistema revela patrones cíclicos interanuales (estacional). En los registros de invierno entre 2016 e invierno de 2025, se evidencia una variación, pero dentro de cierta estabilidad hasta agosto 2020, seguido de una disminución marcada en el año 2021. Se observa una ligera recuperación en invierno de 2022, durante 2023 y 2024 la superficie se mantuvo dentro de los rangos de los últimos cuatro inviernos, observándose una cierta estabilidad en el invierno de 2025 (Figura 6-27).

Las Figura 6-28 a la Figura 6-31, muestran las superficies de los cuerpos de agua según tipo de imagen por año de monitoreo (se hace la distinción entre invierno y verano), y desde 2016 a la fecha (mayor detalle en Anexo C).

En el registro de los veranos 2016 a 2025, entre los veranos de 2016 y 2019, se observa cierta estabilidad, sin embargo, desde el verano de 2020 hasta la fecha se observa una tendencia al descenso, con registros mostrando coberturas menores en comparación con los veranos de 2016 a 2019. El registro del año 2025 se mantiene similar a lo que se viene observando desde el año 2020. La diferencia marcada entre 2019 y 2021 se podría relacionar con el aumento de

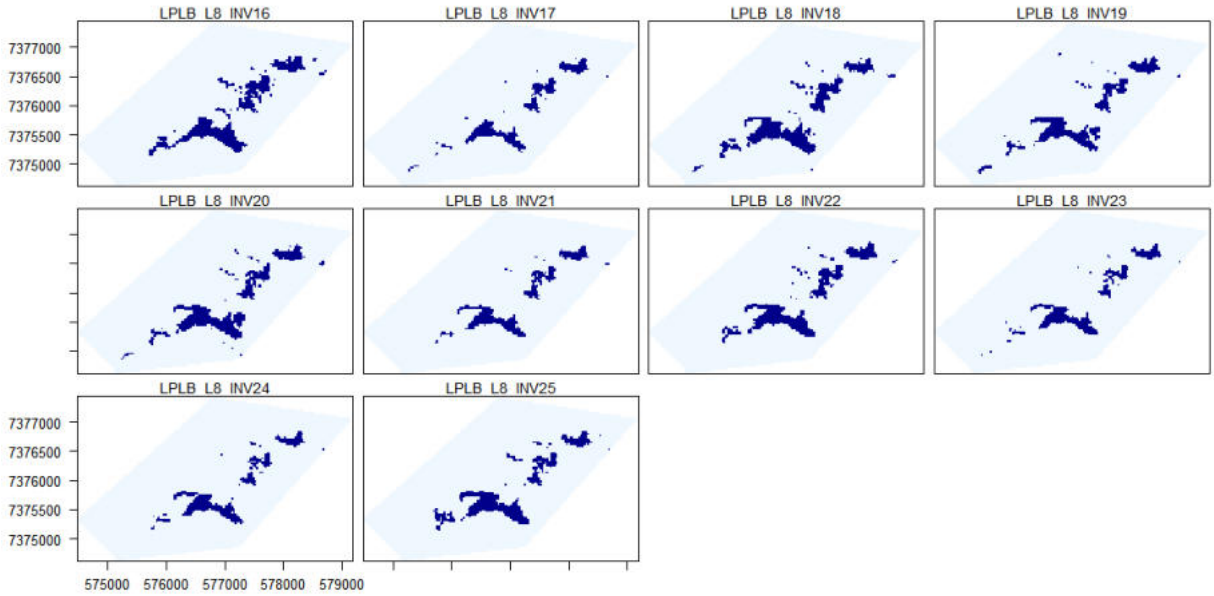
precipitaciones en enero y febrero de 2019, y agosto de 2020 expandiendo los límites naturales de lagunas y canales con el respectivo descenso posterior. En resumen, la tendencia general a lo largo del tiempo muestra un patrón de estabilización inicial (hasta 2019), seguido de una disminución en las superficies desde 2020-2021, las que se observan relativamente estables desde este periodo a la fecha (ver Figura 6-28 a la Figura 6-31).

Figura 6-28 Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



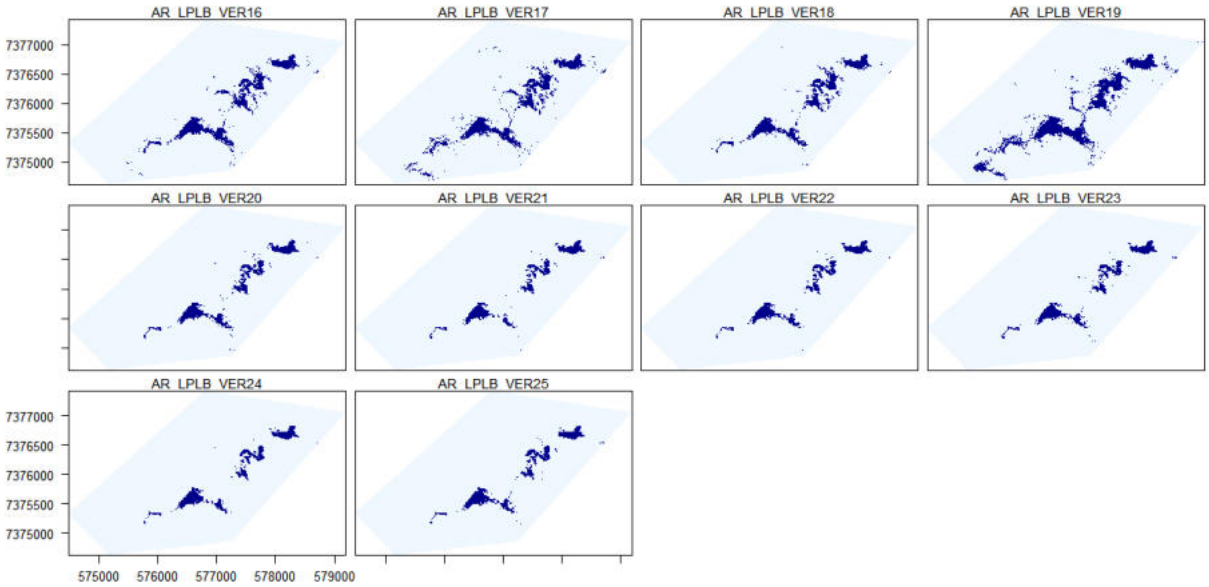
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-29 Registros de superficies lagunares de seguimiento (inviernos 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8.



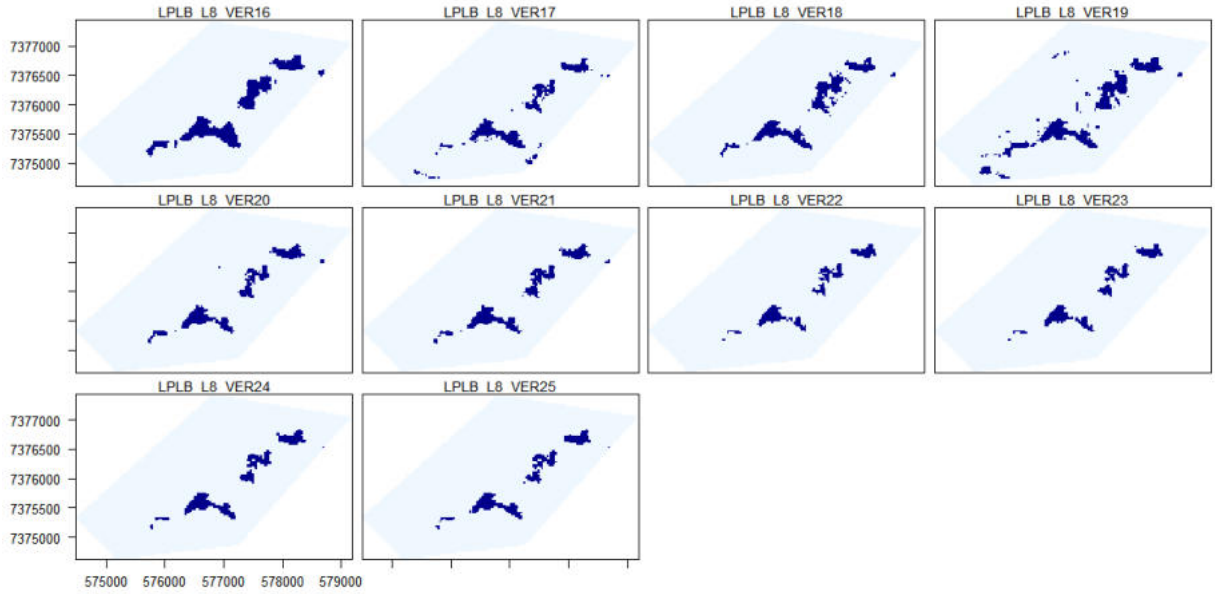
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-30 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-31 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2024), sector La Punta - La Brava, a partir de imágenes Landsat 8.

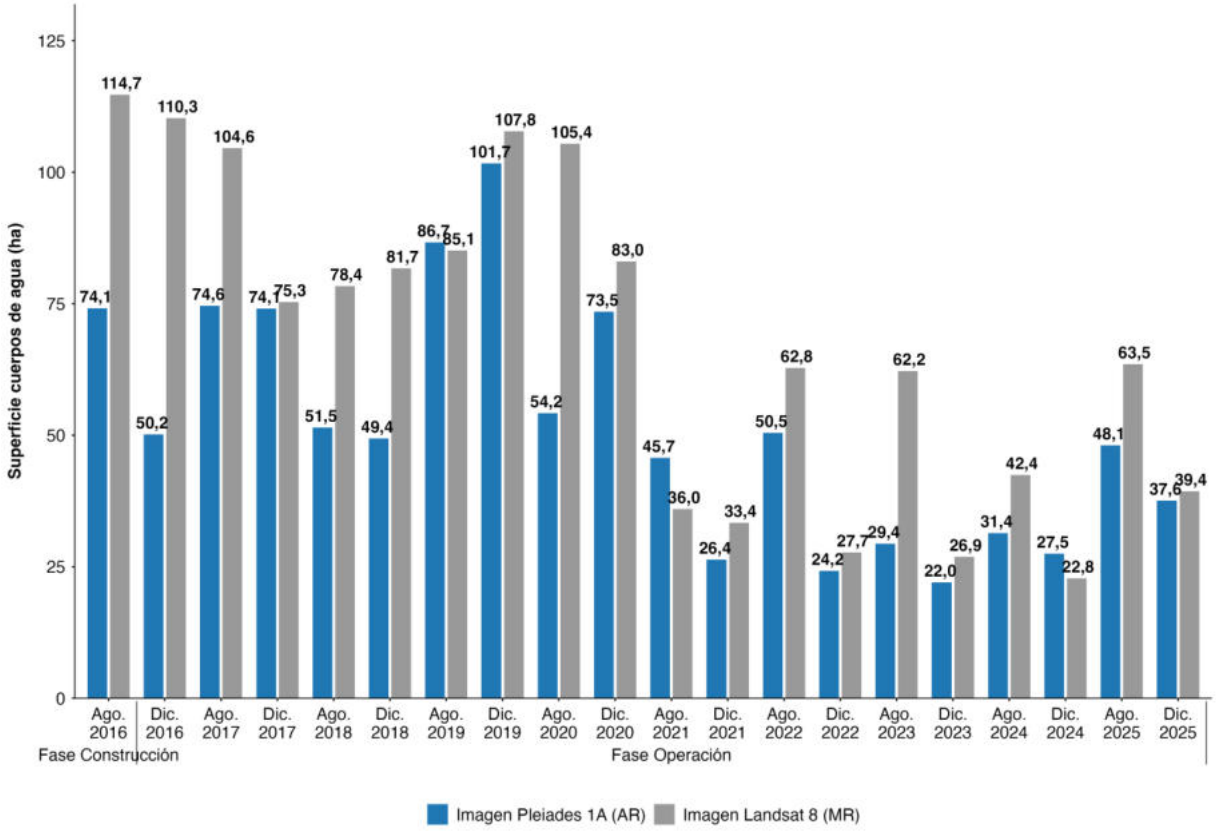


Fuente: Elaboración propia

6.1.3.2 Peine

La Figura 6-32, muestra los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2025, desde que se aprobó la RCA 021/2016.

Figura 6-32 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar Peine (2016 a 2025).



MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m).
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

Entre las principales diferencias entre registros de invierno, se observan mayores superficies de invierno en 2016 y 2017 respecto del 2018. En el invierno de 2019, se registra un aumento considerable, el que se infiere puede haber sido debido a las precipitaciones de ese año. A partir de 2020, si se observan en las superficies de Alta Resolución, una disminución en las superficies de invierno, que continuó hasta 2021. Aunque se presenta una recuperación en el invierno de 2022, en 2023 se experimenta una nueva disminución, manteniéndose similar en 2024, mientras que en el invierno de 2025 se observa una superficie un poco mayor (Figura 6-32). Para la condición de verano, se observa desde el verano 2021 una cierta estabilidad en sus valores mínimos, la cual se mantiene en 2025.

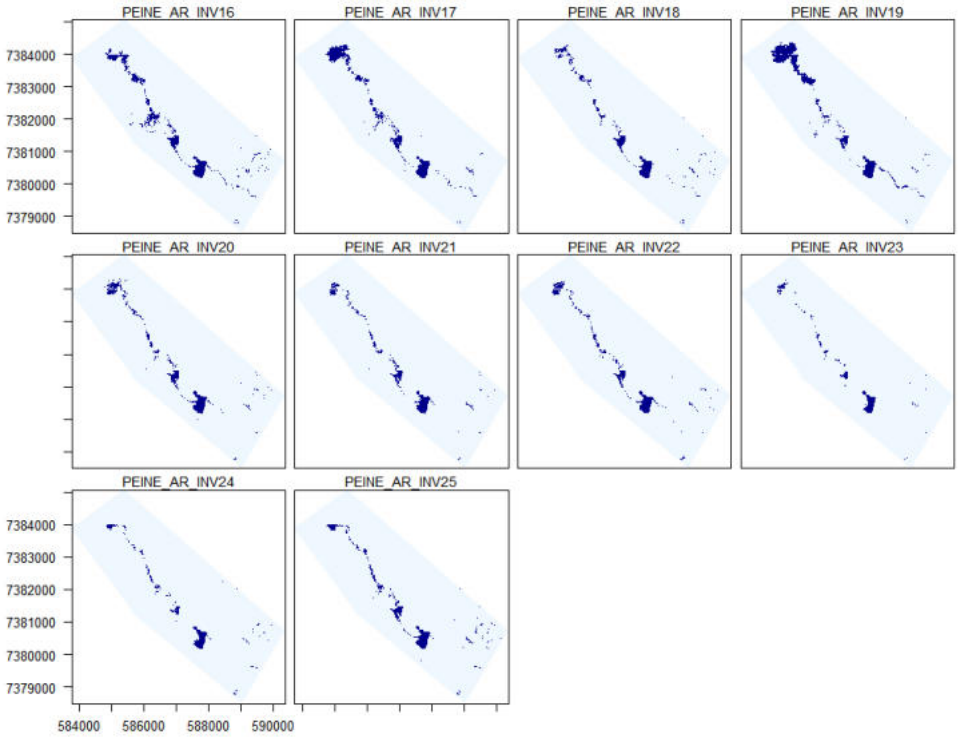
Las Figura 6-33 a Figura 6-36 presentan las superficies de los cuerpos de agua según tipo de imagen por año de monitoreo (se hace la distinción entre invierno y verano), y desde 2016 a la fecha (mayor detalle en Anexo C).

Estas fluctuaciones indican la influencia de condiciones atmosféricas tales como precipitación, temperaturas y evaporación en la dinámica de las lagunas. La laguna Interna (y también

desborde de interna) destaca como una parte significativa de los cambios, mostrando variaciones notables en su zona de inundación (ver Figura 6-33 a Figura 6-36). Esto se aprecia con mayor claridad en la Figura 6-36, donde las imágenes en AR correspondientes a los años 2017, 2019 y 2020 presentan una mayor extensión de la superficie de agua, en concordancia con periodos de mayor precipitación.

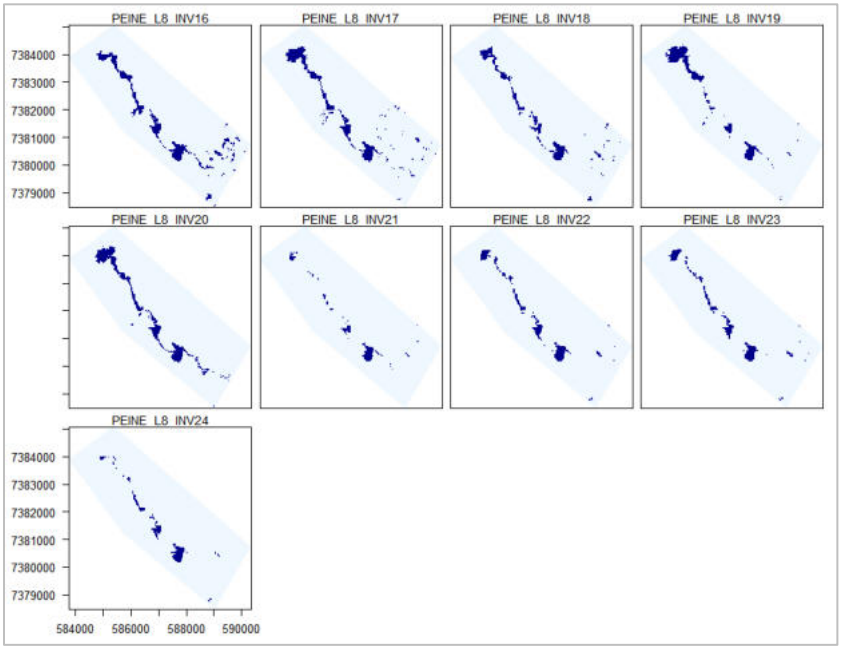
Para los veranos entre 2021 a 2025, se observa una mayor disminución en las zonas de interconexión entre la laguna Interna y la laguna Salada. Además, el análisis de imágenes de alta resolución revela una reducción en las coberturas de cuerpos de agua desde el verano de 2021, especialmente en las áreas de laguna Interna y Saladita debido a variaciones en la inundación, y también en los canales de conexión de Salada y Saladita, situación que se mantiene similar hasta el año 2025 (ver Figura 6-33 a Figura 6-36).

Figura 6-33 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A



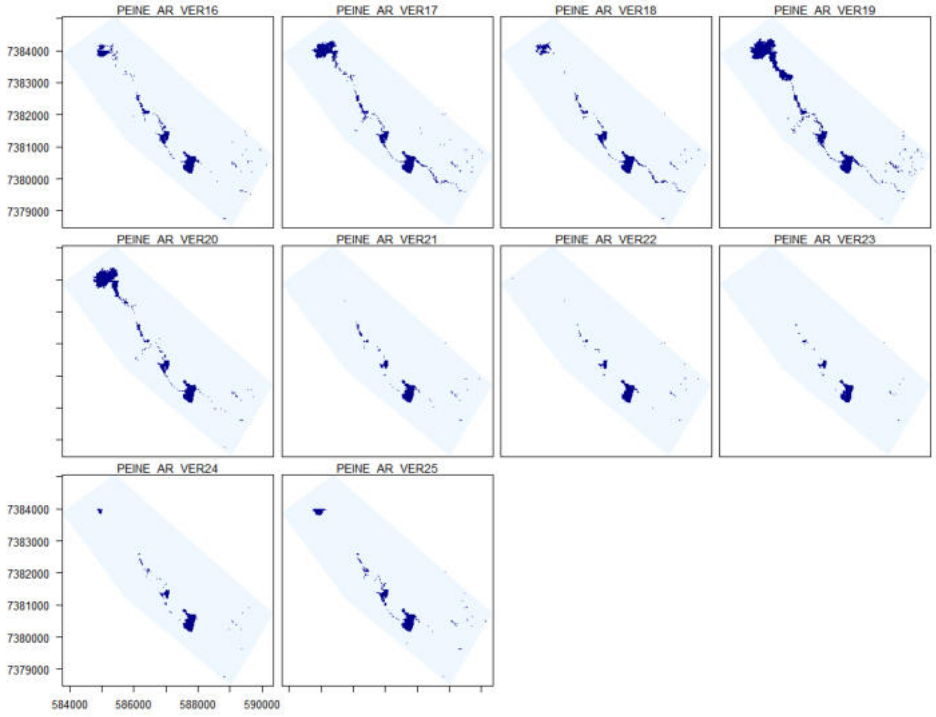
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-34 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8.



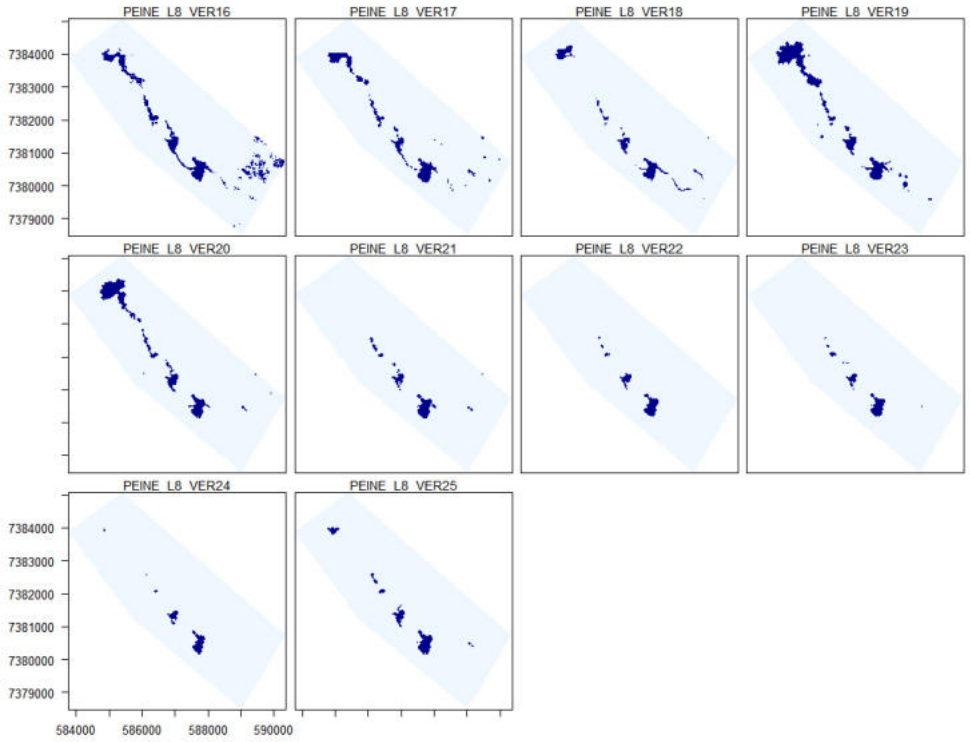
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-35 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-36 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Peine, a partir de imágenes Landsat 8.

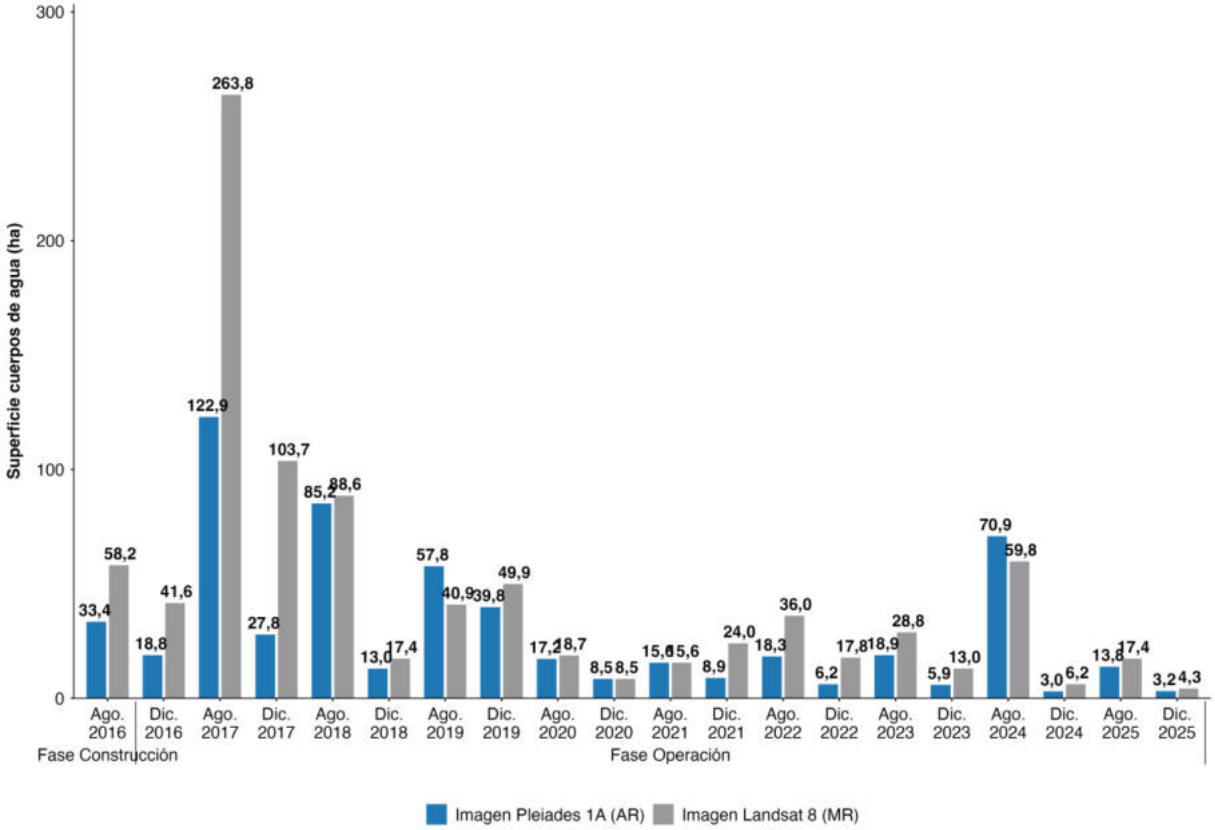


Fuente: Elaboración propia

6.1.3.3 Aguas de Quelana

La Figura 6-37 muestra los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas en el seguimiento ambiental del proyecto entre 2016 a 2025, desde la aprobación de la RCA 021/2016.

Figura 6-37 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar Aguas de Quelana (2016 a 2025).



MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m).
Fuente: Elaboración propia

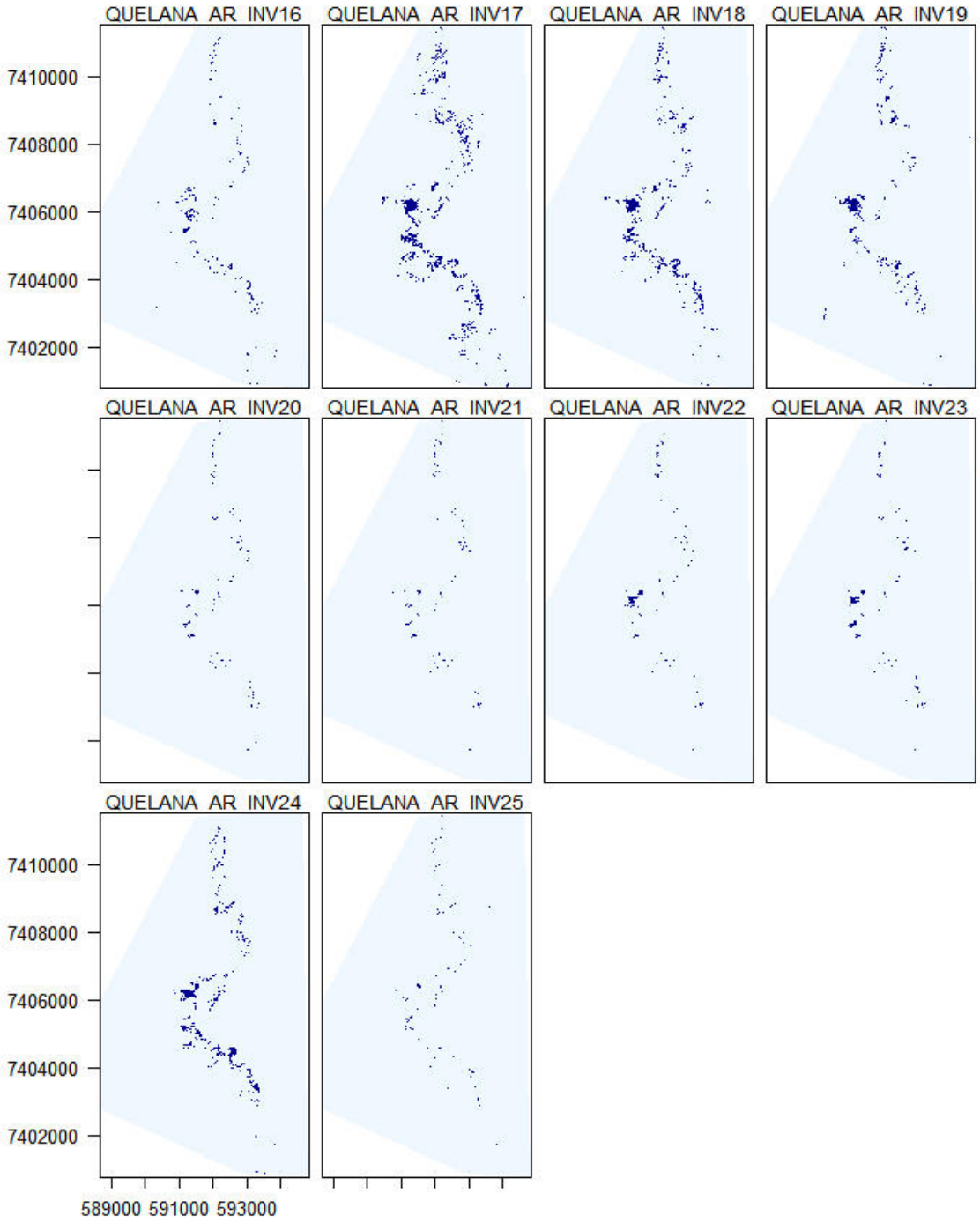
Para el año 2025 se observa una disminución en la cobertura de invierno en relación con los valores de superficie registrados entre 2020 a 2024. Asimismo, en el verano de 2025 se observa una superficie muy similar a la del periodo verano 2024, la cual corresponde a la superficie mínima histórica.

La Figura 6-38 a Figura 6-41, muestran las superficies de los cuerpos de agua según tipo de imagen por año de monitoreo (se hace la distinción entre invierno y verano), y desde 2016 a la fecha (mayor detalle en Anexo C).

Entre las principales diferencias entre registros de invierno y verano, se observa la disminución de los pequeños cuerpos de agua en la superficie de verano que se reparten en faja central del sector Aguas de Quelana, que muestran una reducción en su extensión y número y que están asociadas principalmente con vegetación ribereña. Además, se evidencia una contracción de zonas de inundación que surgen de la interconexión de estos pequeños cuerpos al presentarse eventos de precipitación. La reducción en la extensión de estos humedales y áreas inundadas se ve acrecentada en los meses de verano desde diciembre de 2019, tendencia que se mantiene hasta el verano de 2025 (ver Figura 6-38 a Figura 6-41). Es

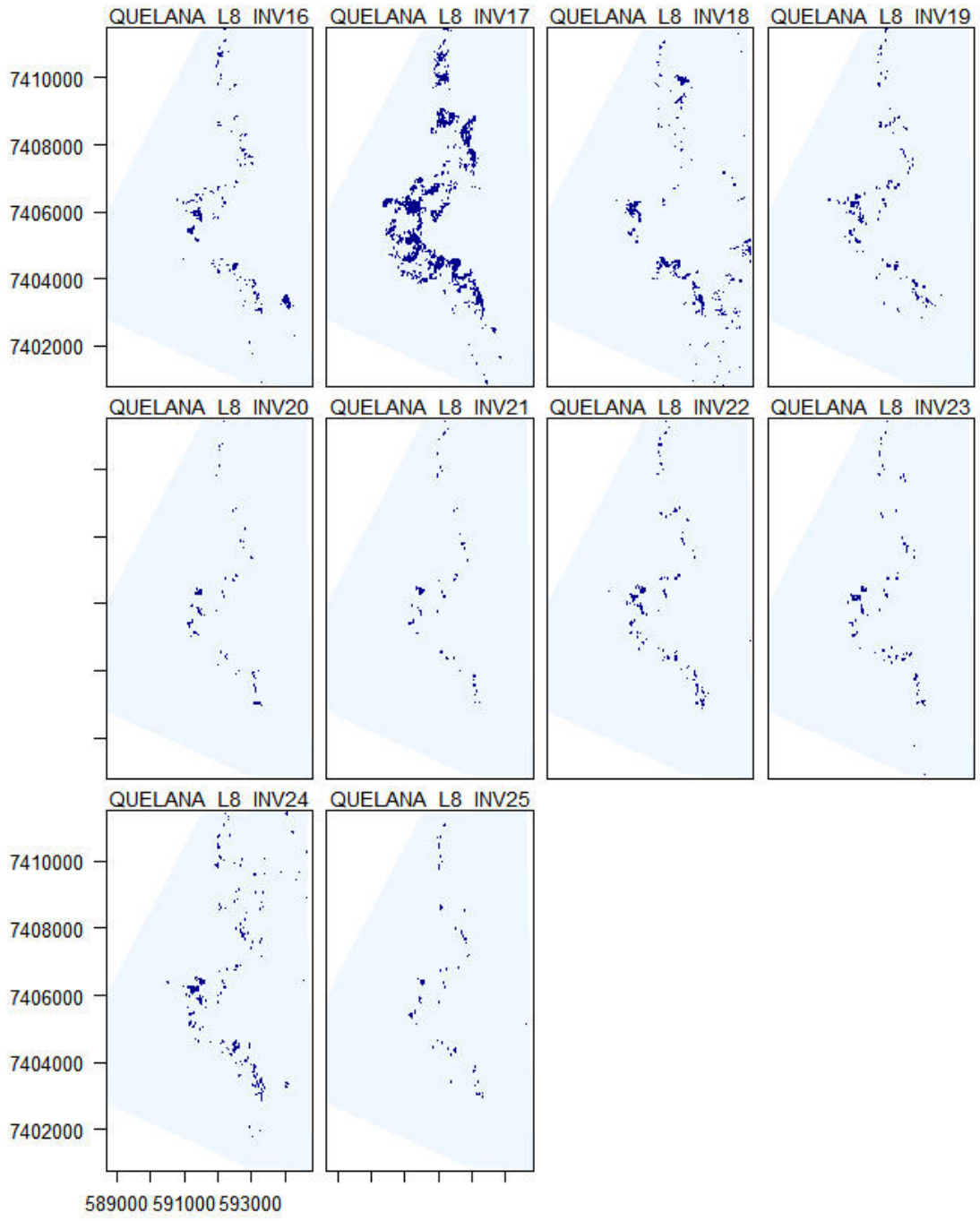
importante considera que las características de los cuerpos de agua del sistema provocan que el error al determinar la superficie inundada por esta metodología sea alto. Esto lleva a una subestimación de la superficie, especialmente en las mediciones de verano cuando los espejos de agua son más pequeños y dispersos

Figura 6-38 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Aguas de Quelana, a partir de Pleiades 1-A.



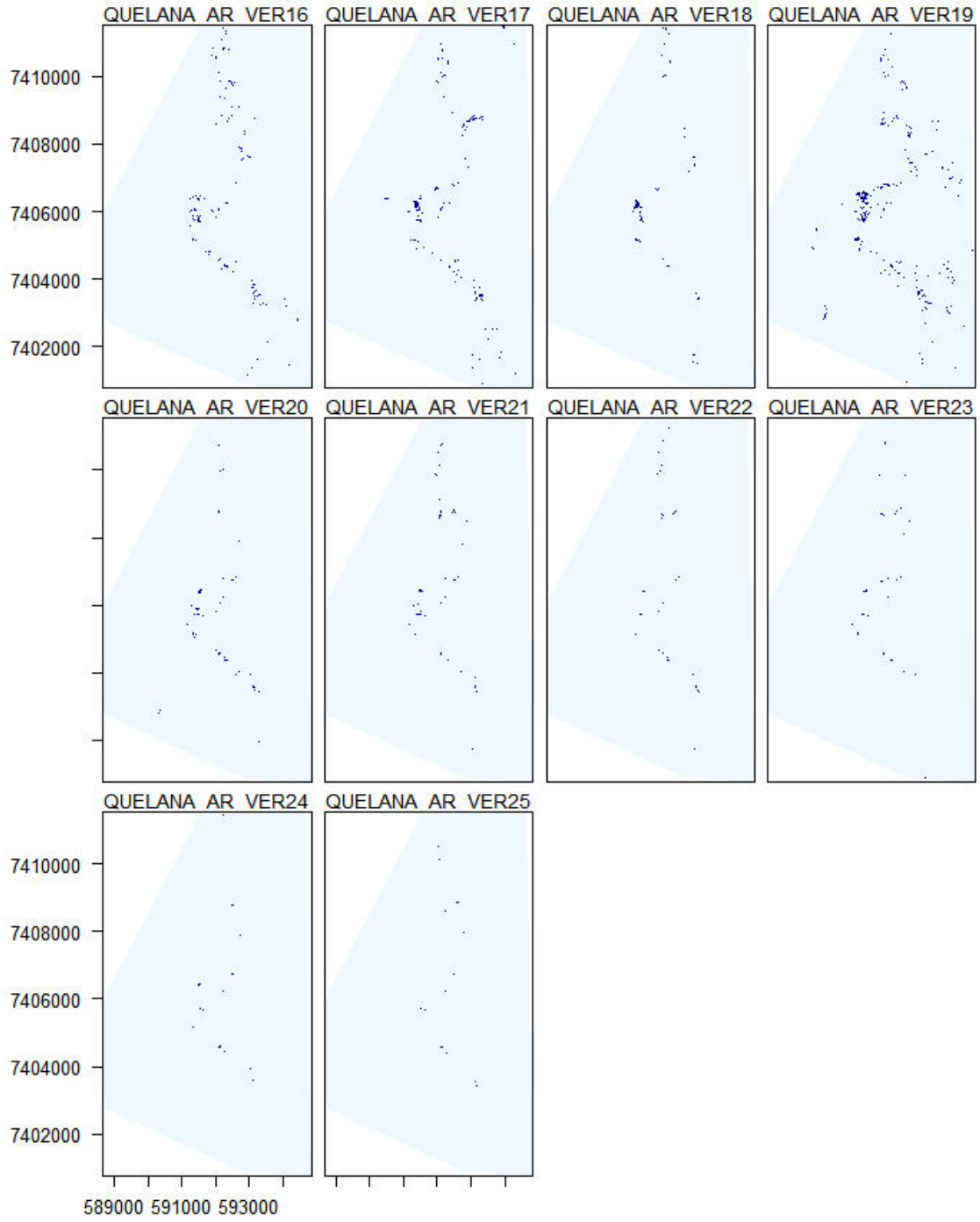
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-39 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Aguas de Quelana, de imágenes Landsat 8.



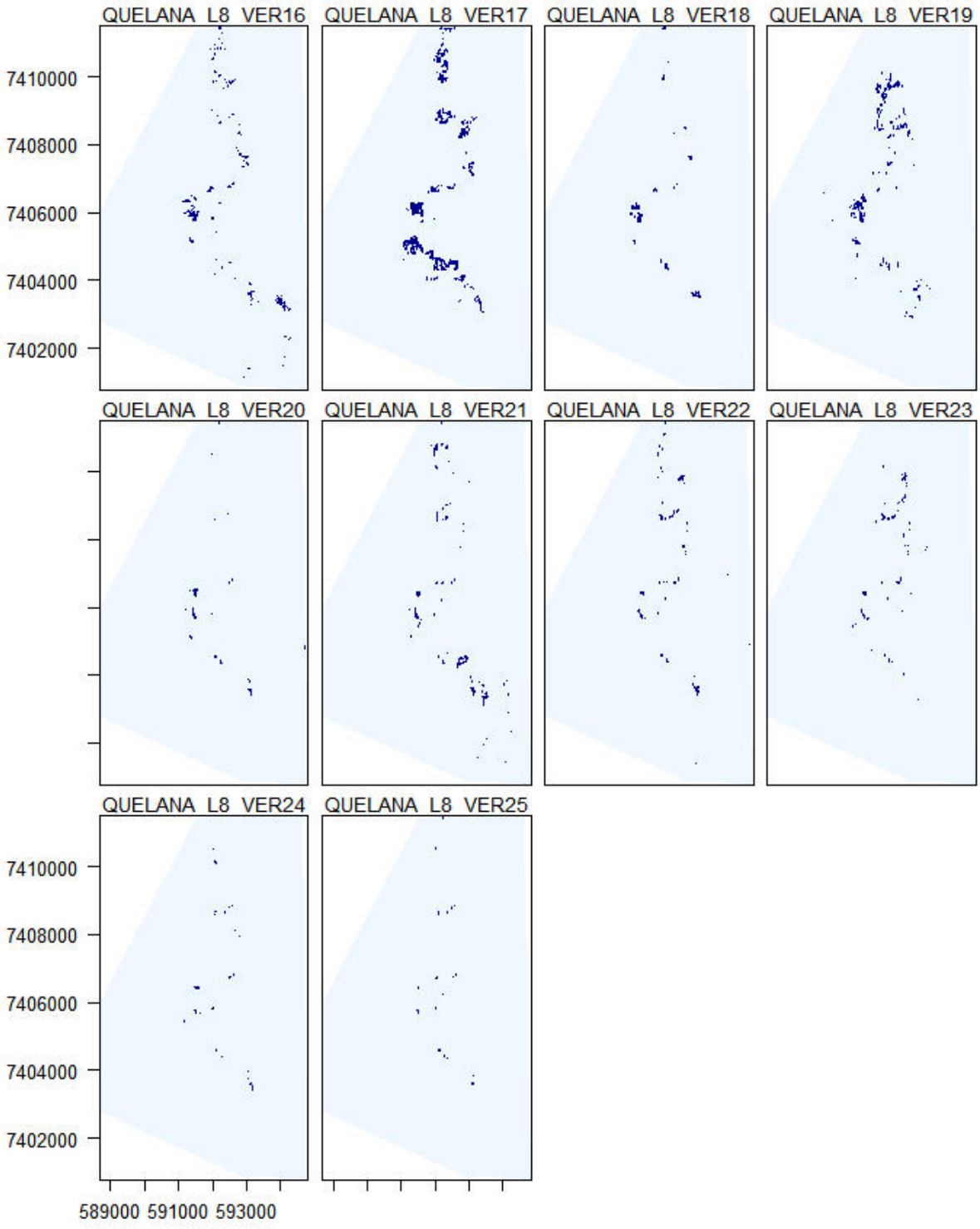
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-40 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), Aguas de Quelana, imágenes Pleiades 1-A.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-41 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Aguas de Quelana, Landsat 8

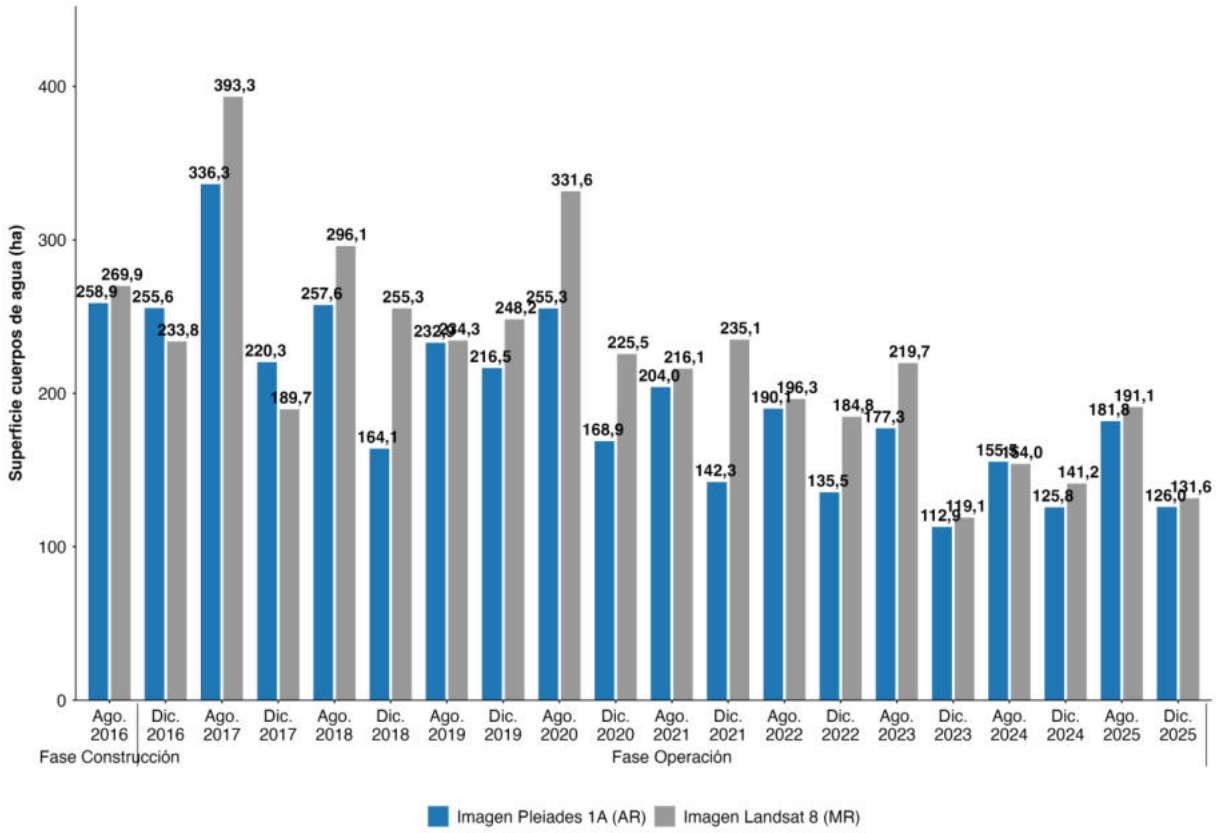


Fuente: Elaboración propia

6.1.3.4 Soncor

La Figura 6-42 muestra los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2025, desde la aprobación de la RCA 021/2016.

Figura 6-42 Registros históricos de invierno y verano de las superficies de los cuerpos de agua, Sistema Lagunar Soncor (2016 a 2025).



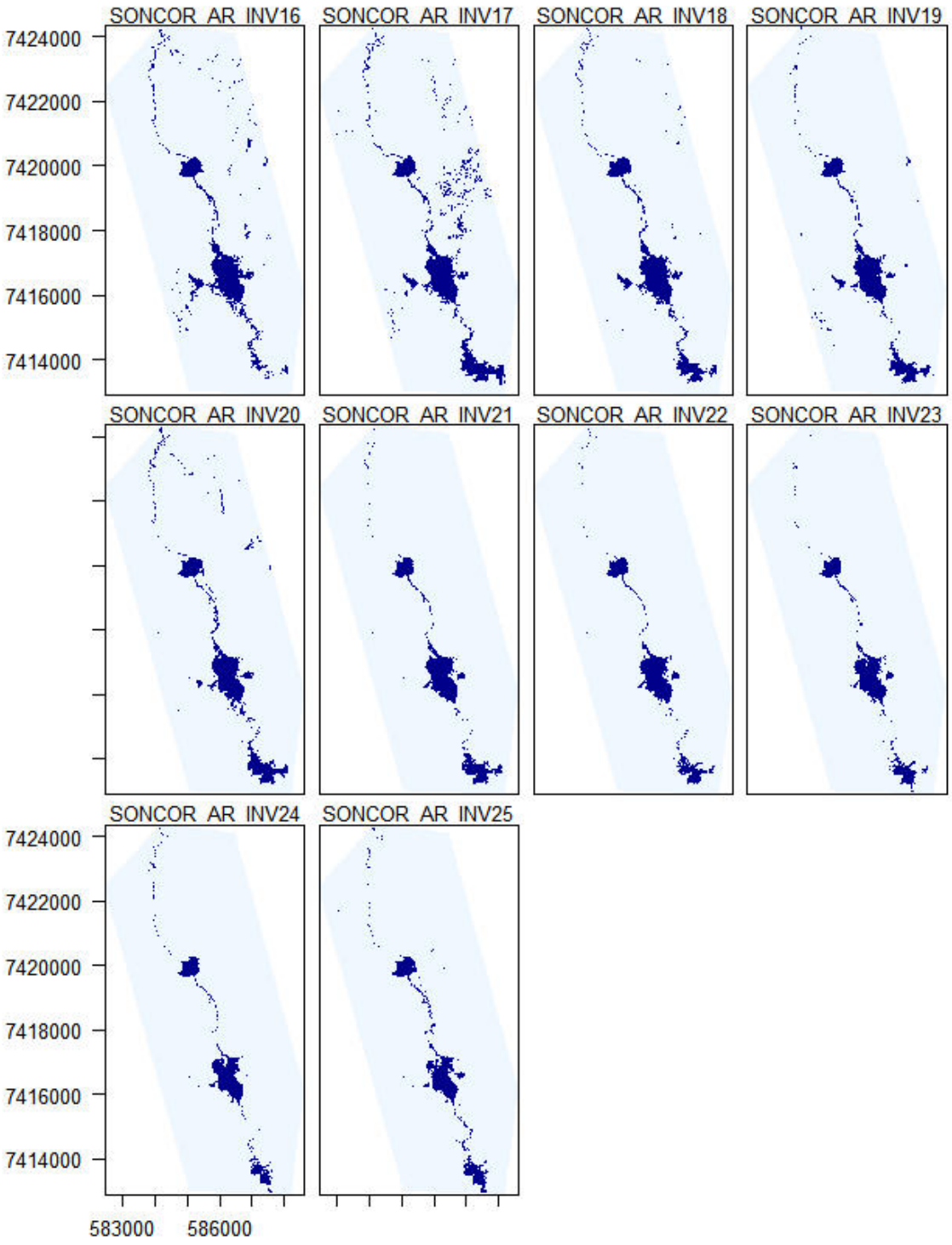
MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m).
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo de clasificación supervisada.

Al analizar las superficies de invierno de Pleiades y Landsat, se observa una variabilidad entre los años 2016 hasta agosto 2020 y posterior a ello, un descenso en las superficies llegando a un invierno 2024 a superficies mínimas dentro del registro, aunque para el invierno de 2025 se aprecia una leve recuperación de la superficie, alcanzando 181,8 ha en AR y 191,1 ha en MR. En el caso de los veranos, se observa una tendencia histórica al descenso para el periodo de seguimiento. En el año 2023 se muestra el menor valor de los registros, luego en 2024 muestra una leve recuperación, y en 2025 esta superficie se estabiliza (ver Figura 6-42).

La Figura 6-43a la Figura 6-46, muestran las superficies de los cuerpos de agua según tipo de imagen por año de monitoreo (se hace la distinción entre invierno y verano), y desde 2016 a la fecha (mayor detalle en Anexo C).

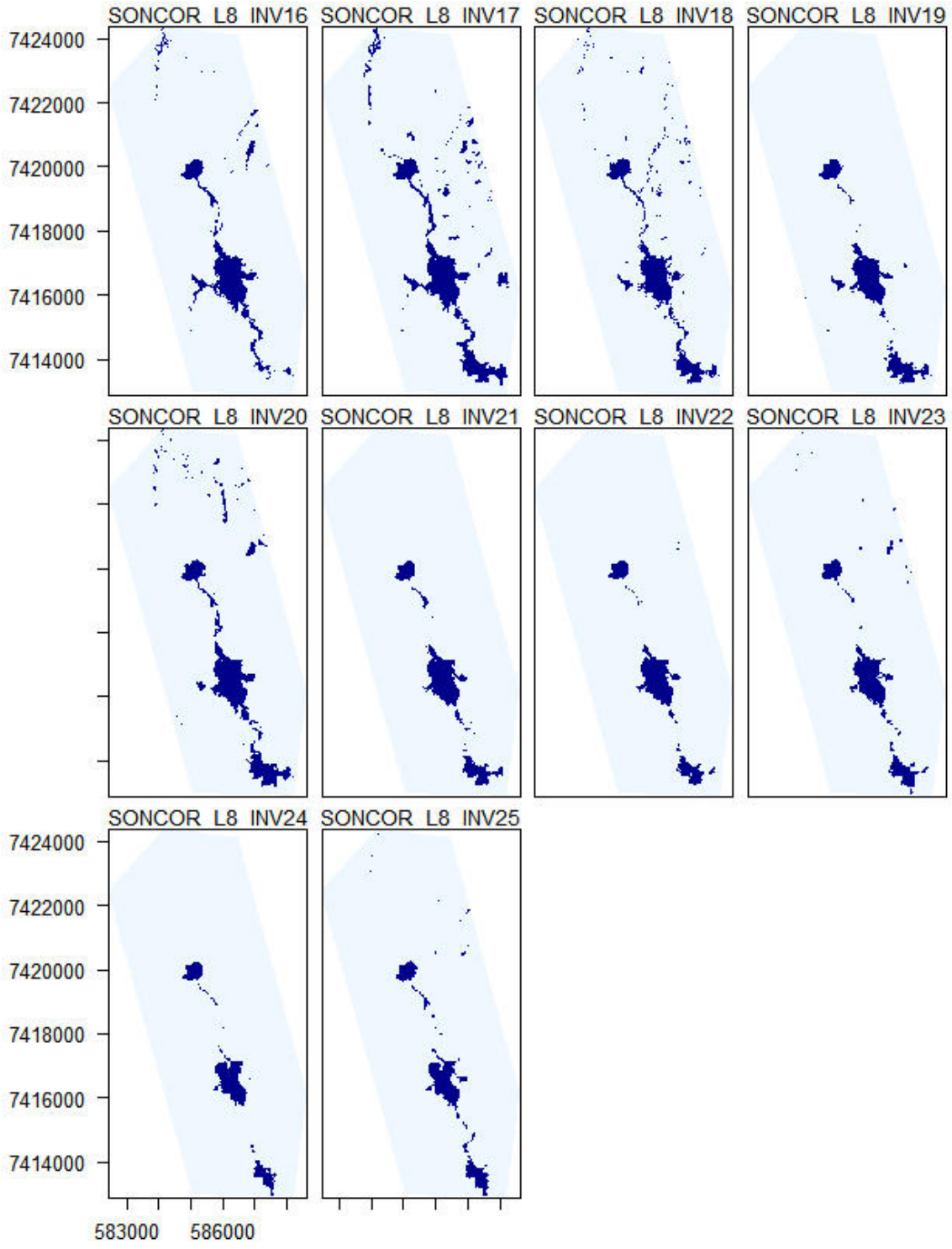
Para el sector de Soncor, las principales diferencias entre monitoreos se observan en la zona sur y oeste del sistema y por derrames de la laguna Barros Negros al sector de entrada oeste, cuyas variaciones contribuyen aumentando o disminuyendo las superficies calculadas para los cuerpos de agua. Para invierno 2025 se observa una recuperación en los cuerpos de las lagunas principales en relación con los registros mínimos de invierno 2024, tanto en las imágenes de alta y media resolución. El verano de 2025 se evidencia una estabilización en los cauces de interconexión y en las lagunas principales del sistema, sin variaciones significativas respecto al periodo estival anterior (ver Figura 6-43 a la Figura 6-46).

Figura 6-43 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



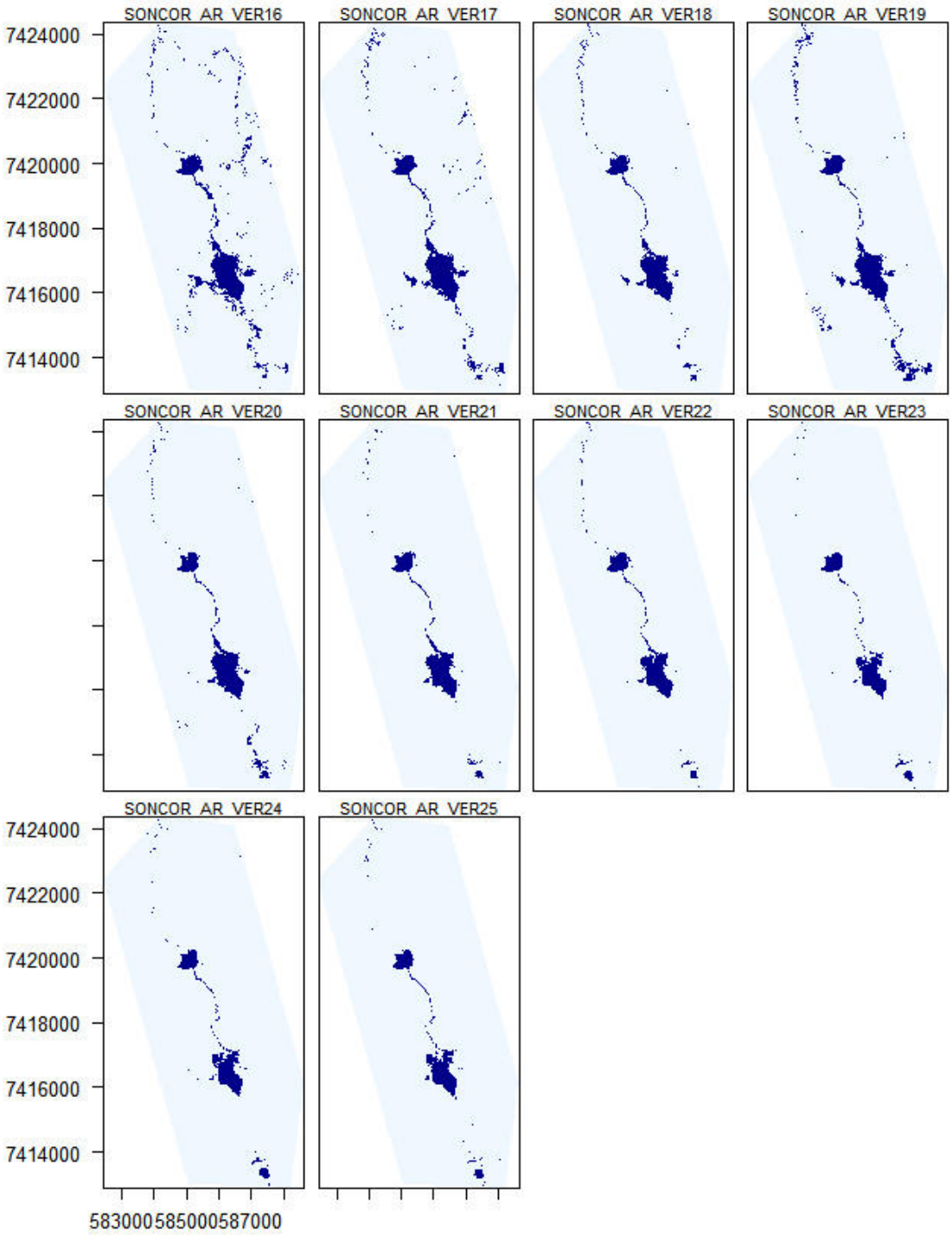
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-44 Registros de superficies lagunares de seguimiento inviernos (agosto 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Landsat 8.



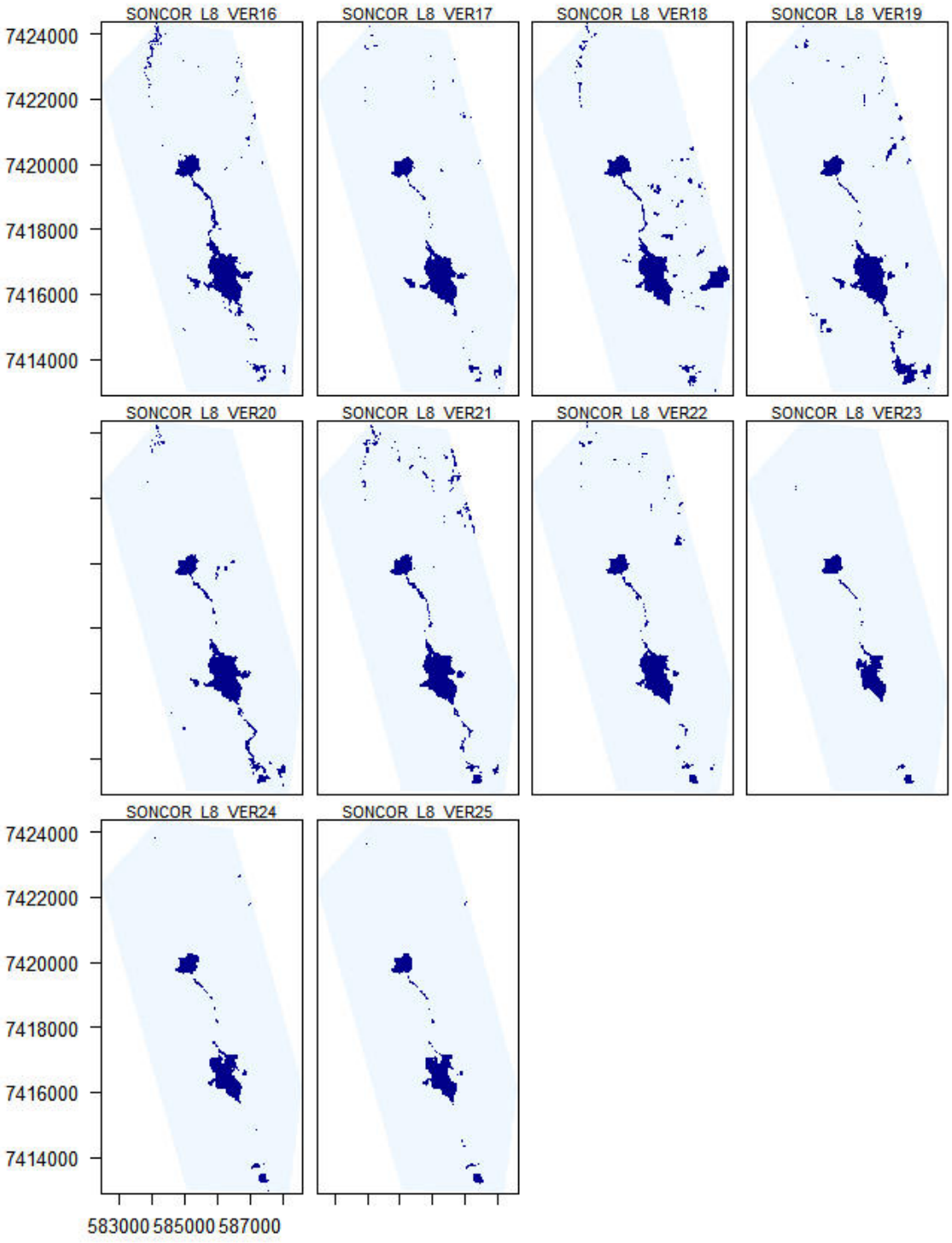
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-45 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Pleiades 1-A.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-46 Registros de superficies lagunares de seguimiento veranos (diciembre 2016 a 2025), sector Soncor, a partir de imágenes Landsat 8.



Fuente: Elaboración propia

6.1.3.5 Límite por Variable

En la Tabla 6-12, se muestra la comparación de las superficies mínimas históricas de referencia en relación con las del año 2025, en dicha tabla se presenta por un lado la superficie mínima de cada sistema lagunar medido con 4 - 5 imágenes de alta resolución (periodo 2006 a 2014), recopiladas en la Adenda 5, y presentadas en el *Apéndice B del Anexo 2 Plan de Manejo Biótico* y por otro lado, se presenta para los cuatro sistemas lagunares los resultados de superficies mínimas de las campañas del año 2025 (Anexo C), estimadas a través de las imágenes de alta resolución (AR) utilizadas.

Tabla 6-12 Comparación de superficies mínimas AR disponibles en Ad5s y superficie mínima año 2025 de los sistemas lagunares a partir de imágenes satelitales de alta resolución

Sistema Lagunar	Superficies mínimas de imagen AR disponibles en Adenda 5 QuickBird/Worldview/GeoEye (ha)	Superficie mínima 2025 Pleiades Alta resolución (ha)*
La Punta-La Brava	31,6 (febrero 2014)	26,2 (verano 2025/2026)
Peine	48,9 (marzo 2006)	37,6 (verano 2025/2026)
Aguas de Quelana	11,3 (marzo 2007)	3,2 (verano 2025/2026)
Soncor	192,4 (marzo 2007)	126,0 (verano 2025/2026)

Debido a condiciones de nubosidad que impedían obtener imágenes adecuadas para su análisis durante diciembre de 2025, se llevó a cabo una nueva captura en enero de 2026. Esta acción tuvo como objetivo asegurar una cobertura libre de nubes, garantizando así la calidad, consistencia y confiabilidad del procesamiento y de la interpretación posterior de los datos.

Fuente: Elaboración propia

En relación con las superficies mínimas de AR medidas en el año 2025, éstas son inferiores a las superficies obtenidas de las imágenes referenciales de alta resolución presentadas en la Adenda 5.

Es importante señalar que las superficies históricas que se tuvieron disponibles en AR presentadas en la Adenda 5 fueron escasas, de cuatro a cinco para cada sistema lagunar y corresponden a meses distintos de los reportados semestralmente en el PSAH (agosto y diciembre principalmente). El hecho que fueron medidas en meses distintos (enero, febrero y abril en LP-LB; marzo y abril en Peine, Aguas de Quelana y Soncor) es un aspecto importante para considerar, dada la alta variabilidad anual que presenta esta variable.

Por otra parte, y dado que existe un número más elevado de imágenes históricas de mediana resolución (Landsat), las que también fueron presentadas en la Línea Base del Proyecto (*Apéndice I, del Anexo 1 Estudio Hidrogeológico y Modelo Numérico de la Adenda 5*) es que en la siguiente Tabla 6-13 se comparan los valores mínimos de superficie lagunar registrados en el año 2025 con las imágenes de mediana resolución, considerando el valor mínimo histórico de cada sistema lagunar determinado a partir de 68 imágenes de mediana resolución (imágenes Landsat *en Anexo C Apéndice I, del Anexo 1*), entre los años 1972 al 2014 (en general dos imágenes por año de julio y diciembre). Las superficies mínimas históricas de la Adenda 5 (verificadas entre los años 1972 – 1976) fueron estimadas a partir del satélite

Landsat 1 y 2 que tiene una resolución de 57x79m, actualmente las superficies son estimadas por el satélite Landsat 8 que tiene una resolución de 30x30m. Por esta razón, las superficies mínimas históricas declaradas en la Tabla 6-13 tienen una menor precisión en relación con las estimadas con los satélites actuales

Con estas imágenes Landsat y la validación en terreno de los índices calculados y los píxeles definidos de superficie inundada (compromiso del PSAH) se obtuvieron valores mínimos de superficie cubierta de agua de los datos históricos, y al compararlos con los mínimos de Landsat del 2025 que corresponden a la campaña de verano (diciembre); se observa que estas últimas (2025), en el sistema lagunar La Punta-La Brava, Peine y Aguas de Quelana, estarían sobre las superficies lagunares mínimas históricas (definidas con las imágenes de mediana resolución presentadas en la Adenda 5), y en el sistema lagunar Soncor estarían por bajo de la superficie mínima histórica (ver Tabla 6-13).

Tabla 6-13 Comparación de superficie mínima histórica y superficie mínima año 2025 de los sistemas lagunares a partir de imágenes satelitales de mediana resolución (Landsat 8)

Sistema Lagunar	Superficie Mínima Histórica Adenda 5 Landsat 1 y 2 Histórico (ha)	Superficie mínima 2025 Landsat 8 (ha)*
La Punta-La Brava	19,2 (marzo 1973)	32,8 (verano 2025/2026)
Peine	25,4 (noviembre 1975)	39,4 (verano 2025/2026)
Aguas de Quelana	0,2 (nov 1975, feb y mar 1976)	4,3 (verano 2025/2026)
Soncor	143,3 (feb 1976)	131,6 (verano 2025/2026)

* Debido a condiciones de nubosidad que impedían obtener imágenes adecuadas para su análisis durante diciembre de 2025, se llevó a cabo una nueva captura en enero de 2026. Esta acción tuvo como objetivo asegurar una cobertura libre de nubes, garantizando así la calidad, consistencia y confiabilidad del procesamiento y de la interpretación posterior de los datos.
Fuente: Elaboración propia

6.1.4 Nivel limnimétrico histórico de las lagunas

En el presente subcapítulo, se presenta el registro histórico completo y evolución en el tiempo de las mediciones de nivel de agua en las lagunas, realizadas a través de reglas limnimétricas y estacas, para los 3 sectores mencionados en la sección 5.4 (sector La Punta-La Brava, sector Peine, sector Norte y Borde Este). Además, se analiza en la presente subsección 6.1.4.4, el límite comprometido para esta variable.

El período de registro general presenta datos para 20 puntos de monitoreo desde el 2016 a 2025. La base de datos histórica con las mediciones de nivel limnimétrico se incluye en el Anexo D.

6.1.4.1 Sector La Punta-La Brava

En la Figura 6-47, se grafican las mediciones históricas (2016-2025) de los 5 puntos de monitoreo detallados en la sección 5.4 para el sector La Punta-La Brava (LM-01, LM-02, LM-

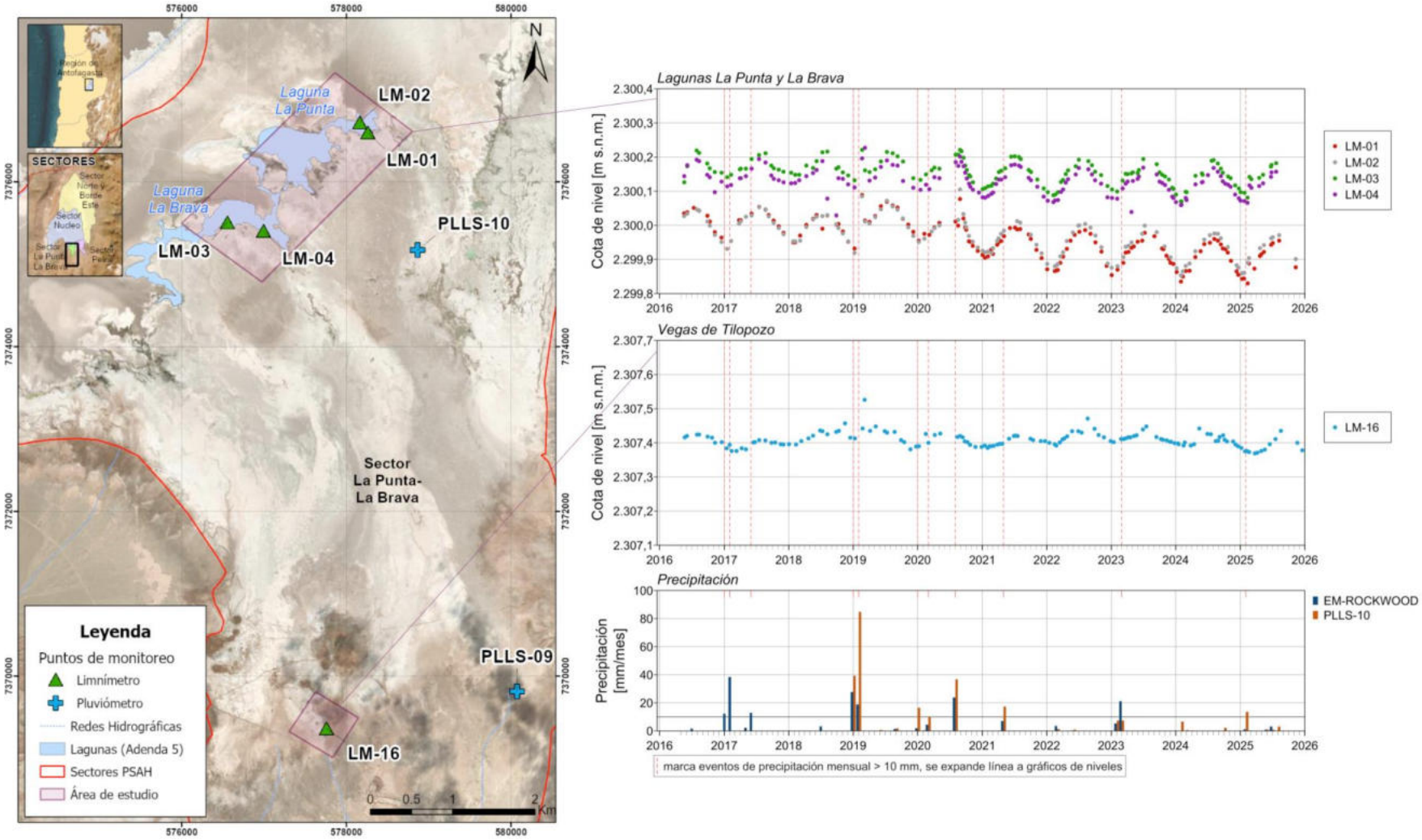
03, LM-04 y LM-16). En ambos gráficos, se observan variaciones estacionales con descensos de nivel en los meses de estaciones cálidas, recuperándose en los meses de invierno.

En el primer gráfico de la Figura 6-47 se observan las mediciones de los puntos LM-01, LM-02 (Laguna La Punta), LM-03 y LM-04 (Laguna La Brava), los cuales tienen una estacionalidad marcada. En el segundo gráfico de la Figura 6-47 se observa el comportamiento del punto de monitoreo LM-16, el cual se ubica en la zona de vegas de Tilopozo; razón por la cual este punto presenta una cota de nivel más alta que los demás, y muestra niveles relativamente estables durante todo el periodo de registro (2016 a 2025).

Entre el año 2016 y el año 2019, si bien se observa variabilidad estacional, los niveles se presentan relativamente estables, los cuales luego tienen un aumento asociado al evento de precipitación de 46,7 mm de enero/febrero 2019. A partir del año 2020 y finales del año 2021 se observa una tendencia al descenso en los 4 puntos, con mayor pendiente en los puntos del sector La Punta (LM-01 y LM-02) que para el sector La Brava (LM-03 y LM-04). Para los puntos LM-03 y LM-04, desde 2022 a la fecha se observa una estabilización de los de los niveles limnimétricos.

En la Figura 6-47 se observa que todos los puntos de monitoreo (con excepción del punto LM-16 de Vegas de Tilopozo) presentan aumentos de nivel atribuibles a los eventos de precipitación, en particular al ya mencionado evento del año 2019, y los 23,8 mm de agosto 2020. Después de las alzas, vuelve a retomar la tasa de descenso previa. En la sección 6.1.1 se presentaron con mayor detalle las precipitaciones históricas.

Figura 6-47 Evolución histórica de nivel limnimétrico (2016-2025), sector La Punta - La Brava



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.2 Sector Peine

En la Figura 6-49 se presenta el registro histórico de los niveles limnimétricos hasta el año 2025, de los 11 puntos presentados en la sección 5.4 (LM-05, LM-06, LM-07, LM-08, LM-09, LM-10, LM-17, E1, E2, E3 y E4). En esta misma sección se presentan las justificaciones de las ausencias de datos para el año 2025, principalmente por restricción de acceso al sector.

Es relevante mencionar que los puntos E1 y LM-17 presentan datos corregidos entre mayo 2024 y octubre 2023 y entre julio 2022 y diciembre 2023, respectivamente, debido a incidentes ocurridos en años anteriores. Esto se detalla en la sección 4.4.2. En el primer gráfico de la Figura 6-48, se observan los niveles limnimétricos de los puntos LM-05, LM-06 ubicados en el sector Laguna Salada, y de LM-07 y LM-08 ubicados en el sector laguna Saladita, los que muestran distintos comportamientos en su evolución temporal dentro del periodo (2016-2025). Cabe destacar que desde el año 2020 no se cuenta con datos completos en estos 4 puntos.

Por una parte, el punto LM-05 (Salada) presenta un aumento en sus niveles durante todo el periodo (2016-2022) y, por otra parte, el punto LM-06 (Salada) presenta estabilidad en la misma ventana de tiempo. En el punto LM-07 (laguna Saladita) se observa estabilidad para el periodo 2019-2025 y en LM-08 (laguna Saladita) para todo el periodo (2016-2025).

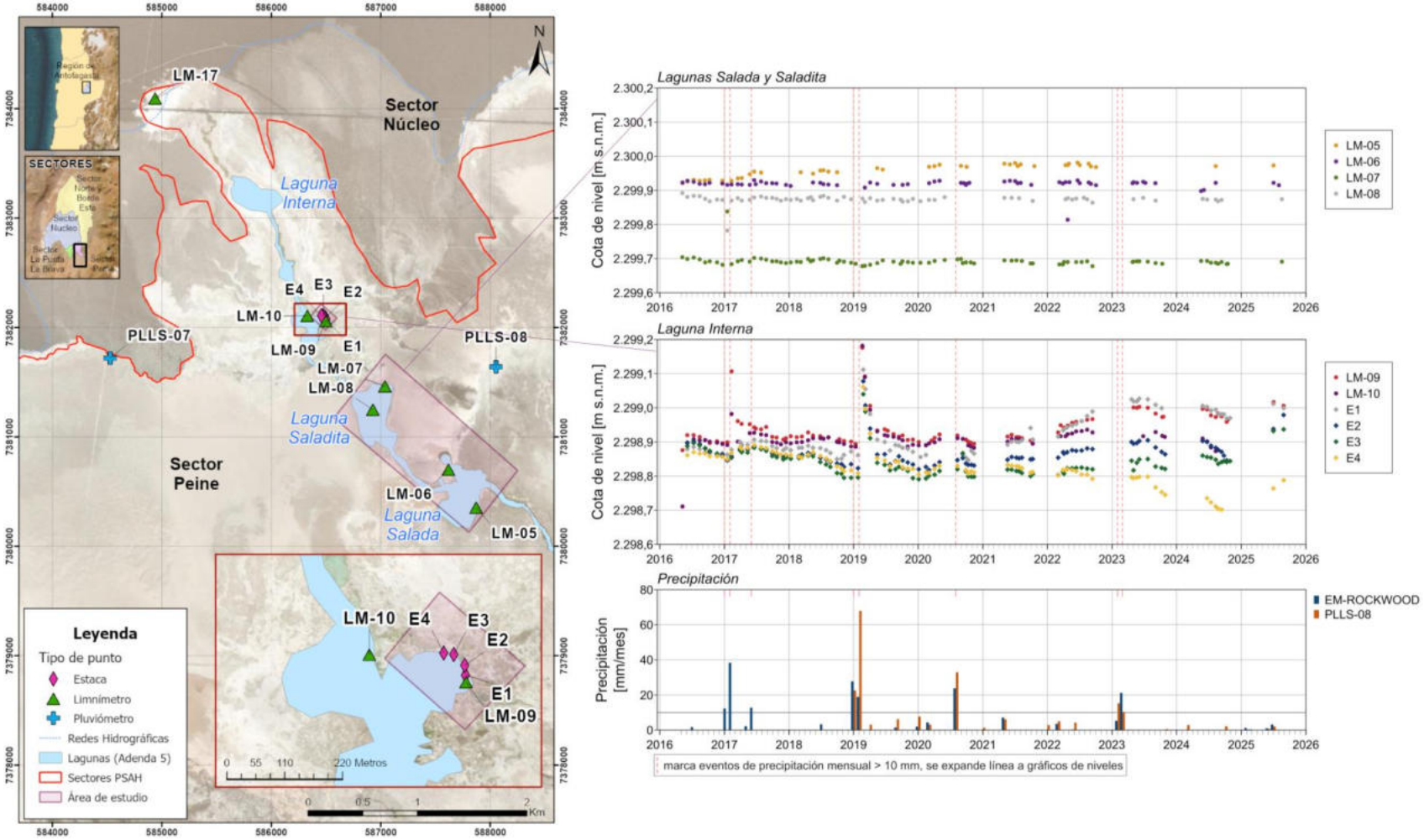
En la misma figura (Figura 6-48) se observa que, durante el periodo 2016-2025, los puntos de monitoreo presentan cotas que descienden en dirección al núcleo. En ese contexto, el punto LM-05 registra niveles en torno a los 2.299,94 m s.n.m., seguido por LM-06 con cotas similares, mientras que aguas abajo LM-07 y LM-08 presentan cotas menores, cercanos a 2.299,88 m s.n.m., y 2.299,70 m s.n.m., respectivamente. En el registro histórico de los puntos LM-06, LM-07 y LM-08 se reconocen tres datos estadísticamente anómalos, en el punto LM-06 en abril del año 2022, y en los puntos LM-07 y LM-08 en enero 2017.

En el segundo gráfico de la Figura 6-48 se grafican los datos limnimétricos históricos de los puntos LM-09 y LM-10 y las estacas E1, E2, E3 y E4, ubicadas en el borde de Laguna Interna. En relación con la evolución en el tiempo, se tiene que los puntos E1, LM-09 y LM-10 muestran una estabilidad desde el año 2016 al 2021, mientras en los puntos E2, E3 y E4 muestran descenso de nivel entre 2016 a 2019 y se mantienen relativamente estables entre el 2019 y 2021. Desde 2022, se observa un ascenso de nivel en todos los puntos, salvo E4que tuvo descensos hasta 2024, pero ha mostrado recuperación en 2025 al comparar las mediciones de julio y agosto entre estos dos últimos años.

En el mismo gráfico de la Figura 6-48, se observa que todos los puntos muestran variaciones estacionales que oscilan principalmente sobre los 2.298,80 m s.n.m., y bajo 2.999,00 m s.n.m, para todo el periodo de registro, con excepción de la respuesta de los niveles al evento de

precipitación de enero 2019. En febrero y marzo de 2023 hubo eventos de precipitación importante de 26,5 mm en EM-Rockwood y de alrededor de 25,7 mm en el pluviómetro PLLS-08 ubicado en el entorno lagunar, sin embargo, no se puede observar si hay respuesta a esta precipitación, dado que no hay medidas en los primeros meses del año 2023.

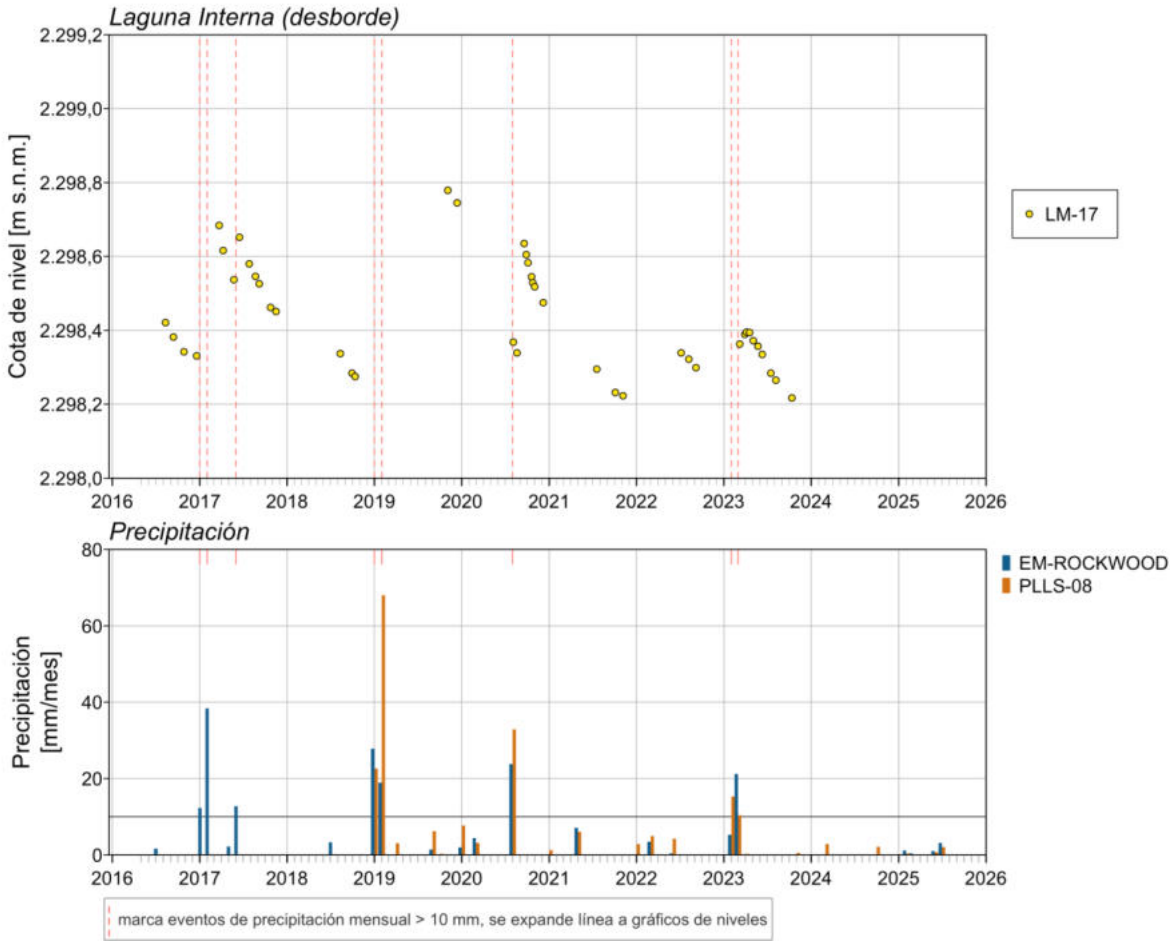
Figura 6-48 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la Figura 6-49, se observa el comportamiento fuertemente variable del punto de monitoreo LM-17, el cual se encuentra en la zona de avance de la laguna Interna hacia el Núcleo. En dicho punto, se sugiere una rápida respuesta a eventos de precipitación, lo cual es consistente, por ejemplo, con el rápido ascenso observado en septiembre de 2020, que podría explicarse con el evento de precipitación de 23,8 mm en agosto del mismo año, según pluviómetro EM-Rockwood (ver Figura 6-49). Hay que tener en cuenta que, al igual que para el año 2024, en 2025 el punto LM-17 no presenta registro de datos, dado que se reportó seco en la mayor parte del año, además de haberse encontrado con restricciones de acceso por parte de la comunidad de Peine.

Figura 6-49 Evolución histórica de nivel limnimétrico, punto LM-17 en sector Peine



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.3 Sector Norte y Borde Este

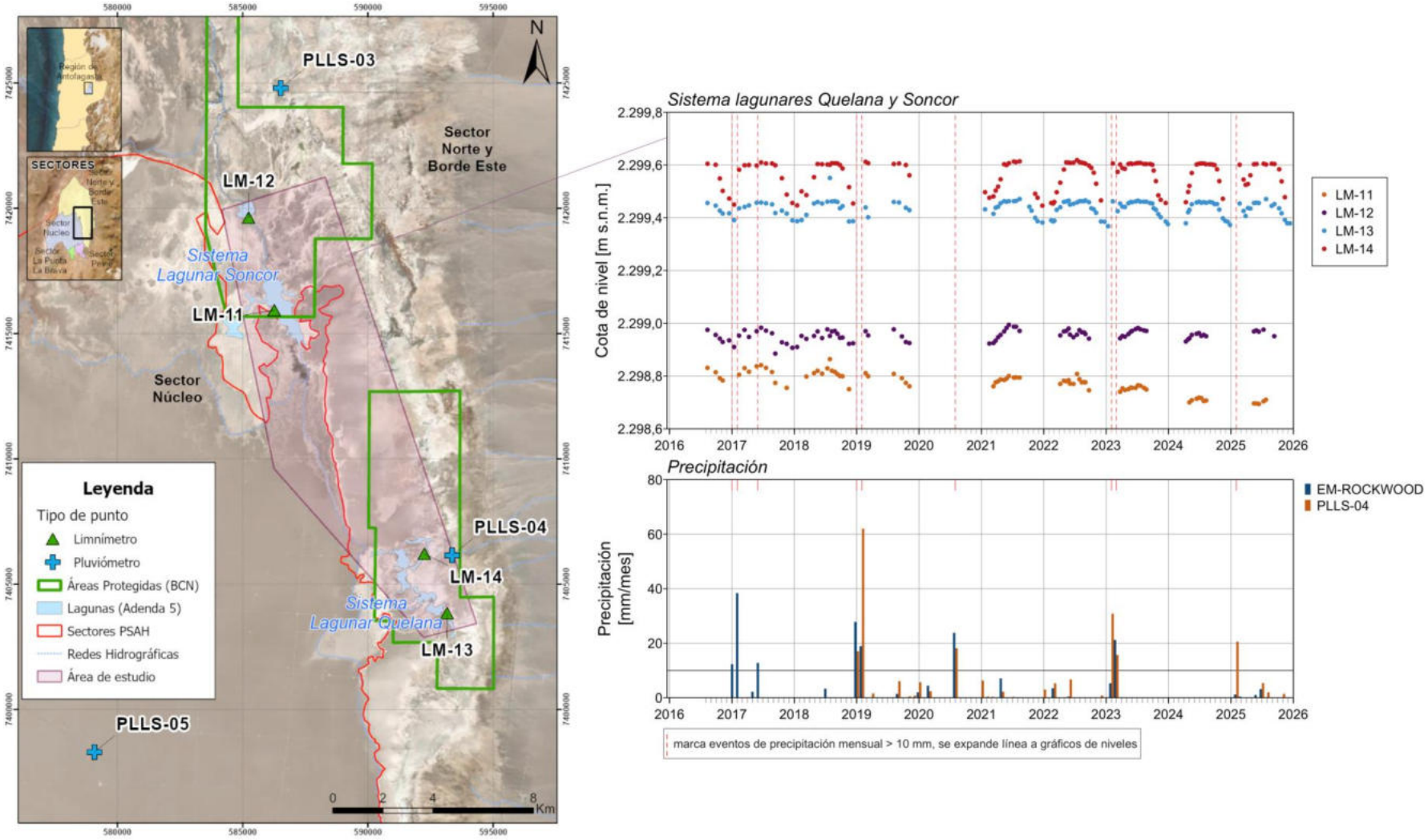
En el gráfico de la Figura 6-50 se grafican las series de los puntos LM-11, LM-12 (Sistema Soncor), LM-13 y LM-14 (Aguas de Quelana), ver detalle en sección 5.4. En dicha figura se observa que los puntos LM-12, LM-13 y LM-14 presentan un comportamiento relativamente

estable en el periodo 2016-2025. En contraste, el punto LM-11 muestra una tendencia general descendente para el mismo período.

Además, en la Figura 6-50, se observa que los puntos de control LM-11 y LM-12, ubicados en el sistema lagunar Soncor, presentan un comportamiento sincrónico con variaciones estacionales (estaciones frías y cálidas) y un nivel en torno a los 2.298,75 m s.n.m (LM-11) y en torno a 2.298,95 m s.n.m. (LM-12), para todo el periodo (2016-2025). Del mismo modo, los puntos de control LM-13 y LM-14 (ver Figura 6-50), ubicados en el sistema lagunar Aguas de Quelana, presentan un comportamiento sincrónico, con variaciones estacionales de mayor amplitud en LM-14, los niveles de estos puntos se registran entre 2.299,35 m s.n.m. y 2.299,65 m s.n.m. (2016-2025).

En relación con los datos históricos, no se cuenta con mediciones limnimétricas entre marzo 2020 y enero 2021, debido a que el monitoreo limnimétrico se suspende, en el sector, con fecha 18 de marzo de 2020 asociado a la contingencia COVID-19, mediante la Res N°162/2020 (ver Anexo L) de la dirección ejecutiva de CONAF, para posteriormente retomar las mediciones el 18 de enero de 2021, de acuerdo con autorización presentada en Res N°64/2020 de CONAF (ver Anexo L). En cuanto a los otros años con ausencia de registros, en el periodo estival CONAF suspende el acceso a ciertos sectores por la época de reproducción de flamencos.

Figura 6-50 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.4 Límite por variable

En general, se observa una estabilidad en los valores de nivel limnimétrico en las lagunas, con valores máximos en estaciones frías y mínimos en estaciones cálidas, lo que son atribuidos a la variación estacional.

Durante el año 2025 los niveles se mantienen en general con variaciones menores de nivel limnimétrico, con aumentos y descensos estacionales esperados (detalles sección 5.4). En la Punta- La Brava, en relación con los datos históricos, los niveles se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural. No obstante, los puntos LM-01 y LM-16 muestran niveles mínimos en 2025.

En Peine el registro de los niveles limnimétricos para el año 2025 presenta escasos datos, lo que limita el análisis del sector, sin poder observar la oscilación estacional dentro del año. Sin perjuicio de lo anterior, se observa que los niveles medidos se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural y, el punto E4 en particular, muestra una recuperación respecto de la tendencia descendente observada en años anteriores.

Por último, en el sector Norte y Borde Este, durante el año 2025, al igual que para el sector de Peine, no se cuenta con todas las mediciones limnimétricas, principalmente, por restricción de acceso por parte de CONAF. Con la información que se dispone, se puede situar los niveles dentro del rango de oscilación natural y, en particular el punto LM-11, muestra niveles mínimos para el año 2025.

6.1.5 Caudales Superficiales

En el presente subcapítulo, se muestra el análisis histórico (entre los años 2014 a 2025) conformado por 6 puntos de aforo: AFP-01, AFP-02, AFP-03 y AFP-04, Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine (AFP-00 nombre en Adenda 5 del EIA del Proyecto), todos localizados en el sector Peine. La distribución de los puntos se muestra en el mapa de la Figura 5-21. Además, se analiza en la presente sección, el límite comprometido para esta variable.

En la Tabla 6-14, se muestra el resumen de las mediciones por punto de aforo, obtenido a partir del cálculo de estadígrafo. De manera complementaria, en la Figura 6-51, se presenta un gráfico de caja asociado a la serie de datos de caudales desde el año 2014 a diciembre 2025 para cada uno de los puntos de medición. En estos (Tabla 6-14 y Figura 6-51) se representan los percentiles 25% (P25 en Tabla 6-14) y 75% (P75 en Tabla 6-14) a través de los límites inferiores y superiores de la caja, mientras que los extremos de los bigotes representan el percentil 25% menos 1,5 veces el rango intercuartil (RIC en Tabla 6-14) y el percentil 75% más 1,5 veces el rango intercuartil (RIC en Tabla 6-14) para la estación. Se debe considerar que dentro del registro histórico de Anterepresa Tilomonte el dato de octubre 2015

(0,80 l/s) se considera fuera de rango por ser muy menor al resto de mediciones, no obstante, se mantiene en el gráfico de la Figura 6-52, y no se incluye para los cálculos estadísticos.

Se observa (ver Tabla 6-14 y Figura 6-51) que al comparar los puntos de la Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, son mayores los caudales en la quebrada asociada a la Anterepresa Tilomonte (mediana 39,22 l/s) que en la Vertiente Peine (mediana 7,96 l/s).

En el caso de los puntos de aforo en el sector del Sistema Lagunar Peine AFP-01 a AFP-04, la numeración de los puntos de monitoreo es creciente en sentido desde aguas arriba hacia aguas abajo (hacia el núcleo) del sistema lagunar y se puede observar una disminución de caudal en dicha dirección. Se observa el mayor caudal en AFP-01 con una de mediana 48,10 l/s y el menor caudal se registra en AFP-04 con una mediana de 26,47 l/s (Tabla 6-14 y Figura 6-51), lo anterior considerando tal como corresponde los datos hasta diciembre 2025.

Además, en la Figura 6-51, se observa que la mayor dispersión de datos se presenta en el punto AFP-01, con una desviación estándar de 17,49 l/s (ver Tabla 6-14), mientras que la menor dispersión se observa en el punto de aforo Vertiente Peine con una desviación estándar de 2,98 l/s (ver Tabla 6-14).

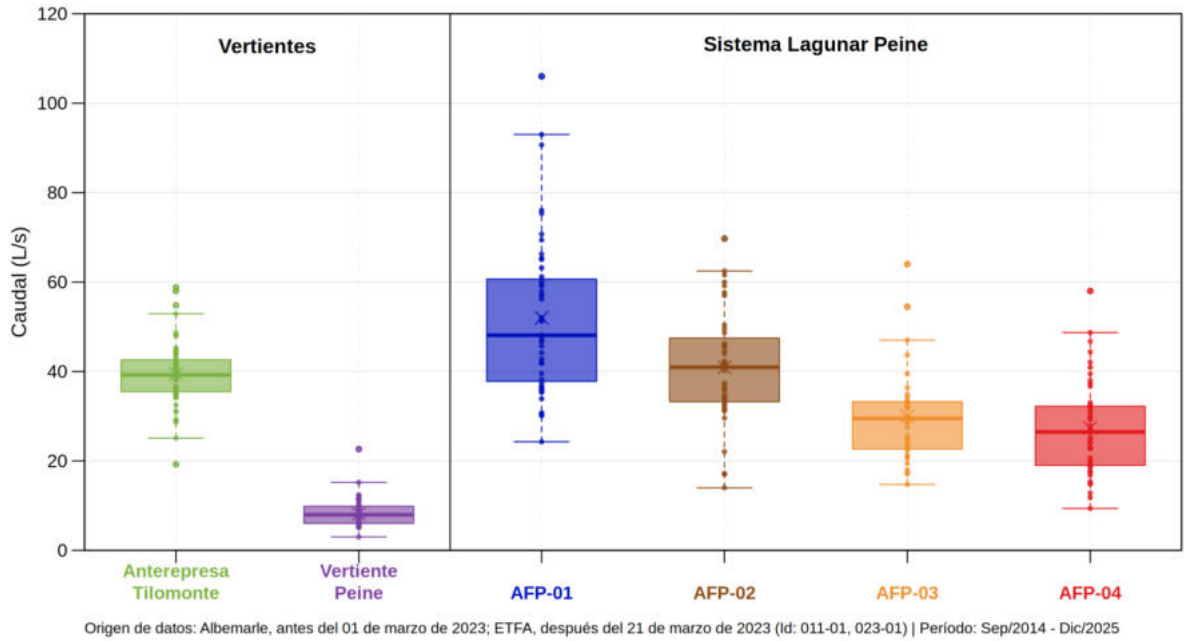
Tabla 6-14 Estadígrafos por punto de monitoreo de caudales superficiales aforados (2014-2025)(1)

Punto de Monitoreo	Anterepresa Tilomonte	Vertiente Peine	AFP-01	AFP-02	AFP-03	AFP-04
N° Datos	66	66	47	40	35	49
Mínimo	19,24	3,00	24,28	13,99	14,74	9,38
P25(2)	35,50	6,06	37,80	33,46	22,64	19,00
Promedio	39,44	8,23	52,00	40,91	29,98	27,37
Mediana	39,22	7,96	48,10	40,95	29,50	26,47
P75(2)	42,54	9,84	60,64	46,83	33,25	32,20
Máximo	58,80	22,65	106,00	69,70	64,00	58,00
RIC(3)	7,04	3,78	22,85	13,37	10,61	13,20
Desviación Estándar	6,92	2,98	17,49	12,80	10,52	10,43

(1) La serie de datos utilizado en caudales superficiales entre el año 2014 al 01 de marzo de 2023 corresponden a mediciones de Albemarle, y los datos entre 21 de marzo de 2023 a diciembre 2025, si bien cuenta con datos Albemarle y ETFA, se usaron solo los valores ETFA (SGS código ID 023-01 y ANAM código ID 011-01).
(2) P25 (percentil 25) y P75 (percentil 75) representan, respectivamente, los valores bajos los cuales se sitúa el 25% y el 75% de las observaciones.
(3) RIC: Rango Inter Cuartil, corresponde a la diferencia entre el tercer cuartil y el primer cuartil. Es importante mencionar que el percentil 25 (P25) es equivalente al primer cuartil (Q1) y percentil 75 (P75) es equivalente al tercer cuartil (Q3).

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-51 Gráfico de caja muestra la mediana de caudales superficiales aforados (2014-2025)



Nota: Para esta figura, la serie de datos utilizado entre el año 2014 al 01 de marzo de 2023 corresponden a mediciones de Albemarle y los datos entre 21 de marzo de 2023 a diciembre 2025 se usaron solo los valores ETFA (SGS código ID 023-01 y ANAM código ID 011-01).

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-52 se muestra la evolución temporal (2014 a 2025) de los caudales aforados en cada punto de monitoreo. Los datos pertenecen al registro histórico realizado por Albemarle incluyendo, a partir del año 2023 a la fecha (diciembre 2025), las mediciones realizadas por ETFA. Cabe mencionar que las mediciones de caudales superficiales tomadas por Albemarle muestran, en general, valores en rangos similares respecto de lo medido por las ETFAs.

A modo general, en la Figura 6-52 se observa que la Anterepresa Tilomonte, la Vertiente Peine y AFP-04 mantienen caudales relativamente estables durante todo el registro, mientras que AFP-01, AFP-02 y AFP-03 han presentado variaciones (aumento y/o descenso) en el tiempo.

A continuación, se presenta un breve análisis para cada punto de aforo.

La Anterepresa Tilomonte se ha mantenido estable para todo el periodo de registro (2014-2025), con mayor estabilidad desde 2024. No obstante, muestra mínimos en octubre 2015 (1 l/s) y en junio 2016 (19 l/s) medido por Albemarle. Para el año 2025, los caudales medidos por Albemarle se encuentran entorno a los 35,88 l/s y 44,40 l/s, mientras que los medidos por la ETFA se encuentran entre 34,72 l/s y 43,20 l/s (ver Figura 6-52).

La Vertiente Peine, comparado con los otros puntos de monitoreo, muestra los caudales más bajos. Desde 2024 se observa una leve tendencia al aumento en los caudales. El valor mínimo histórico es de 4,23 l/s en junio de 2024 según mediciones de Albemarle y de 3,00 l/s en

septiembre del año 2023 según mediciones ETFA. Para el año 2025 los caudales presentan valores entre 4,89 l/s y 10,84 l/s según mediciones Albemarle y entre 5,47 l/s y 12,38 l/s según mediciones de ETFA (Figura 6-52).

El punto AFP-01, entre los años 2014 y 2019, tuvo mediciones en torno a los 47,31 l/s con un máximo de 90,7 l/s en septiembre de 2015 y un mínimo de 24,28 l/s en diciembre de 2016 (amplitud de 66,42 l/s), según registros de Albemarle. Posterior al año 2020 se observa un leve aumento en el caudal y una condición más estable (ver Figura 6-52). Durante el año 2025 se observan caudales entre 62,83 l/s y 68,95 l/s según las mediciones de Albemarle, y entre 65,1 l/s y 69,40 l/s según la ETFA (ver Figura 6-52).

Los datos medidos en el punto AFP-02, entre los años 2014 a mediados de 2024, muestran valores entre un mínimo de 13,99 l/s en marzo de 2016, hasta un máximo de 59,11 l/s en octubre de 2021. Posteriormente la condición ha sido más estable y, para 2025, se presentan valores desde 35,19 l/s a 47,55 l/s de acuerdo con las mediciones de Albemarle, y de 40,21 l/s a 62,48 l/s según los datos ETFA (ver Figura 6-154).

El punto AFP-03 registra máximos históricos en el 2023 (56,27 l/s dato Albemarle y 64,00 l/s dato ETFA). El 2024 los caudales descienden, para luego en el año 2025 ascender nuevamente, tanto en el registro de Albemarle (entre 26,17 l/s y 39,37 l/s) como en el de la ETFA (entre 28,75 l/s y 43,62 l/s) se presenta en rangos similares (ver Figura 6-52).

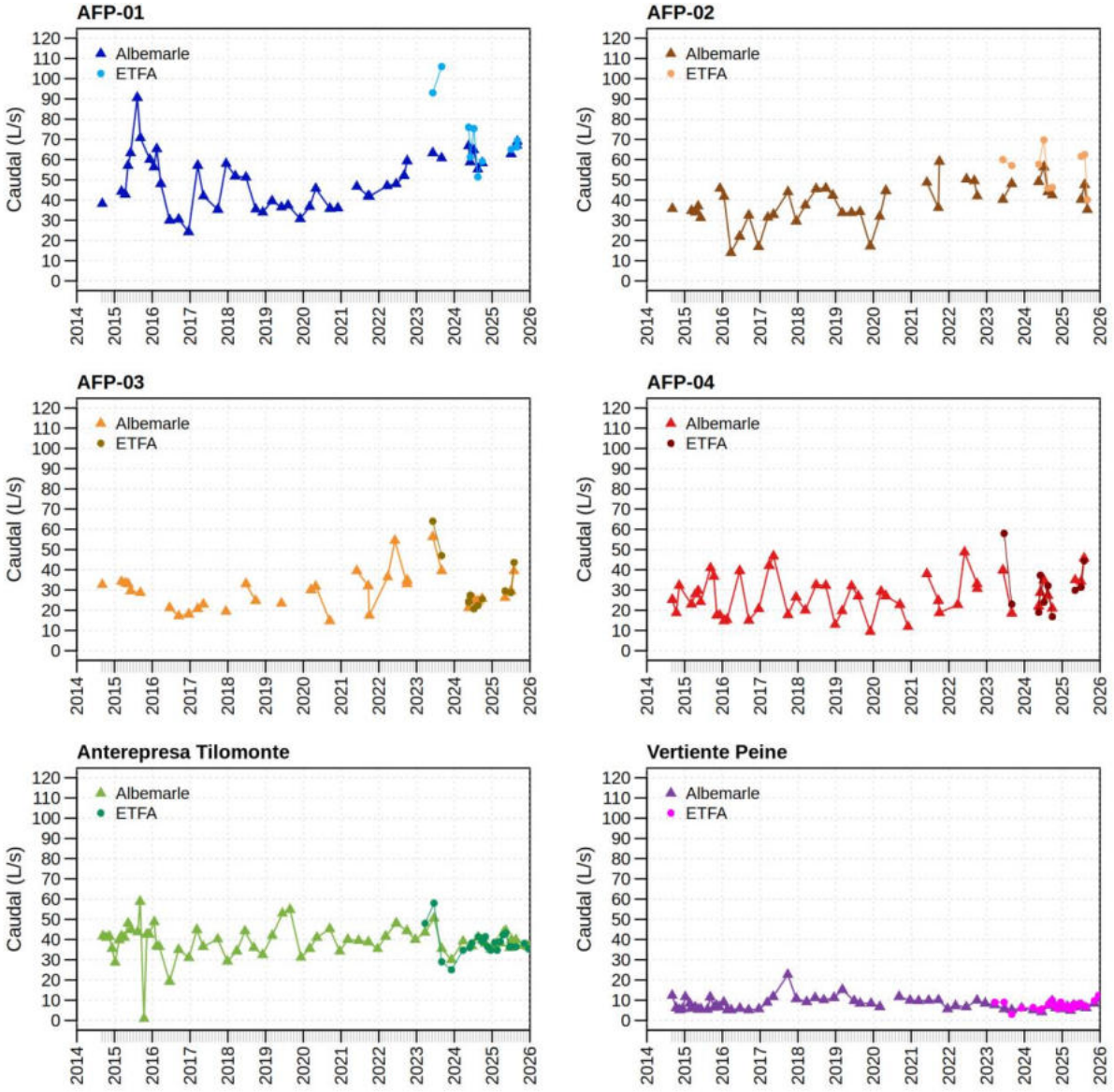
El punto AFP-04 muestra caudales estables a lo largo del tiempo. El 2025 los caudales se encuentran entre los 34,19 l/s y 45,72 l/s en el registro de Albemarle y entre 29,87 l/s y 44,38 l/s en ETFA (ver Figura 6-52).

6.1.5.1 *Límite por variable*

En relación con el límite comprometido que es “Mantener los caudales dentro de su variación histórica” (ver Tabla 5-28), en términos generales, todos los puntos monitoreados se encuentran dentro de su variación histórica (ver Figura 6-51 y Tabla 6-14), salvo algunos valores atípicos.

El detalle de las mediciones de los caudales de aforo se encuentra en el Anexo E del presente informe.

Figura 6-52 Evolución temporal de caudales superficiales aforados



Fuente: Elaboración propia

6.1.6 Nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre

En el presente subcapítulo se muestran los resultados de las mediciones de nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre históricos. Los detalles de periodos de registro se exhiben en las Tabla 5-18, Tabla 5-19, Tabla 5-20 y Tabla 5-21.

Al igual que lo mostrado en la sección 5.6, el análisis se realiza en los 4 sectores mencionados (La Punta - La Brava, Peine, Norte y Borde Este, y Núcleo). Los resultados de las mediciones históricas se presentan en el Anexo F-2. Además, se analiza el límite comprometido para esta variable en la subsección 6.1.6.5.

Cabe destacar que en el año 2025 se registraron precipitaciones importantes en febrero 2025 en EM-Chaxa (23,7 mm) y en los pluviómetros PLLS-01 (16,7 mm), PLLS-03 (33,6 mm), PLLS-04 (20,6 mm) y PLLS-10 (13,6 mm). Dicha Estación Meteorológica EM-Chaxa y los pluviómetros PLLS-01, PLLS-03 y PLLS-04 se ubican en el sector Norte y Borde Este, y el punto PLLS-10 se ubica en el sector La Punta-La Brava, por lo que se observa la respuesta a dichas precipitaciones para los puntos de los sectores mencionados, lo que se presenta con mayor detalle en la sección 5.6 y, además, se menciona en las secciones a continuación.

6.1.6.1 Sector La Punta – La Brava

Los 39 puntos de monitoreo y los piezómetros PLS-09 y PLS-10, se han clasificado según su distribución y se presentan en 6 subsectores:

- Norte de las lagunas
- Centro de las lagunas
- Este de las lagunas
- Sur de las lagunas
- Tucúcaro
- Vegas de Tilopozo

La ubicación de los puntos se exhibe en el mapa de la Figura 6-53, y más detalle se puede ver en la sección 5.6.

6.1.6.1.1 Norte de las lagunas

En la Figura 6-53 se muestra el gráfico de la evolución (2013-2025) de los niveles freáticos para los 3 puntos monitoreados de este subsector (BA-01, BA-09, y BA-11). Los niveles presentan variaciones estacionales con niveles más bajos en los meses de estaciones cálidas (de verano) mostrando recuperación en los meses de estaciones frías.

Con tendencia histórica general al descenso, no obstante, entre los años 2022 y 2024, se observa cierta estabilidad en los niveles en el punto BA-01 y BA-09, para luego mostrar un leve descenso durante el año 2025.

En relación con los registros históricos de niveles considerados hasta el año 2025 (periodo de registro entre los años 2013 y 2025) se tiene que la cota de nivel de este subsector varía entre un mínimo de 2.298,840 m s.n.m. y máximo de 2.299,723 m s.n.m. (medidos ambos en BA-11 en las fechas de diciembre 2025 y febrero 2019, respectivamente). El descenso neto para estos 3 puntos se encuentra entre 42 cm (BA-01) y 50 cm (BA-11), calculado para diciembre de 2013 y diciembre de 2025.

En relación con las precipitaciones históricas, los puntos BA-01, BA-09 y BA-11, han mostrado una reacción inmediata a los eventos de precipitación importantes, observándose un incremento de la cota piezométrica. Por ejemplo, posterior a las precipitaciones de enero (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 39,3 mm en el pluviómetro PLLS-10) y febrero (18,9 mm/mes en EM-Rockwood y 84,8 mm en el pluviómetro PLLS-10) del año 2019, se generaron aumentos de su nivel freático, de hasta 0,67 m (en el piezómetro somero BA-11) (Figura 6-53). Durante el año 2025 se registran precipitaciones importantes en el mes de febrero en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm) y se observa respuesta en los niveles freáticos en el punto BA-01 y BA-11.

6.1.6.1.2 Centro de las lagunas

En la Figura 6-53 se muestra el gráfico de la evolución histórica (2013-2025) de los niveles freáticos de todos los puntos monitoreados que incluye los 7 puntos de este subsector (BA-02, BA-03, BA-06, BA-10, BA-12, BA-13 y BA-14).

En la misma figura (Figura 6-53) se observan variaciones estacionales con valores mínimos en verano, recuperándose en los meses de estaciones de invierno y alcanzando su nivel máximo en los meses de julio-agosto de cada año.

Y, además, se observa (Figura 6-53) una leve tendencia general al descenso, no obstante, desde el año 2022 a 2025 se observa estabilidad en los niveles, excepto en el punto BA-12, que muestra estabilidad en el periodo 2022-2024, para luego descender en 2025, mostrando un comportamiento similar a lo que ocurre en el subsector Norte de las lagunas.

En relación con los registros de niveles considerados hasta el año 2025[30] (2013 -2025), se tiene que la cota de nivel de este subsector varía entre 2.299,155 m s.n.m y 2.300,131 m s.n.m., medidos en BA-12 (febrero de 2025) y BA-02 (febrero de 2019), respectivamente; con

[30] No se considera el punto BA-06 en el análisis dado que cuenta con datos hasta julio 2025

descensos netos entre 0 cm (BA-14) y 37 cm (BA-12), calculados para diciembre 2013 y diciembre 2025.

En relación con las precipitaciones, los puntos del subsector Centro de lagunas han mostrado históricamente que reaccionan y son sensibles a los eventos de precipitación (Figura 6-53). Lo que se observa, por ejemplo, en el aumento de niveles tras las precipitaciones de los años 2019 (enero y febrero suman 50,7 mm en EM-Rockwood y sobre los 120 mm en el punto PLLS-10), agosto 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 36,8 mm en PLLS-10) y mayo 2021 (17,3 mm en PLLS-10). En el año 2025 se registraron precipitaciones importantes en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm) cercano a este sector, y se observan saltos menores de los niveles en relación con esta precipitación. Además, se tiene que los puntos mantienen su característica de variación estacional, la que es mayor (en amplitud) a los pozos ubicados hacia el norte de las lagunas.

6.1.6.1.3 Este de las lagunas

En la Figura 6-53 superior se muestra la ubicación del punto BA-27, único punto de monitoreo de este sector, y el gráfico de la evolución histórica del nivel freático (2015-2025). Se observa una leve tendencia general al descenso, no obstante, desde el año 2022 a 2024 se distingue estabilidad en los niveles mínimos y luego un leve descenso durante el año 2025.

Este punto muestra variaciones estacionales (máximas en invierno y mínimos en verano) pero de menor amplitud que los subsectores antes analizados (Norte y Centro de lagunas).

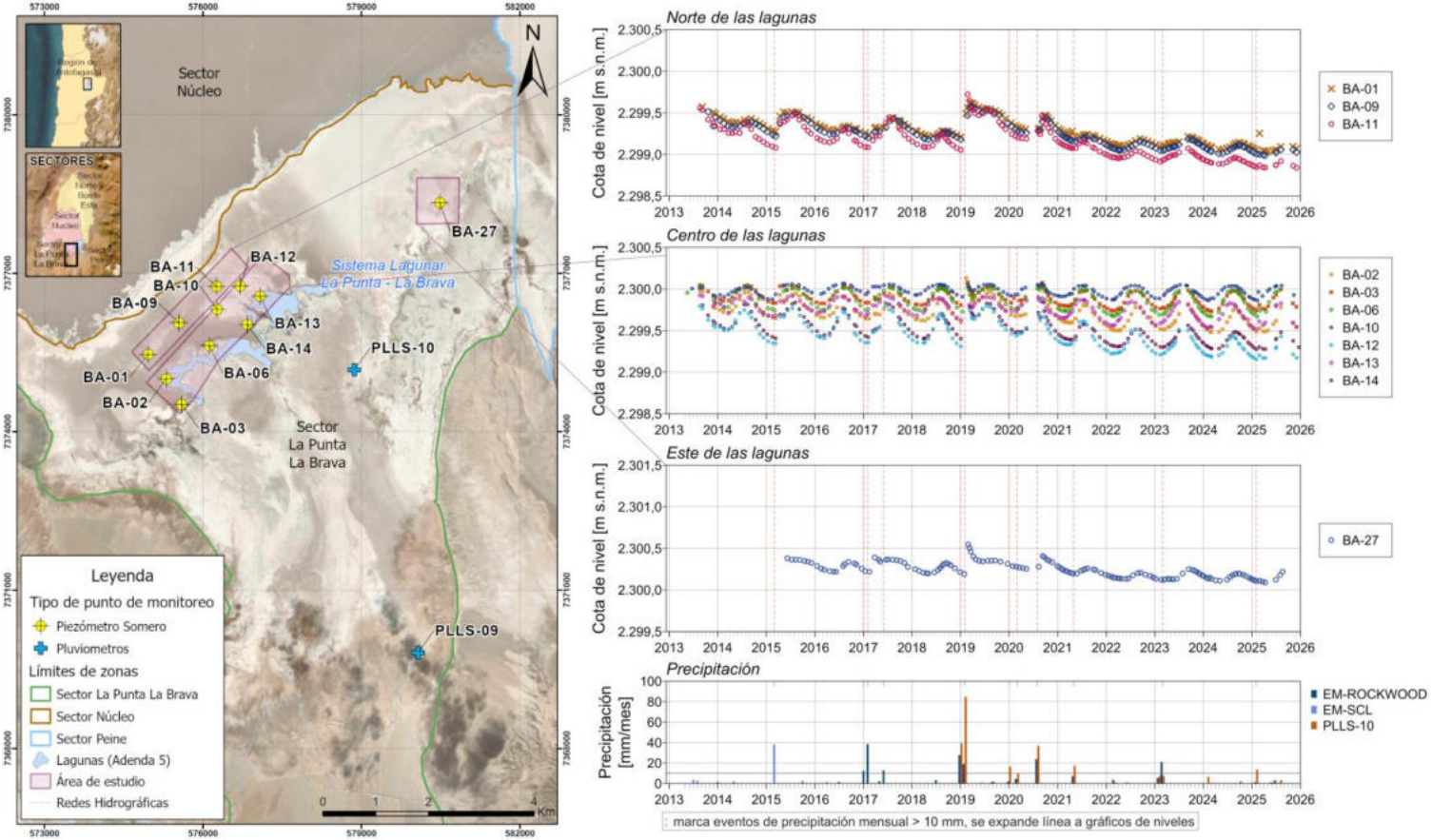
En relación con los valores históricos, las cotas de nivel han variado entre 2.300,090 m s.n.m. (abril 2025) y 2.300,546 (febrero 2019) m s.n.m.; con un descenso neto de 19 cm (BA-27, calculado para diciembre 2015 y diciembre 2024[31]).

Además, en la Figura 6-53 se observa que el comportamiento del BA-27 es similar al de los piezómetros someros ubicados al norte de las lagunas, más cercanos al núcleo, aunque el año 2025 presenta menores descensos.

En relación con las precipitaciones históricas, el punto BA-27, también responde con “saltos” inmediatos a los eventos de precipitación importantes, con el máximo aumento de 0,355 m luego de las precipitaciones de enero 2019 (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 39,3 mm en el pluviómetro PLLS-10) y un aumento de 0,129 m luego de las precipitaciones de agosto de 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood). No obstante, desde el año 2021 a 2025 no muestran saltos abruptos relacionados a precipitaciones.

[31] No se pudo calcular para el año 2025, por contar con data incompleta, por lo que se calcula con el dato 2024, ver detalle metodológico en 4.3.6.

Figura 6-53 Hidrogramas de los puntos de observación del Norte, Centro y Este de las lagunas del sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.1.4 Sur de las lagunas

En el Sur de las lagunas se monitorean 13 puntos (7 son piezómetros someros y 6 multipiezómetros, ver Tabla 5-18) y, además, el punto PLS-10. Estos puntos cuentan con datos desde el año 2013 a 2025 (ver Figura 6-54 y Figura 6-55).

En las Figura 6-54 y Figura 6-55 se muestra la ubicación y el gráfico de la evolución histórica del nivel freático (2013-2025) de los 14 puntos monitoreados en este subsector (incluyendo el PLS-10). Al compararse entre sí, los 12 puntos que monitorean agua dulce-salobre muestran tendencias generales al descenso en 5 puntos (BA-05, BA-07, BA-08, BA-15 y MP-03C), 6 puntos se muestran relativamente estables (BA-04, BA-16, BA-25, MP-01A, MP-01C y PLS-10), y un punto muestra tendencia general al ascenso (MP-03A). Los puntos habilitados en salmuera (MP-01B y MP-03B) muestran tendencias al descenso.

Desde 2022 a la fecha se observa una tendencia general a la estabilidad en los niveles, por ejemplo, en el punto BA-05 y BA-15 (Figura 6-56). Los puntos de este subsector Sur presentan un comportamiento homogéneo y oscilante, aunque con una menor amplitud en la variabilidad estacional que lo observado en el subsector Norte y Centro. Los niveles más someros se miden durante meses de junio y agosto, y los niveles más profundos durante los meses de enero y febrero.

Al calcular los descensos netos en los puntos BA-04, BA-05, BA-08, BA-15, BA-16, BA-25, MP-01A, MP-01C, MP-03A y MP-03C, se obtiene ascenso neto de nivel de 1 cm (calculado para noviembre 2013 y noviembre 2025) en el punto MP-01C y descenso desde 2 cm (BA-04, BA-05, BA-08, BA-15 y BA-16, calculado para noviembre 2013 y 2025, excepto en BA-05 en se calcula para septiembre 2013 y septiembre 2025) hasta descensos de 13 cm en el punto BA-07 (calculado para noviembre 2013 y 2025), donde actualmente está activado el PAT Acuífero, ver Figura 6-174 de la sección PAT. Por otra parte, el punto PLS-10 muestra ascenso de 8 cm calculado para noviembre 2019 y noviembre 2025.

Los niveles históricos hasta el año 2025 muestran variaciones de cotas entre 2.299,901 m s.n.m. y 2.302,167 m s.n.m., medidos en BA-15 en enero 2024 y en MP-03C en agosto 2020. Por otra parte, el piezómetro PLS-10 muestra cota mínima de 2301,630 m s.n.m. medida en noviembre 2018 y una cota máxima de 2301,774 m s.n.m. medida en agosto 2015.

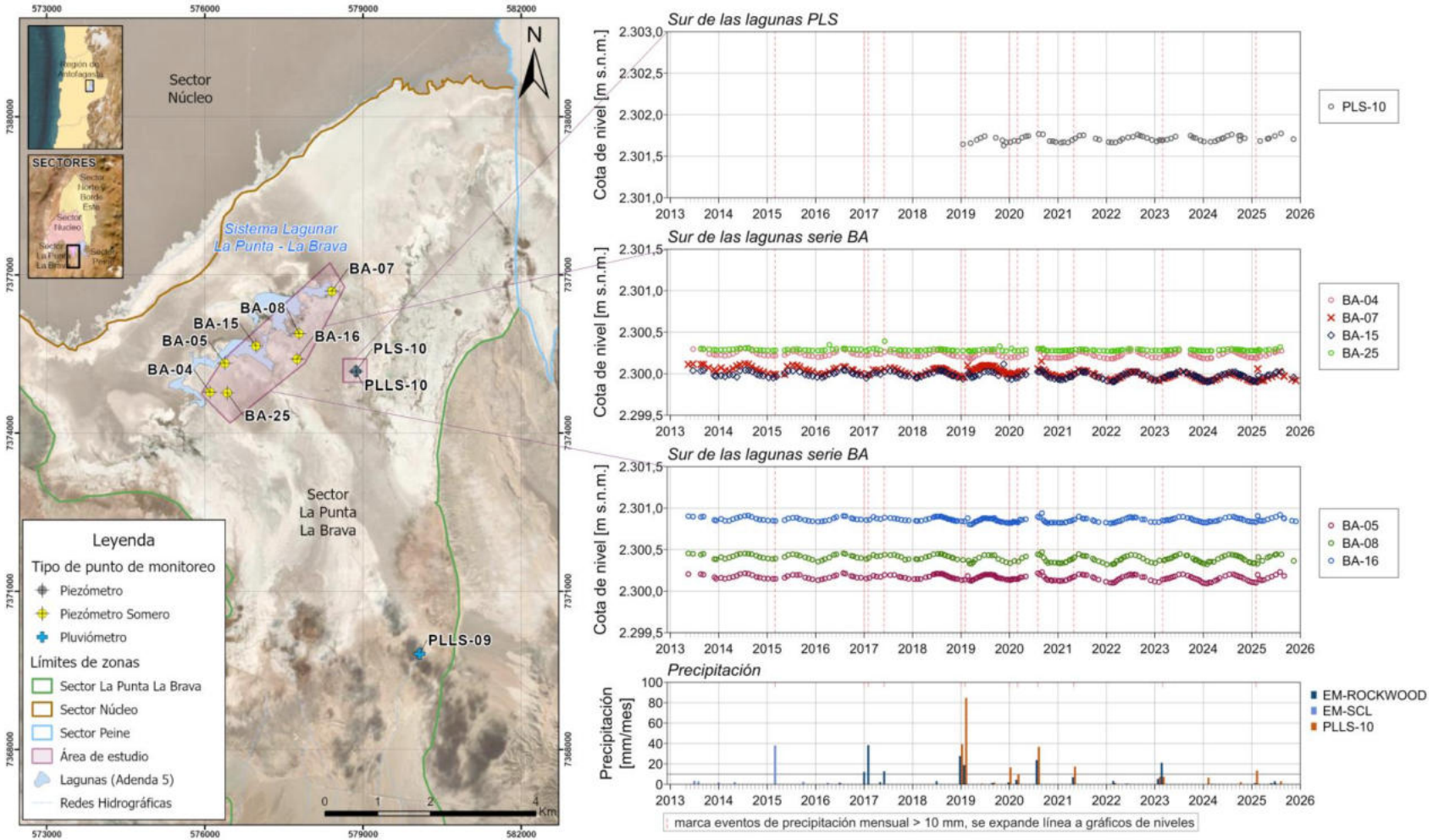
Del gráfico de la Figura 6-3, el punto MP-01A se muestra con una leve tendencia general al descenso y, por otra parte, el punto MP-01C presenta tendencia general a la baja hasta el año 2020 para luego, desde mediados 2021 a la fecha, mostrar un leve ascenso al igual que los puntos de la serie MP-03X. En dichos puntos, además, a partir de mediados del año 2020 se vuelven sincrónicos, mostrando oscilación estacional con mínimos en veranos y máximos en invierno. En cuanto al punto MP-01B, habilitado en salmuera, muestra tendencia al alza hasta

mediados del año 2020, para luego mostrar un leve descenso hasta el año 2024 y, desde marzo del mismo año (2024) presentó una caída abrupta, esto último corresponde a un comportamiento anómalo del piezómetro, durante el año 2025 muestra ascensos en los primeros meses del año, para luego volver a cotas de nivel similares a las del año 2024.Los puntos MP-01B y MP-03B, muestran descenso neto de nivel de 11 cm (calculado para octubre 2013 y octubre 2024[32]) y 0 cm (calculado para octubre 2013 y octubre 2024[5]), respectivamente.

En relación con las precipitaciones históricas del área, los puntos de este subsector muestran respuesta clara de aumento de niveles luego del evento de precipitación de enero 2019 (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 39,3 mm en el PLLS-10) y febrero 2019 (18,9 mm en EM-Rockwood y 84,8 mm en PLLS-10), agosto 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 36,8 mm en PLLS-10) y mayo 2021 (17,3 mm en PLLS-10). El año 2025 presenta precipitaciones importantes en el pluviómetro PLLS-10 (13,6 mm), y se observa respuesta a dicha precipitación en los puntos, BA-05, BA-07, BA-08, BA-15 y BA-16, al igual que los puntos de la serie MP-XX.

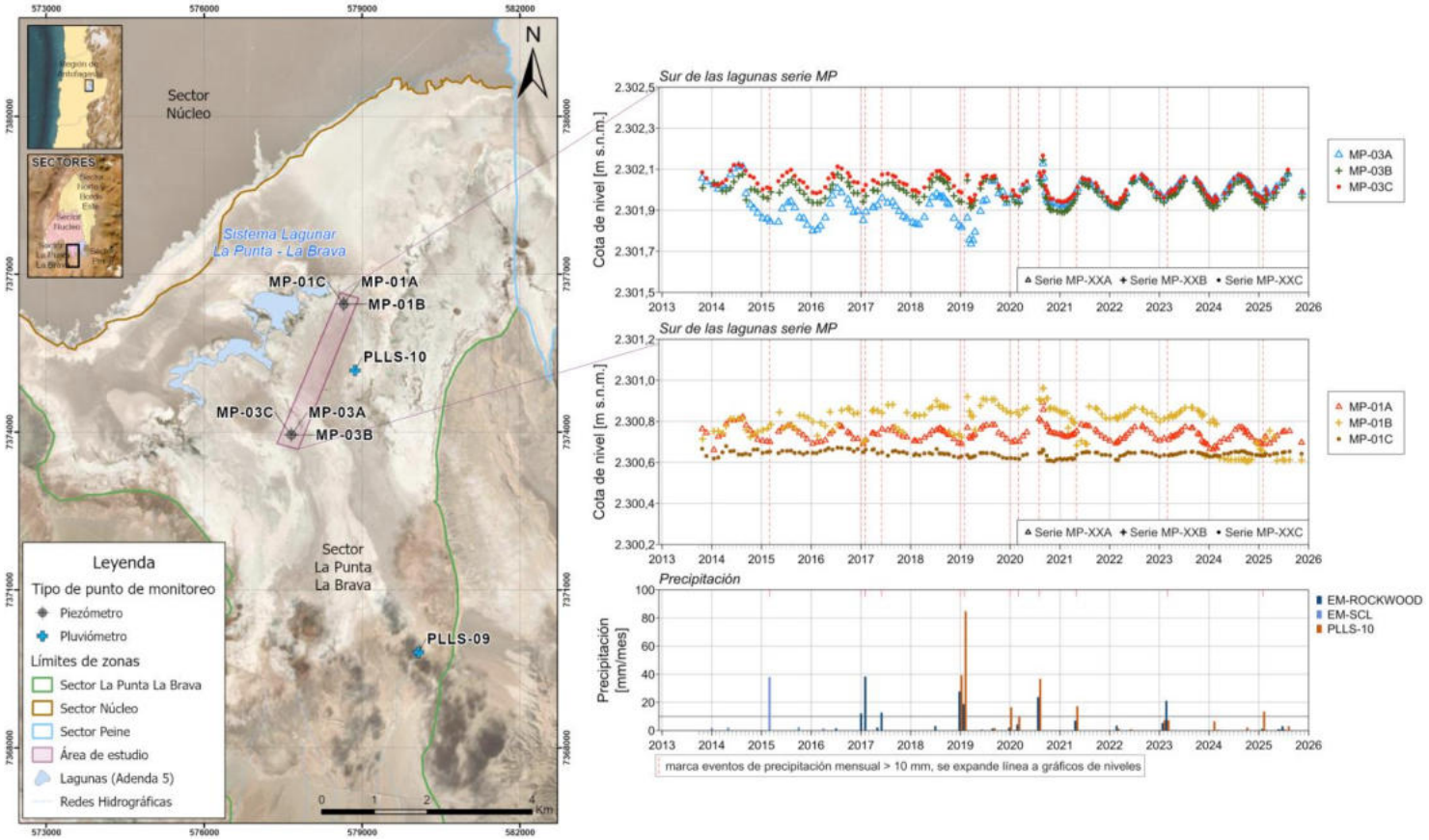
[32] No se pudo calcular para el año 2025, por contar con data incompleta, por lo que se calcula con el dato 2024, ver detalle metodológico en sección 4.3.6

Figura 6-54 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava serie BA



Fuente: Elaboración propia

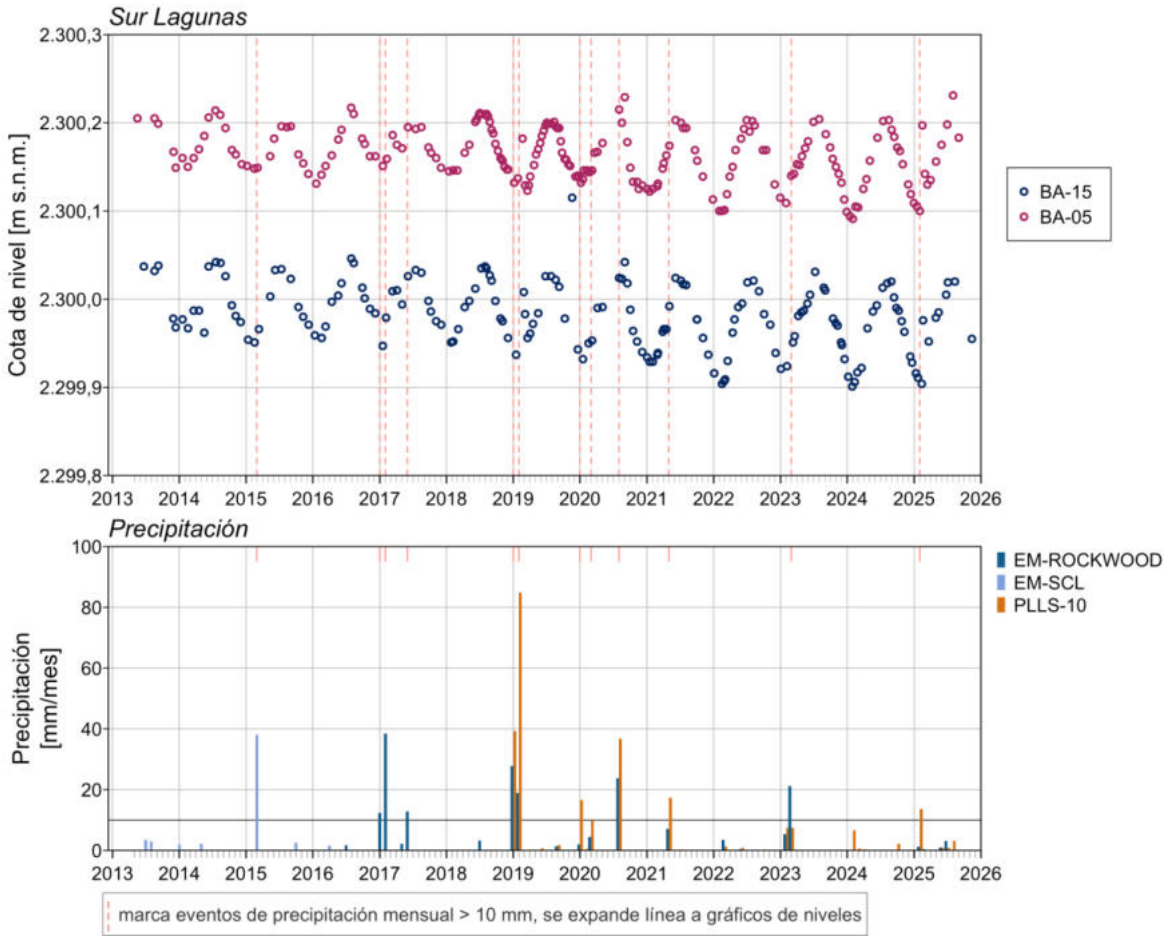
Figura 6-55 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava serie MP



Nota: Presenta rango de escala vertical diferente en relación con los otros gráficos de la sección

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-56 Hidrogramas de los puntos de observación del subsector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.1.5 Tucúcaro

En la Figura 6-57 y Figura 6-58, se muestran los gráficos de la evolución histórica del nivel freático de 8 puntos del sector (MP-05A, MP-05B, MP-05C, MP-06A, MP-06B, MP-06C, TUC-P06 y Tucúcaro). Los piezómetros de la serie MP-XXB monitorean la salmuera en profundidad, los de la serie MP-XXA monitorean agua dulce-salobre somera y los de la serie MP-XXC y MP-06C están habilitados en toda la extensión del piezómetro.

En la serie histórica de los puntos MP-05A, MP-05C, MP-06A, MP-06C, TUC-P06 (Figura 6-57 y Figura 6-58) se observa una leve tendencia general al descenso. Los puntos mencionados muestran descensos entre 2 cm (MP-05A, calculado para noviembre 2013 y noviembre 2025) y 23 cm (medido en MP-06A y MP-06C, calculado para noviembre 2015 y noviembre 2025), con excepción del punto MP-05C que presenta ascenso neto de 16 cm (calculado para noviembre 2013 y noviembre 2025), esto debido a que la medición de noviembre es la mínima

de la serie. No obstante, se debe considerar que la tendencia de descenso general es distinta al descenso neto, por lo que resultados opuestos no es contradictorio[33].

Por otra parte, el piezómetro MP-05B presenta un descenso abrupto de su cota de 84 cm en su registro de junio de 2016, iniciando una tendencia al descenso que se mantuvo hasta mayo de 2020. Posteriormente, en el mismo punto (MP-05B), desde el año 2021 a 2025 los niveles siguen descendiendo a una tasa menor. En el mismo gráfico (Figura 6-57) se presentan los niveles medidos en el punto MP-06B, con un comportamiento irregular hasta mediados del 2017 (y posteriormente en 2018), mostrando luego un comportamiento estable hasta la fecha, este punto muestra una variación de la cota de nivel histórica de 6 m (cota de 2298,982 m s.n.m. medida en junio del año 2016 y cota de 2304,166 m s.n.m. medida en abril del año 2019).

El descenso neto histórico en el punto MP-05B es de 250 cm[34] (2,5 m, calculado para octubre 2013 y octubre 2024[35]). Y, por otra parte, en el punto MP-06B se cuenta con ascensos netos históricos de 107 cm (1,07 m) calculado para octubre 2013 y octubre 2024[6].

Por otra parte, se tiene que el punto Tucúcaro, se utiliza para la extracción de agua dulce-salobre para su posterior uso industrial. En la Figura 6-58 se presenta niveles dinámicos con un registro oscilante de niveles, este punto presenta un periodo de registro desde el año 2001 hasta 2025, el punto se presenta con variaciones en el tiempo y tendencia de mediano plazo relativamente estable.

Las cotas de nivel en el subsector para el periodo 2013-2025, varían entre 2300,431 m s.n.m. y 2304,024 m s.n.m., medidos en TUC-P06 (febrero 2021) y MP-06C (julio 2015), respectivamente (sin consideran los puntos de la serie MP-XXB).

Y en los puntos de la serie MP-XXB, se tiene que las cotas de nivel para el punto MP-05B (2013-2025) que varían entre 2.299,082 m s.n.m. (mayo 2025) y 2301,694 m s.n.m. (octubre 2013); y en el punto MP-06B mismo periodo (2013-2025), las cotas de nivel varían entre 2298,982 m s.n.m. (junio 2016) y 2304,166 m s.n.m. (abril 2019).

33 El concepto de tendencia histórica se determina a partir ecuación de la línea de tendencia, donde el signo de la pendiente indica el comportamiento del nivel en el tiempo; si es positiva, el nivel presenta una tendencia ascendente, y si es negativa, una tendencia descendente. Por su parte, el descenso neto corresponde a la diferencia entre dos mediciones realizadas en el mismo mes de años distintos, considerando un valor inicial (A) y uno final (B). Este se calcula como A − B; si el resultado es negativo, indica que el nivel ascendió, mientras que un resultado positivo indica que el nivel descendió.

34 El punto MP-05B en el mes de junio de 2016 presenta un cambio repentino en la profundidad del nivel, que podría explicarse por el purgado del pozo, y posiblemente un destaponamiento de la zona ranurada (este pozo tiene alrededor de 13 metros de arcilla, entre el metro 30 y 43 aproximadamente, la parte superior del ranurado se encuentra a 40 metros). Posterior a este destaponamiento el piezómetro comienza a mostrar un comportamiento consistente con su diseño y ranurado en el acuífero de salmuera.

35 No se pudo calcular para el año 2025, por contar con data incompleta, por lo que se calcula con el dato 2024, ver detalle metodológico en sección 4.3.6.

Además, en la Figura 6-57, se observa que los piezómetros MP-05A y MP-05C presentan un comportamiento sincrónico entre ambos a partir del año 2016, con valores entre 2.301,451 m s.n.m. (marzo 2020) y 2.302,477 m s.n.m. (febrero 2019). Los puntos MP-06A y MP-06C presentan la cota de nivel más alta del sector con valores entre 2.303,631 m s.n.m. (MP-06A, enero 2019) y 2.304,024 m s.n.m. (MP-06C, julio 2015), con un comportamiento sincrónico entre ellos para todo el periodo y una leve tendencia histórica al descenso.

Los puntos MP-05A, MP-05C, MP-06A y MP-05C de este subsector muestran clara respuesta a las precipitaciones. Por ejemplo, se tiene que el punto MP-06C muestra un “salto” de 35 cm posterior a la precipitación de enero y febrero 2019 (calculado para los datos de 10 de enero 2019 y 14 de febrero 2019 del punto MP-06C, anterior y posterior a las precipitaciones de EM-Rockwood que suman 46,7 mm ocurridas entre el 26 de enero y al 9 de febrero 2019).

6.1.6.1.6 Vegas de Tilopozo

En la Figura 6-59, se muestra el gráfico de la evolución histórica (2013-2025) del nivel freático para los 7 puntos MP-04A, MP-04B, MP-04C, MP-09A, MP-09C, Tilopozo, TIL-P03 (Tabla 5-18) monitoreados en el sector, además, se presenta el punto PLS-09.

En general, los puntos MP-04A, MP-04C, MP-09A, MP-09C y TIL-P03 muestran una tendencia histórica general al descenso; lo estarían relacionadas con la influencia de los descensos provenientes desde el sur, producto del bombeo histórico del campo de pozos de agua industrial del sector Monturaqui y Negrillar en la parte media y cabecera de la cuenca. El menor descenso neto se observa en el punto MP-04A de 13 cm (calculado para noviembre 2013 y noviembre 2025) y el mayor descenso neto en el punto MP-09C de 25 cm (calculado para diciembre 2016 y diciembre 2025). El punto MP-04B, habilitado en salmuera, muestra comportamiento anómalo con ascensos significativos entre el año 2020 al 2025, con un ascenso neto de 678 cm (calculado para diciembre 2016 y diciembre 2025). Las cotas de nivel varían entre 2.305,316 m s.n.m. y 2309,268 m s.n.m. medidos en TIL-P03 (febrero 2024) y MP-09C (febrero 2019).

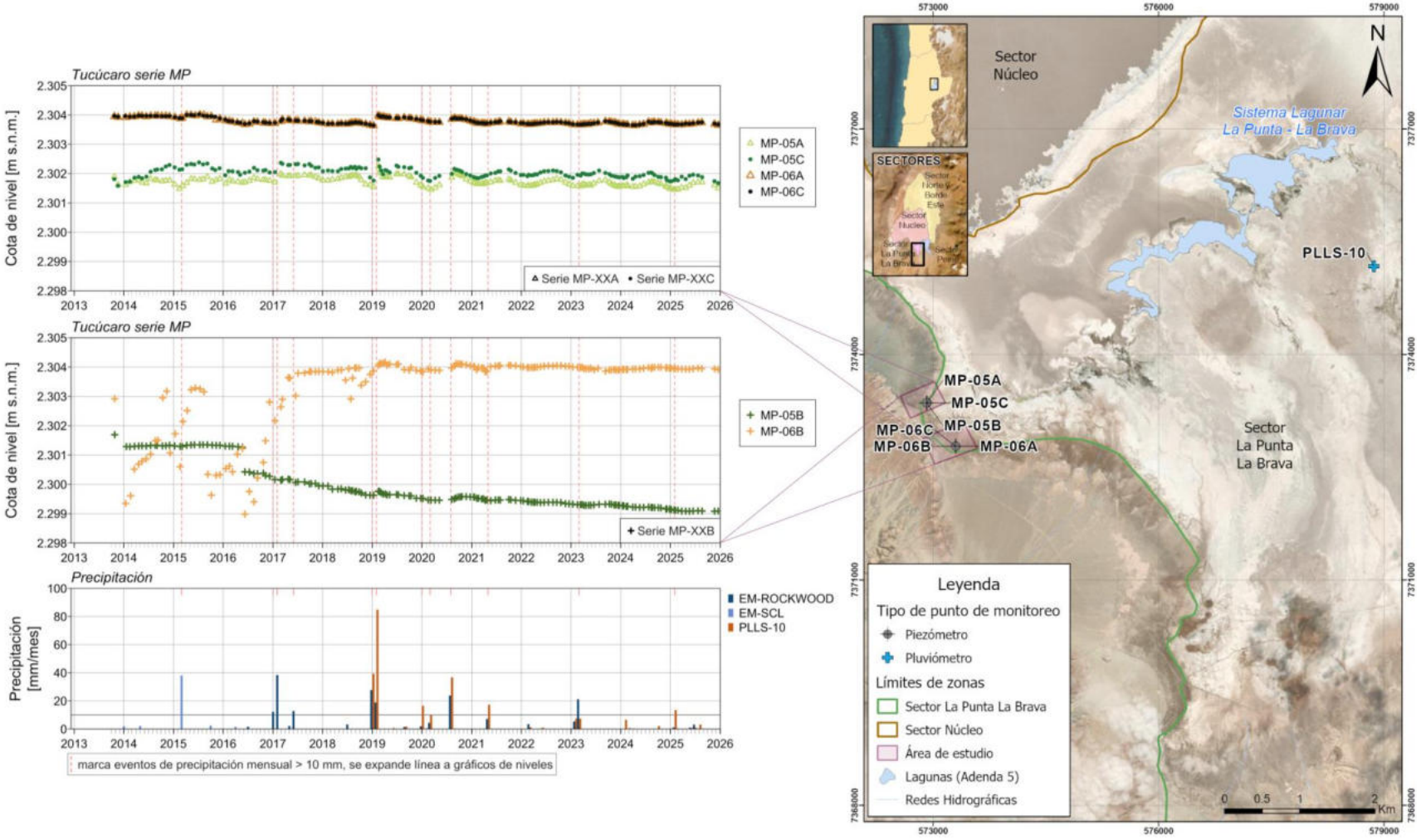
Por otra parte, el punto Tilopozo (Figura 6-59) se utiliza para la extracción de agua dulce-salobre para su posterior uso industrial. Si bien en su registro histórico muestra descensos de nivel en toda su data de 18 cm (calculado para diciembre 2001 y diciembre 2025), desde el año 2019 al año 2024 se observa una tendencia al ascenso y el año 2025 se observan niveles más estables. Este punto presenta variabilidad en sus niveles dado que se miden niveles dinámicos, también se aprecia cierta variabilidad estacional.

Además, se tiene que el punto PLS-09 presenta descenso neto de 7 cm (calculado para octubre 2019 y octubre 2025) y cotas entre 2.305,122 m s.n.m. en abril 2025 y 2.305,750 m s.n.m. en febrero 2021, siendo similar a los mínimos del subsector.

Por otra parte, se tiene que el piezómetro MP-04B, habilitado en salmuera, hasta el año 2025 (periodo de registro entre los años 2016 y 2025) muestra variaciones entre 2.298,763 m s.n.m. (diciembre 2017) y 2.306,604 m s.n.m. (noviembre 2025), con un ascenso en su nivel piezométrico desde el año 2020. Para todo el periodo (2014-2025) muestra un ascenso de 678 cm (7 m, calculado para diciembre 2014 y diciembre 2025) y el último período con tendencia a ascensos leves.

Los puntos MP-04A, MP-04C, MP-09A, MP-09C y TIL-P03 de este subsector muestran respuesta a las precipitaciones. Por ejemplo, se tienen que para el punto TIL-P03 muestra un “salto” de 36 cm posterior a la precipitación de enero y febrero 2019 (calculado para los datos de 15 de diciembre 2018 y 14 de febrero 2019 del punto TIL-P03, anterior y posterior a las precipitaciones de EM-Rockwood que suman 46,7 mm ocurridas entre el 26 de enero y al 9 de febrero 2019).

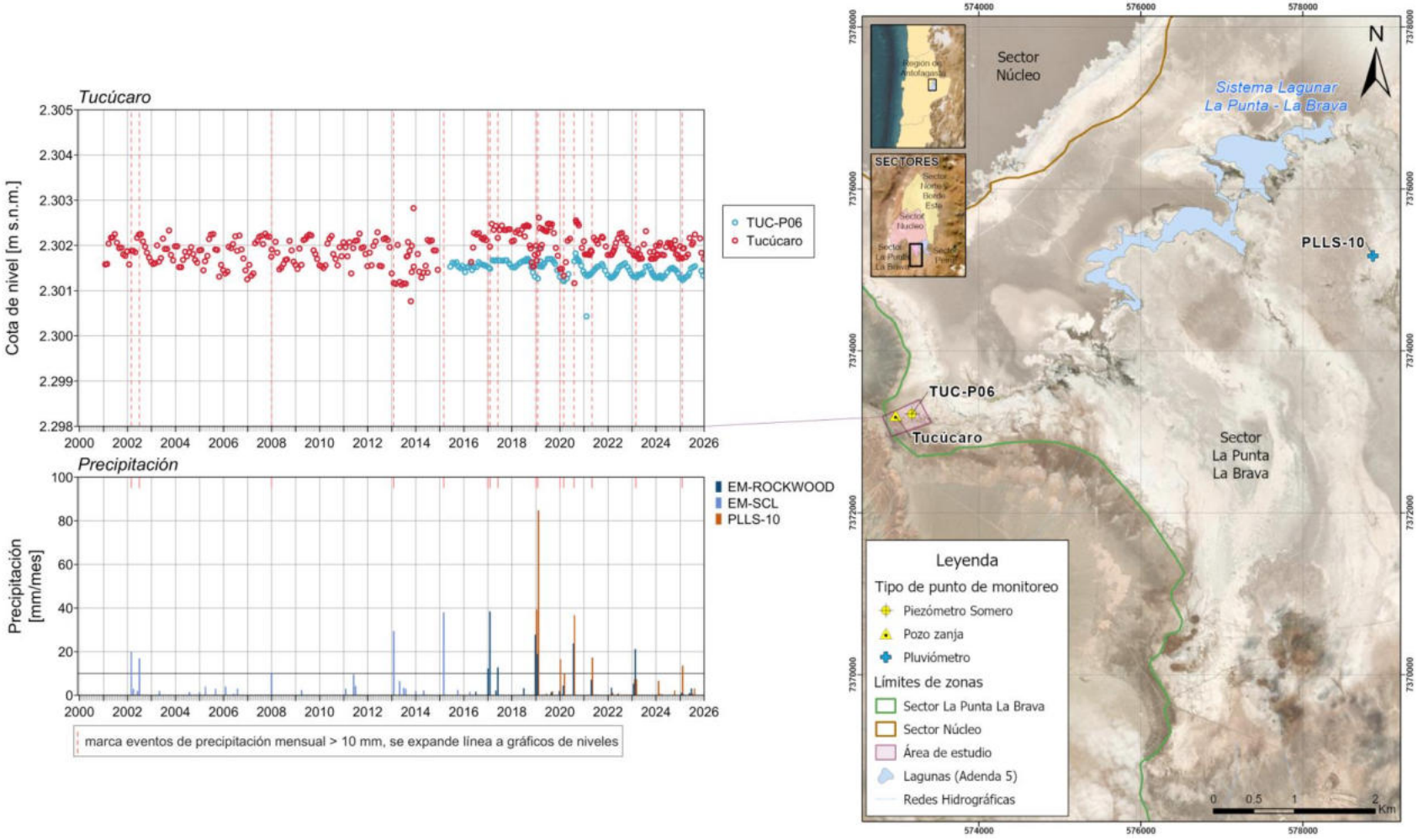
Figura 6-57 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Tucúcaro La Punta-La Brava serie MP



Nota: los puntos MP-05B y MP-06B están habilitados en salmuera

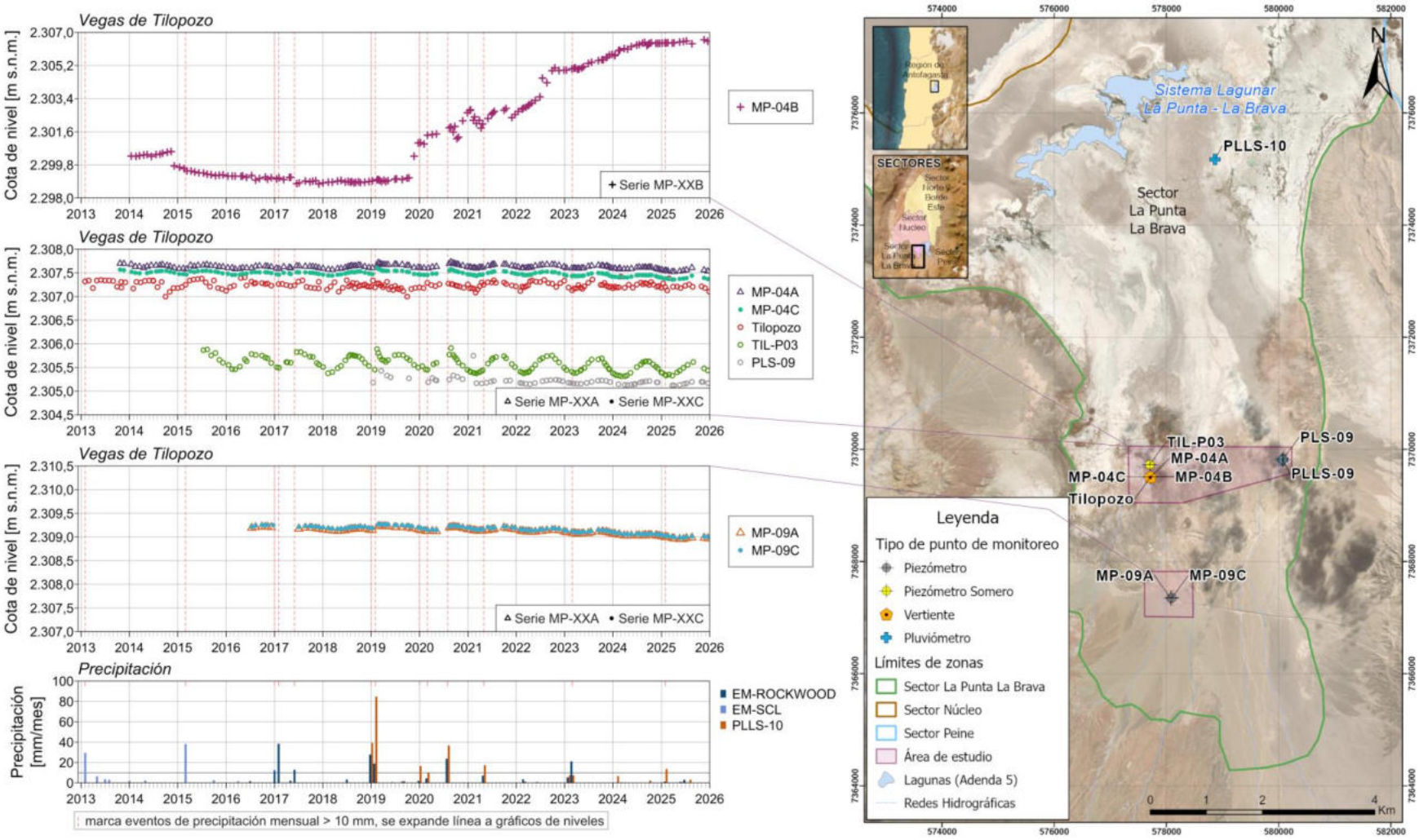
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-58 Hidrogramas de los puntos de observación, TUC-P06 y Tucúcaro, del sector Tucúcaro, sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-59 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Las Vegas de Tilopozo, sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.2 Sector Peine

A continuación, se realiza el análisis histórico de la evolución temporal del nivel freático y se presenta la gráfica (Figura 6-60 y Figura 6-61) de los 21 puntos de niveles del sector Peine (9 piezómetros someros, 9 piezómetros y 3 pozos) y los piezómetros PLS-07 y PLS-08.

Los puntos de monitoreo se han clasificado según su distribución espacial en 4 subsectores:

- Laguna Interna y su desborde
- Lagunas Salada y Saladita
- Inicio Laguna Salada
- Borde Este y Sur

Los resultados de las mediciones históricas se presentan en el Anexo F-2.

Cabe destacar que, en este sector, existe restricción de acceso en el periodo estival para todos los puntos cercanos al sistema lagunas Peine, por lo cual, a partir de 2021 no se tiene la data completa de cada año. Para el año 2025 se cuenta con un máximo de 3 meses de datos en los puntos de la serie BA-XX, limitando el análisis del sector. El detalle se de los puntos sin medición se presenta en el Anexo F-1.

No se registran precipitaciones importantes (mayores a 10 mm) en EM-Rockwood ni en los pluviómetros del sector (PLLS-07 y PLLS-08) durante el año 2025.

6.1.6.2.1 Laguna Interna y su desborde

La representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 6-60 junto con el mapa de ubicación de los 8 puntos de monitoreo del sector (BA-17[36], BA-18, BA-19, BA-20, BA-23, MPS-CA, MPS-CB, MPS-CC (Tabla 5-19) y, además, el punto PLS-07.

En el gráfico de la Figura 6-60 se tiene que el total de pozos de observación del subsector Laguna interna, describen un comportamiento sincrónico y al descenso.

Según se ha mencionado anteriormente, los puntos de este sector no cuentan con la data completa para el año 2025, dado principalmente por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine, por lo que se analizan los descensos con datos hasta 2024, según metodología explicada en la sección 4.3.6.

Se observan descensos entre 32 cm (BA-23) y 78 cm (BA-18), calculado para octubre 2013 y octubre 2024[37]. No obstante, se cuenta con los datos de PLS-07, que muestra un descenso

[36] El punto BA-17 presenta datos hasta mayo de 2023, no se considera en el análisis.
[37] No se pudo calcular para el año 2025, por contar con data incompleta, por lo que se calcula con el dato 2024, ver detalle metodológico en sección 4.3.6.

de 86 cm calculado para diciembre 2019 y diciembre 2025.

Los niveles históricos de este subsector para el periodo 2013-2025, varían entre un mínimo de 2.297,911 m s.n.m. y un máximo de 2299,717 m s.n.m. medidos en MPS-CC (agosto 2025) y BA-23 (febrero 2019), respectivamente.

Por otra parte, el piezómetro PLS-07 muestra cota mínima de 2298,095 m s.n.m. medida en diciembre 2025 y una cota máxima de 2299,233 m s.n.m. medida en diciembre 2019.

Se observa que los niveles máximos se alcanzan como respuesta a los eventos de precipitación, entre los años 2013 y 2023 ocurridos entre los meses de enero y mayo, con excepción de la precipitación del año 2020 que ocurre en agosto (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 32,9 mm/mes en PLLS-08). Se observa, además, que como respuesta a las precipitaciones de enero de 2019 (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 22,6 mm/mes en PLLS-08), el nivel puede aumentar en hasta 85 cm (diferencia calculada en MPS-CB, entre enero 2019 y febrero de 2019).

6.1.6.2.2 Lagunas Salada y Saladita

La representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 6-60 junto con el mapa de ubicación de los 5 puntos de monitoreo del sector (BA-21, BA-22, MPS-AA, MPS-AB, MPS-AC, ver Tabla 5-19) y, además, se gráfica el punto PLS-08, en la misma figura (Figura 6-60).

Los puntos de monitoreo de este sector, incluyendo el piezómetro PLS-08, no cuentan con la data completa para el año 2025, dado principalmente por la restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine, por lo que se presentan los descensos netos para el año 2024, mostrando descensos desde 2 cm (BA-22, calculado para septiembre 2013 y septiembre 2024) a 7 cm (BA-21, calculado para octubre 2013 y octubre 2024). El piezómetro PLS-08 presenta un descenso neto de 7 cm al igual que el máximo descenso de los puntos de monitoreo del sector (calculado para octubre 2013 y octubre 2024).

Los niveles históricos de este subsector para el periodo 2013-2025, varían entre 2299,381 m s.n.m. y 2300,332 m s.n.m. medidos en MPS-AC (enero 2015) y BA-22 (septiembre 2020), respectivamente.

Por otra parte, el piezómetro PLS-08 muestra cota mínima de 2299,907 m s.n.m. medida en julio 2024 y una cota máxima de 2300,086 m s.n.m. medida en marzo 2019.

Las cotas máximas se alcanzan como respuesta a los eventos de precipitación, principalmente entre los años 2013 y 2021. Posterior a los eventos de precipitación los niveles muestran ascensos menores respecto a lo que se observa en el subsector Laguna Interna con incrementos del nivel de hasta 15,6 cm (MPS-AB) en respuesta al evento de precipitación

intensa de enero (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 22,6 mm/mes en PLLS-08) y febrero (18,9 mm en EM-Rockwood y 68,0 mm/mes en PLLS-08) del año 2019. A medida que los puntos de monitoreo se alejan del borde del Núcleo del salar, el grado de respuesta asociada a los eventos de precipitación disminuye.

6.1.6.2.3 Inicio Laguna Salada

La representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 6-61 junto con el mapa de ubicación de los puntos del sector (BA-28 y BA-30). En este subsector, los niveles mantienen un comportamiento estacional oscilatorio.

Según ya se ha mencionado, se debe considerar que este sector cuenta con data incompleta desde el año 2020, en el gráfico de la Figura 6-61, se observa que los puntos BA-28 y BA-30, describen un comportamiento sincrónico y estacional (a diferencia de lo que se observa en los subsectores más al norte, en Laguna Interna y Lagunas Salada y Saladita), con niveles máximos que se registran entre junio y septiembre, y mínimos entre diciembre y marzo, además, muestra descenso de 0 cm (BA-28) y ascenso de 2 cm (BA-30), ambos calculados para septiembre 2015 y septiembre 2024[38].

Con los datos disponibles, se tiene que los niveles históricos de este subsector desde el año 2013 a 2025 han variado entre 2300,599 m s.n.m. y 2301,652 m s.n.m., medidos en BA-28 (febrero 2016) y BA-30 (septiembre 2020), respectivamente.

Los niveles de BA-28 y de BA-30 responden con subidas leves frente a los eventos de precipitación ocurridos en enero y febrero 2017 (sumando 50,7 mm en EM-Rockwood) y en enero y febrero 2019 (sumando 46,7 mm en EM-Rockwood y PLLS-08 registró más de 90 mm de precipitación sumando enero y febrero), se observa, por ejemplo, que en el punto BA-28 los niveles suben entre 0,08 m (calculado para agosto 2020 y septiembre 2020) posterior a los eventos de precipitaciones ocurridas en agosto 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 32,9 mm de agua caída en PLS-08). El punto BA-30, para el mismo evento de precipitación de agosto 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 32,9 mm de agua caída en PLS-08), mostró un ascenso en el nivel de 0,06 m (calculado para agosto 2020 y septiembre 2020), ver Figura 6-61. Además, el punto BA-28 responde con alzas de niveles de hasta 0,11 m, en respuesta al evento de precipitación intensa de enero (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 22,6 mm de agua caída en PLS-08) y febrero (18,9 mm en EM-Rockwood y 68,0 mm de agua caída en PLS-08) año 2019, a diferencia del BA-30, que no muestra respuesta a este evento, se podría inferir que el punto BA-28 muestra mayor respuesta, en los niveles, frente a precipitaciones que el punto BA-30.

[38] No se pudo calcular para el año 2025, por contar con data incompleta, por lo que se calcula con el dato 2024, ver detalle metodológico en sección 4.3.6.

6.1.6.2.4 Borde Este y Sur de Peine

La representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en Figura 6-61 junto con el mapa de ubicación de los 6 puntos del sector (MP-07A, MP-07C-1 (EX-MP-07C), MP-08A, PP-01, PP-02 y PP-03).

Todos los puntos de control del sector Borde Este y Sur de Peine, incluyendo los puntos con niveles surgentes, muestran oscilaciones estacionales, los niveles máximos se registran entre julio y septiembre, y mínimos entre enero y marzo.

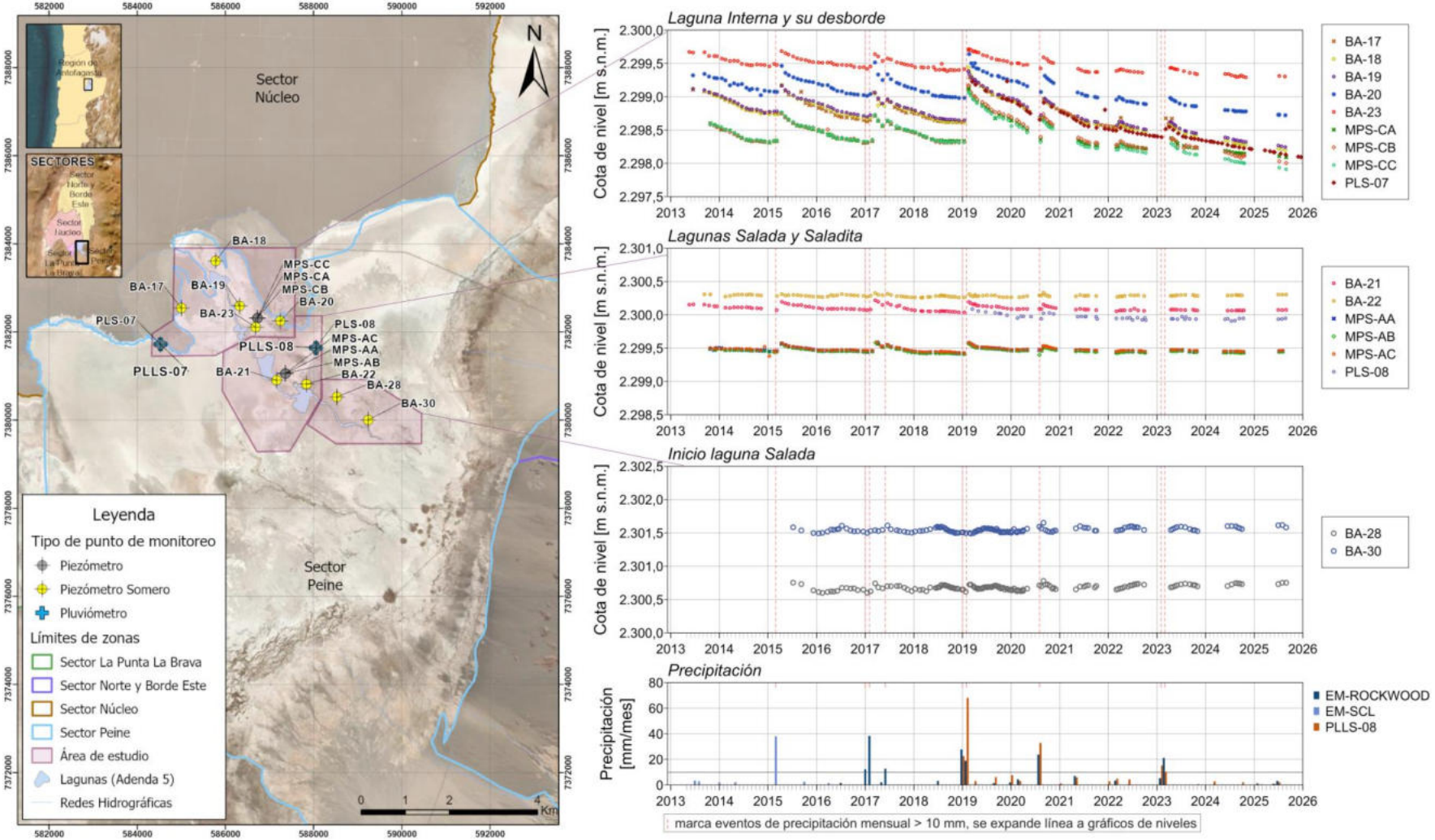
Los puntos MP-07A, MP-07C-1, MP-08A, PP-02 y PP-03 muestran niveles con ascensos netos entre 2 cm (PP-02) y 27 cm (MP-08A), ambos calculados en diciembre 2016 y diciembre 2025. No obstante, el punto PP-03 muestra una tendencia general al descenso leve, y se observa estable desde 2019 a 2025. Por otro lado, el punto PP-01 muestra descenso neto de 2 cm, calculado para diciembre 2016 y diciembre 2025.

Los niveles históricos de este subsector registrados entre los años 2016 y 2025 varían entre 2302,362 m s.n.m. y 2308,754 m s.n.m., medidos en MP-08A (enero 2017) y PP-03 (febrero 2019), respectivamente.

El 23 de mayo del año 2022, la obra superficial (brocal) del punto PP-02 fue chocado, ver detalle en sección 4.4.2.

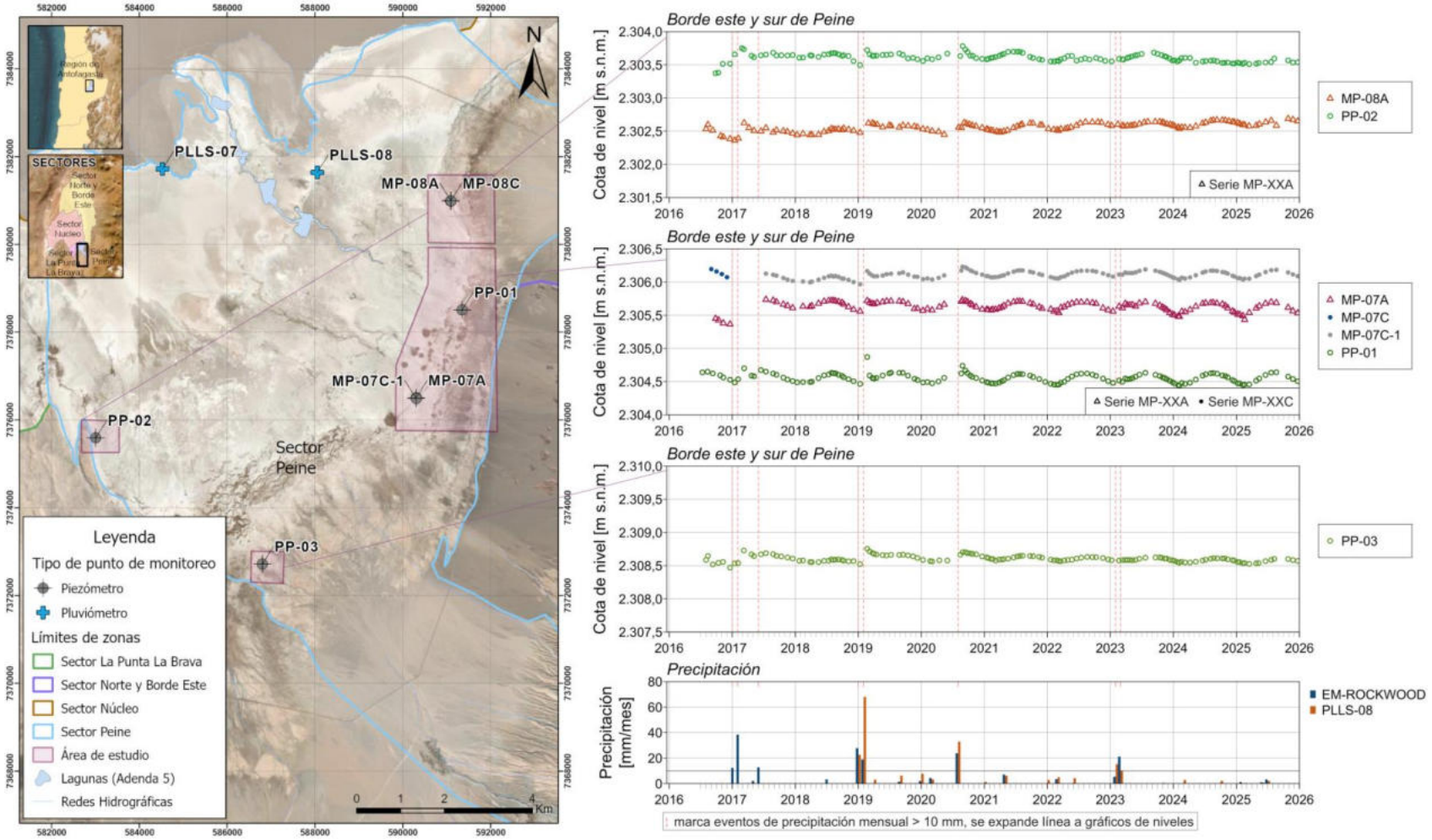
Las respuestas a los eventos de precipitación en este sector muestran ascensos bruscos y puntuales de los niveles en todos sus puntos. Por ejemplo, se tienen que para el punto PP-03 muestra un “salto” de 21 cm posterior a la precipitación de enero y febrero 2019 (calculado para los datos de 11 de enero 2019 y 21 de febrero 2019 del punto PP-03, anterior y posterior a las precipitaciones de EM-Rockwood que suman 46,7 mm ocurridas entre el 26 de enero y al 9 de febrero 2019).

Figura 6-60 Hidrogramas de los puntos de observación de los sectores Laguna Interna, Zona Media Lagunas e Inicio Laguna Salada, sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-61 Hidrogramas de los puntos de observación del sector Borde Este y sur de Peine



Nota: El punto MP-08C no tiene datos, dado que MP-08C se encuentra sellado desde el año 2016, no se gráfica.
Fuente: Elaboración propia

6.1.6.3 Sector Norte y Borde Este

La representación gráfica del registro histórico de niveles de estos puntos se presenta en la Figura 6-62, junto con el mapa de ubicación de los 3 puntos de monitoreo del sector (BA-31, MP-12A y MP-12C, ver Tabla 5-20) y, además, 4 piezómetros (PLS-01, PLS-02, PLS-03 y PLS-04).

El piezómetro BA-31 no se mide durante el año 2020 por encontrarse cerrada la Reserva Nacional Los Flamencos, administrada por CONAF, en el contexto de la pandemia por COVID19. En los años 2022 y 2023 se cuenta con datos desde febrero a diciembre, en 2024 con datos hasta marzo y en 2025 no presenta datos, puesto que a la fecha se ha presentado seco.

En cuanto al registro de los puntos MP-12A (punto chocado, los detalles se presentan en la sección 4.4.2) y MP-12C, se observa que ambos pozos presentaron una tendencia de aumento de niveles hasta la mitad del 2020 y luego una tendencia al descenso hasta el año 2023. A partir del segundo semestre del año 2025, se observa un aumento en los niveles en ambos puntos.

Se tienen descensos netos de 3 cm en MP-12A y de 0 cm en MP-12C, calculado para diciembre 2016 y diciembre 2025.

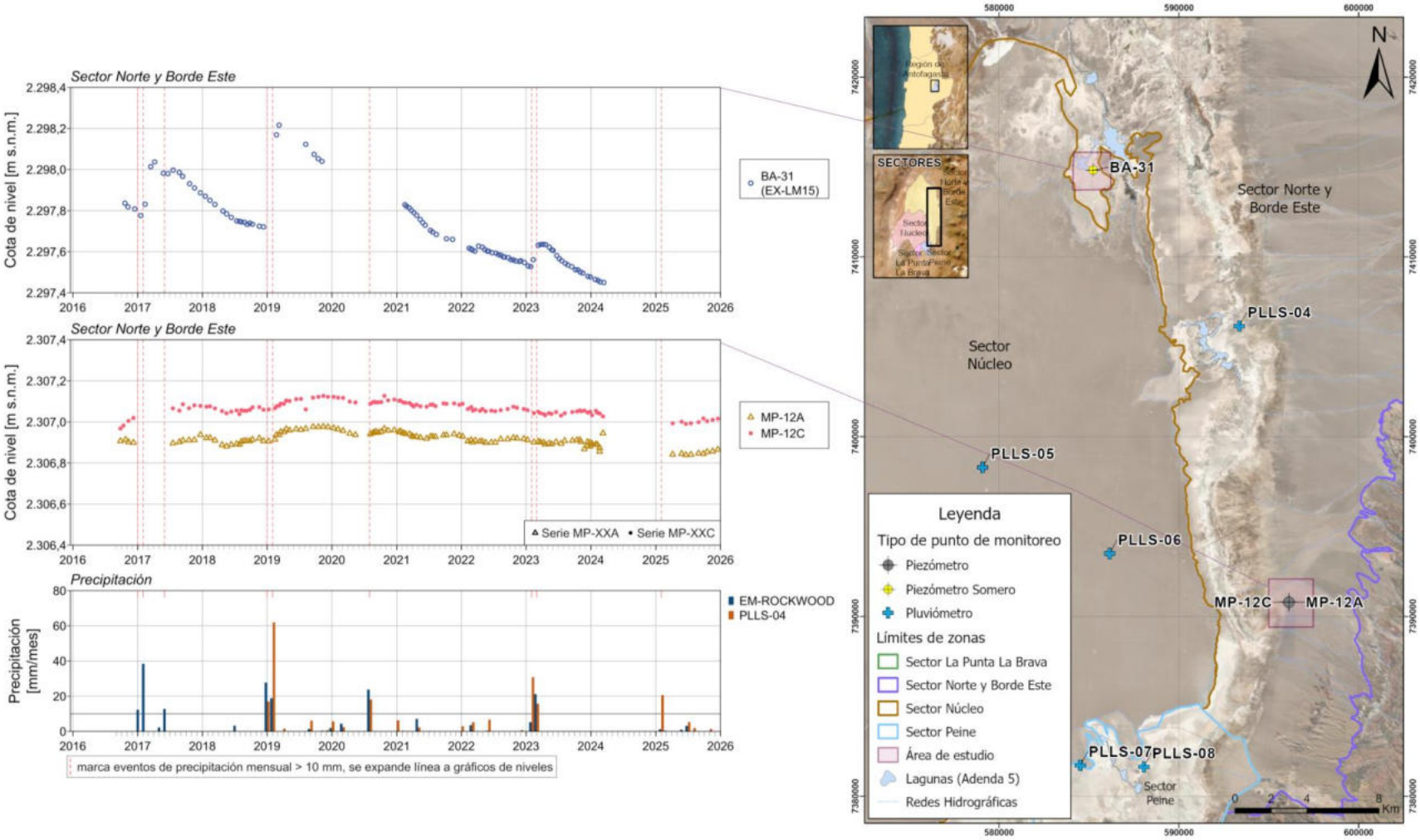
Por otra parte, el punto PLS-04 muestra ascenso neto de 1 cm calculado para diciembre 2019 y diciembre 2025; y los puntos PLS-01 a PLS-03 muestran descensos de entre 3 cm (PLS-03, calculado para diciembre 2022 y diciembre 2025) y 16 cm (PLS-02, calculado para diciembre 2019 y diciembre 2025).

Los niveles históricos de este subsector registrados entre los años 2016 y 2025 varían entre 2.297,450 m s.n.m. y 2.307,127 m s.n.m. medidos en BA-31 (marzo 2024) y MP-12C (noviembre 2019), respectivamente.

En la Figura 6-62 se observa que el punto BA-31 muestra una rápida respuesta a eventos de precipitación intensa, evidencia de esto es el aumento de nivel de 0,44 m posterior a las precipitaciones ocurridas en enero y febrero 2019 (sumando 46,7 mm en EM-Rockwood y 79,0 mm en PLLS-04), y el menor aumento relacionado con la precipitación de marzo 2022 (15,8 mm en PLLS-02), y también se observa respuesta a las precipitaciones de marzo 2023 (15,7 mm en PLLS-04). Posterior a las precipitaciones, los niveles retoman la tendencia pre-lluvia, similar a lo observado en los puntos del subsector de Laguna Interna del sector Peine. El año 2025 ocurren precipitaciones importantes en febrero en EM-Chaxa en el mes de febrero de 30,97 mm/mes y en los pluviómetros PLLS-01 (16,7 mm), PLLS-03 (33,6 mm) y PLLS-04 (20,6 mm), no obstante, no se observa si presenta o no respuestas a dichas precipitaciones en los

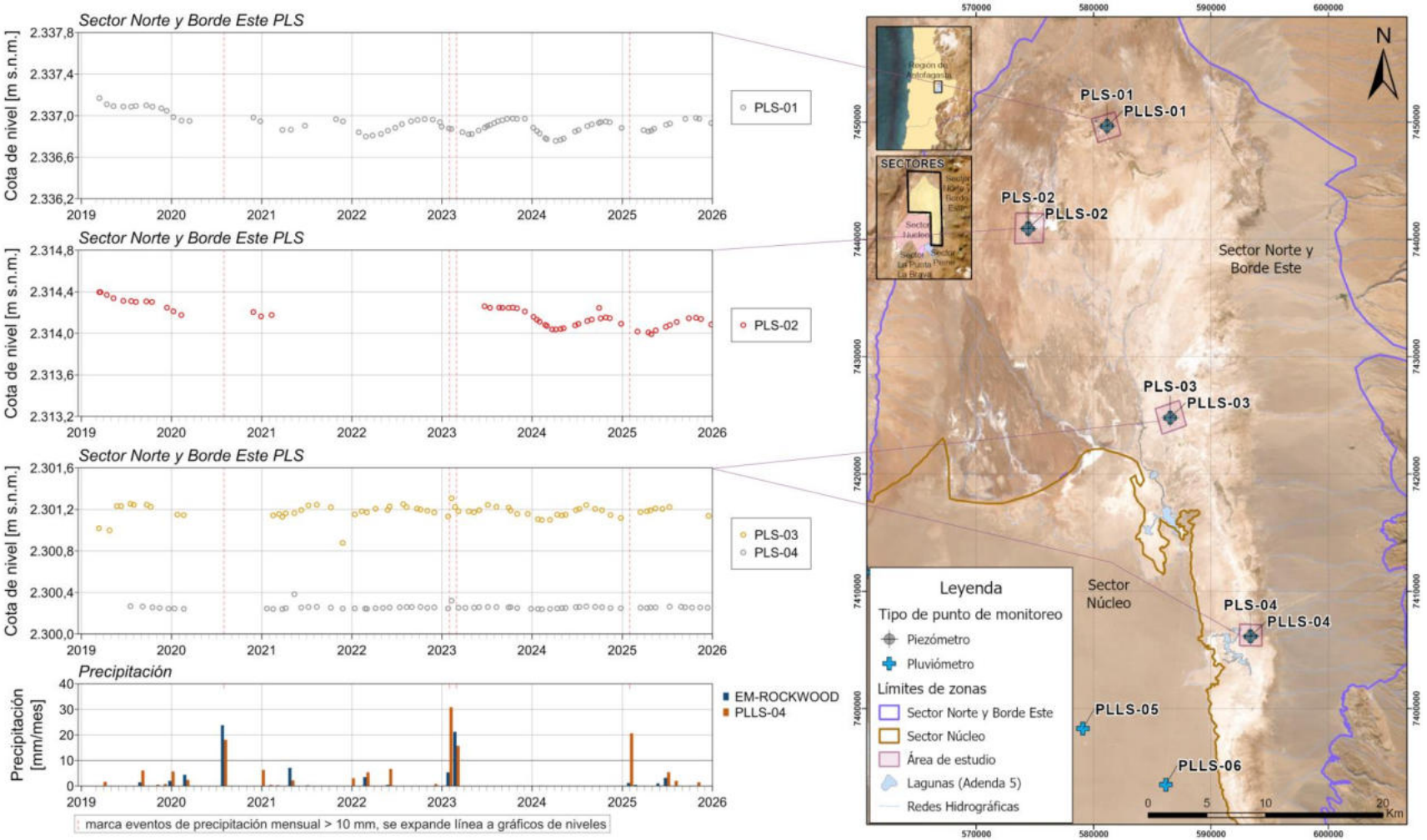
puntos MP-12A y MP-12C, dado que no cuentan con datos en febrero (el punto BA-31 no tiene datos).

Figura 6-62 Mapa de ubicación puntos de monitoreo, BA-31, MP-12A y MP-12C, sector Norte y Borde Este



Nota: Mp-12A presenta incidente, detalles sección 4.4.2, se usan datos actualizados en el gráfico.
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-63 Mapa de ubicación puntos de monitoreo, PLS-01 a PLS-04, sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.4 Sector Núcleo

En el Sector Núcleo la red de monitoreo se compone de 61 puntos, según se aprecia en Tabla 5-21, en la cual se detalla el periodo de registro, los que iniciaron entre los años 1985 y 2016. De estos 60 son piezómetros y 1 zanja (Zanja Camino a Peine). Además, se cuenta con otros 3 piezómetros (PLS-05, PLS-06 y PLS-11). La ubicación de los puntos se exhibe en las Figura 6-64, Figura 6-65, Figura 6-66 y Figura 6-67.

Cabe indicar que en 2025 no se registran precipitaciones importantes en este sector.

Los puntos de monitoreo se han clasificado según su distribución en 4 subzonas, todas ubicadas en la zona Salmuera:

- Núcleo Centro Norte
- Núcleo Oeste
- Núcleo Este
- Zona Producción

El análisis de la evolución temporal del nivel freático en el sector Núcleo se presenta a continuación.

6.1.6.4.1 Núcleo Centro Norte

En la zona Núcleo Centro Norte se monitorean 16 piezómetros desde el año 2016, los cuales son: ES-01, ES-02, ES-03, ES-04, ES-05, ES-06, ES-07, ES-08, ES-09, ES-10, ES-11, PN-18 y PN-19 (Tabla 5-21) y los puntos PLS-05, PLS-06 y PLS-11. La ubicación de todos los puntos se puede ver en la Figura 6-64. Los puntos de la serie PLS-XX cuentan con datos desde el año 2019 a 2025.

Se observan niveles con descensos netos entre 41 cm (ES-08, calculado para septiembre 2016 y septiembre 2025) y 55 cm (en los puntos ES-02 y ES-04, calculado para diciembre 2016 y diciembre 2025). Por otra parte, los puntos PLS-05, PLS-06 y PLS-11 presentan descensos entre 82 cm (PLS-05) y 91 cm (PLS-11), calculado para diciembre 2019 y diciembre 2025).

Los niveles históricos desde el año 2016 al 2025 variaron entre un mínimo de 2.296,965 m s.n.m. y un máximo de 2.298,896 m s.n.m. en los puntos PN-19 (diciembre de 2025) y ES-09 (febrero de 2019), respectivamente.

Se tiene, además, que los puntos PLS-05, PLS-06 y PLS-11 han variado entre una cota mínima de 2.297,496 m s.n.m. y una cota de nivel máxima igual a 2.298,941 m s.n.m., ambas cotas medidas en PLS-05 en el mes de diciembre 2025 y abril 2019, respectivamente. Y descensos entre 82 cm (PLS-05) y 91 cm (PLS-11) calculado para diciembre 2019 y diciembre 2025

Todos los pozos del sector presentan un comportamiento similar y sincrónico, con rápidas respuestas a eventos de precipitación intensa como los ocurridos en enero de 2019 (27,8 mm/mes en EM-Rockwood y 16,6 mm/mes en PLLS-05) y febrero de 2019 (18,9 mm/mes en EM-Rockwood y 28,05 mm/mes en PLLS-05) y agosto de 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 21,1 mm/mes en PLLS-06), por ejemplo, en el evento de precipitaciones en enero y febrero del año 2019 (suman 50,7 mm en EM-Rockwood y 45,1 mm en PLLS-05), generaron aumentos de nivel de 0,68 m en PN-19 y 0,89 m en ES-11.

6.1.6.4.2 Núcleo Este

En la zona Este, se monitorean 25 puntos, que corresponde a 24 piezómetros y 1 a una zanja que son: CL-6, P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, PN-02, PN-03, PN-04, PN-05B, PN-06, PN-07, PN-08A, PN-09, PN-10, PN-11, PN-13, PN-14B, PN-15, PN-16B, S-1, S-2-1[39] (ex S-2), S-3, S-4 y Zanja Camino a Peine, cuya ubicación se presenta en el mapa de la Figura 6-65. Los que cuentan con registros más antiguos iniciaron sus mediciones en 1989 (Tabla 5-21).

Los puntos con mayores periodos de registro son S-1, S-3 y S-4, con datos desde 1989 a la actualidad, y los que presentan registros más cortos, por ser nuevos puntos de monitoreo, son los de la serie PN-XX, con registros desde el año 2016 en adelante.

Los niveles históricos en este subsector han variado entre un mínimo de 2.296,981 m s.n.m. (PN-03, diciembre de 2025) y máximo de 2.299,968 m s.n.m. (Zanja Camino a Peine, marzo de 2002).

Las variaciones de niveles netos calculados en este sector corresponden a un ascenso de 17 cm en el punto PN-16B, calculado para diciembre 2014 y diciembre 2025 (este punto presenta una anomalía, detallado en sección 4.4.2) y descensos netos de entre 42 cm (PN-13, calculado para diciembre 2016 y diciembre 2025) y 84 cm (P-01, calculado para diciembre 2013 y diciembre 2025). Mayores descensos se observan en los puntos CL-6, S-1, S-2-1, S-3 y Zanja Camino Peine, con descensos netos de entre 110 cm (1,10 m en Zanja Camino Peine calculado para diciembre 2001 y diciembre 2025) y 164 cm (1,64 m, en S-3 calculado para diciembre 1989 y diciembre 2025). Los mayores descensos netos coinciden con los puntos que presentan mayor periodo de registro, siendo de aproximadamente 35 años para los puntos S-1, S-2-1 y S-3, y con un periodo de registro de 23 años para el punto CL-6, por lo que no necesariamente son puntos que muestren más descensos, sino que presentan mayor registro.

El comportamiento de los niveles de todos los puntos es sincrónico con la tendencia general al descenso ya mencionada, que se interrumpe con las recuperaciones de niveles que provocan los eventos de precipitación intensas como las observadas en enero y febrero 2017

[39] El pozo S-2-1, fue construido en 2019, para reemplazar al pozo S-2 (Tabla 5-21), que se había secado en mayo de 2019 y de esta manera tener continuidad de datos en su ubicación.

(sumando 50,7 mm/mes en EM-Rockwood), enero y febrero 2019 (sumando 46,7 mm en EM-Rockwood y 45,1 mm en PLL-05), agosto 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 21,1 mm/mes en PLLS-06), y febrero y marzo 2023 (en EM-Chaxa en el mes de febrero de 30,97 mm/mes y en Rockwood en el mes de marzo 2023 de 21,2 mm/mes). Entre los años 2002 y 2013 no se generaron recuperaciones de nivel por este fenómeno, debido a la ausencia de precipitaciones significativas. En el año 2025 no se miden precipitaciones importantes lo que coincide con no observar "saltos" en los niveles.

Es relevante notar que los niveles de los sectores Núcleo Centro Norte y Núcleo Este varían de forma similar y sincrónica, tanto en la respuesta luego de eventos de precipitación, así como, en la tendencia del descenso. Este comportamiento denominado coloquialmente "efecto piscina"[40] es concordante y consistente con la ubicación de los puntos en el bloque este del salar asociado una alta conexión hidráulica. Por otra parte, y como se verá a continuación, los puntos del núcleo oeste no tienen relación con los del Este, sino que están altamente influenciados por las extracciones de la zona de producción. Mayor detalle de este comportamiento fue presentado en el "Informe de Investigación N°5 de las causas del desvío de los pronósticos y activación del Plan de Alerta Temprana (PAT), en el sector de alerta Acuífero" (Albemarle-Hidromas, 2025).

6.1.6.4.3 Núcleo Oeste

En la zona Núcleo Oeste, se monitorean desde el año 2016 dos piezómetros, CS-01 y SAMPLE-4A, que reemplazaron a los puntos Zanja Cordillera de la Sal y SAMPLE-4 respectivamente, según se aprecia en la Tabla 5-21. La ubicación de los puntos de monitoreo de nivel freático en el sector Núcleo Oeste se presentan en el mapa de la Figura 6-66.

Los niveles históricos de estos pozos han variado entre un mínimo de 2.291,895 (SAMPLE-4A noviembre de 2025) y máximo de 2.299,671 m s.n.m (SAMPLE-4, marzo de 2002). Mostrando un descenso de nivel para este sector entre 679 cm (7 m) en CS-1 (ex de Zanja Cord. Sal) calculado para diciembre de 2001 y diciembre de 2025, y de 763 cm (8 m) en SAMPLE-4A (en este cálculo considera la continuidad del punto SAMPLE-4A que reemplazó al punto SAMPLE-4, es decir, considera ambas datas) calculado para diciembre de 2001 y diciembre de 2025, lo anterior, es coherente a lo esperado dado la cercanía de los puntos a las áreas activas de bombeo y extracción de salmuera por parte de SQM y Albemarle.

[40] Comportamiento hidráulico tipo kárstico de la unidad hidrogeológica Halita Superior Este. Los acuíferos kársticos se forman en roca con capacidad de disolución alta, característicos por la presencia de cavernas y/o fracturas, que permiten movimientos subterráneos de grandes cantidades de agua y responden rápidamente a la recarga.

6.1.6.4.4 Producción

En la Zona de Producción, se monitorean 21 puntos desde el año 1985 o 2001 (Tabla 5-21), y cuya ubicación se muestra en la Figura 6-67. Los resultados de las mediciones históricas se presentan en el Anexo F. Los puntos CL-13 y CL-10 se encuentran secos desde febrero del año 2020 (excepto por una medida de abril del 2022 en el punto CL-10).

Los niveles históricos de este subsector con datos más antiguos en algunos puntos desde 1985, y hasta 2025, variaron entre un mínimo de 2.282,817 y un máximo de 2.300,780 m s.n.m., en CL-12 (noviembre de 2024) y CL-28 (marzo de 2013), respectivamente.

La mayor parte los puntos de la zona de producción registran descensos netos históricos[41], con la excepción del punto CL-27-P, el cual registra ascensos netos históricos de 65 cm (calculado para diciembre de 2001 y diciembre de 2025). Por otra parte, los puntos CL-34-1 (este cálculo considera la continuidad del punto CL-34-1 que reemplazó al punto CL-34, es decir, considera ambas datas) y CL-33, muestran descensos de entre 31 cm y 75 cm, respectivamente, ambos calculados para diciembre de 2001 y diciembre de 2025.

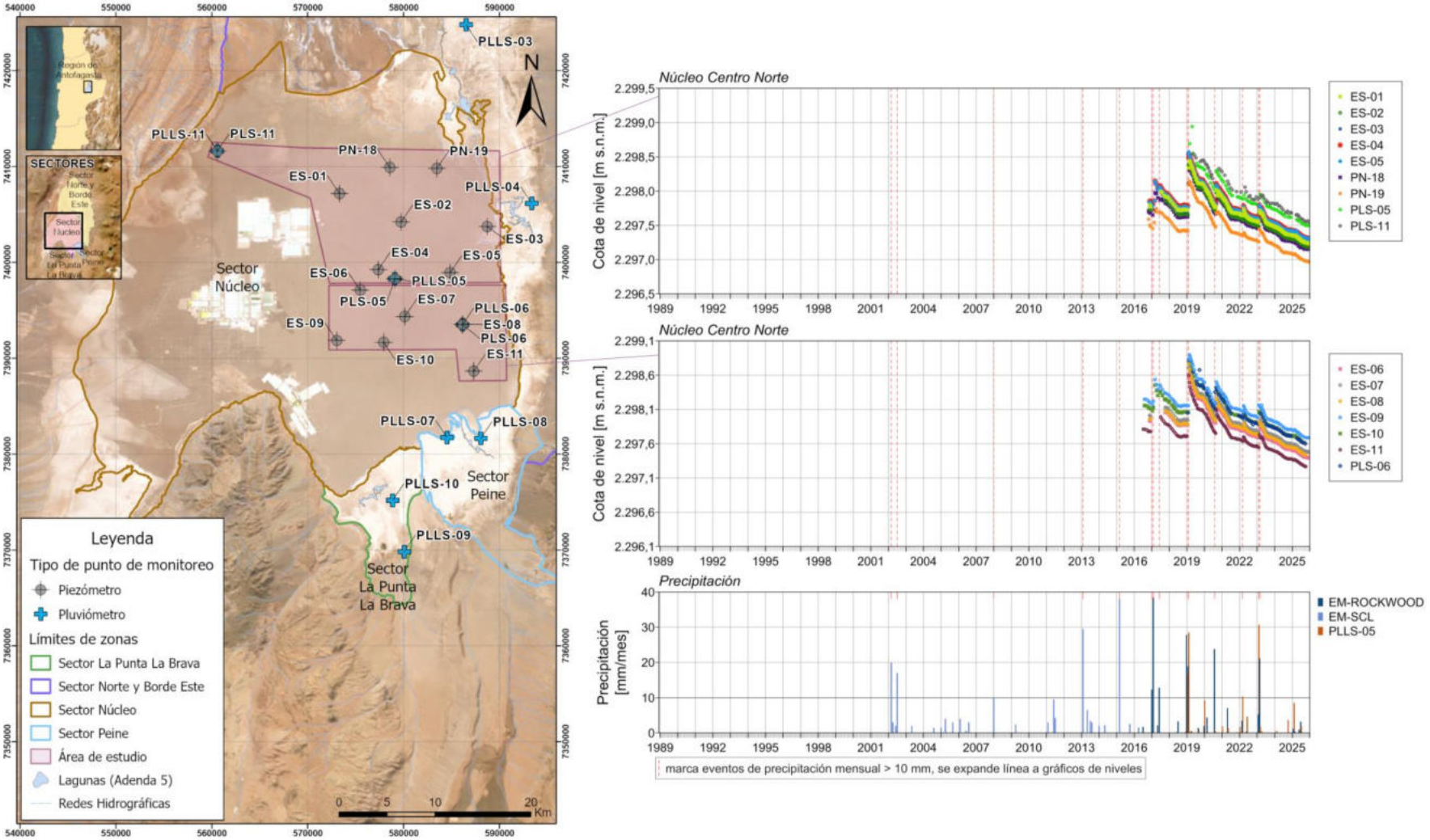
Luego se tienen descensos mayores a los anteriores en los puntos CL-2-1 (EX CL-2), CL-16-1 (EX-CL-16), CL-17, CL-18, CL-26-1 (EX CL-26), CL-28, CL-29, CL-30, CL-31, CL-32, EXP-2-1 (EX EXP-2), WELL IK-1 (EX-Well Ik) y First Well, y los cuales muestran descensos entre 164 cm (1,6 m, el cálculo considera la continuidad del punto EXP-2-1 que reemplazó al punto EXP-2, es decir, considera ambas datas) y 811 cm (8,1 m, CL-30), ambos calculados para diciembre de 2001 y diciembre de 2025.

Finalmente, los puntos que muestran un mayor descenso neto de nivel son: CL-11, CL-12 y CL-14-1 (EX-CL-14), con descensos entre 11,9 m (este cálculo considera la continuidad del punto CL-14-1 que reemplazó al punto CL-14, es decir, considera ambas data, calculados para diciembre de 1989 y diciembre 2025) y 14,6 m (CL-11, calculados para diciembre de 1985 y diciembre 2025), coincide que los mayores descensos tienen mayor registro de estos, por lo que no necesariamente son puntos que muestren más descensos, sino que presentan mayor registro (39 años de registro).

Como se mencionó previamente, los puntos ubicados en el sector del Núcleo Oeste (bloque oeste del salar) están mayormente influenciados por las extracciones de salmuera, al igual que lo observado en la Zona de Producción, por lo mismo no se observan las respuestas a precipitaciones dado la profundidad del nivel del sector.

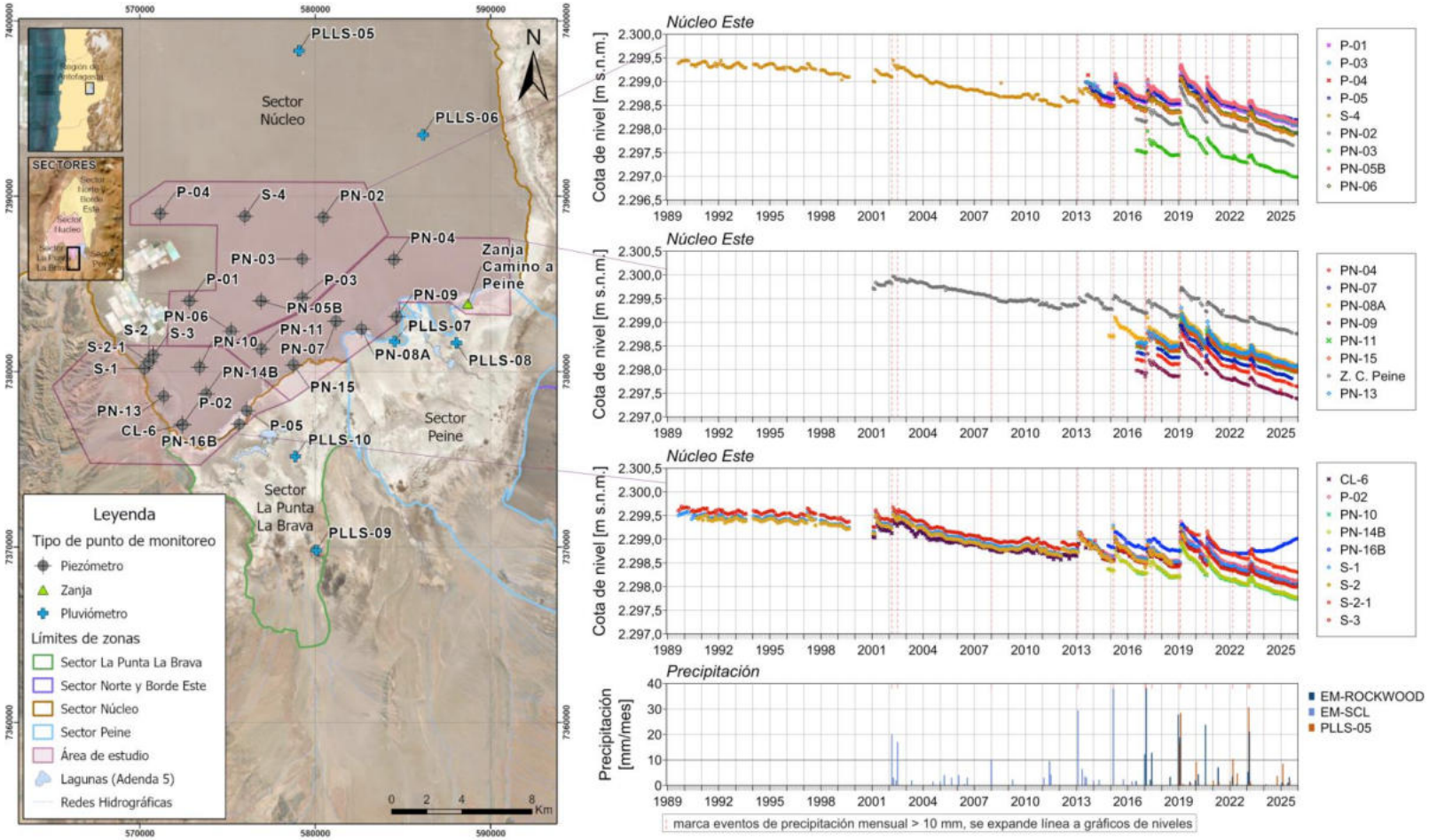
[41] No se consideran en el análisis los puntos CL-10 y CL-13, por encontrarse secos.

Figura 6-64 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Núcleo Centro Norte



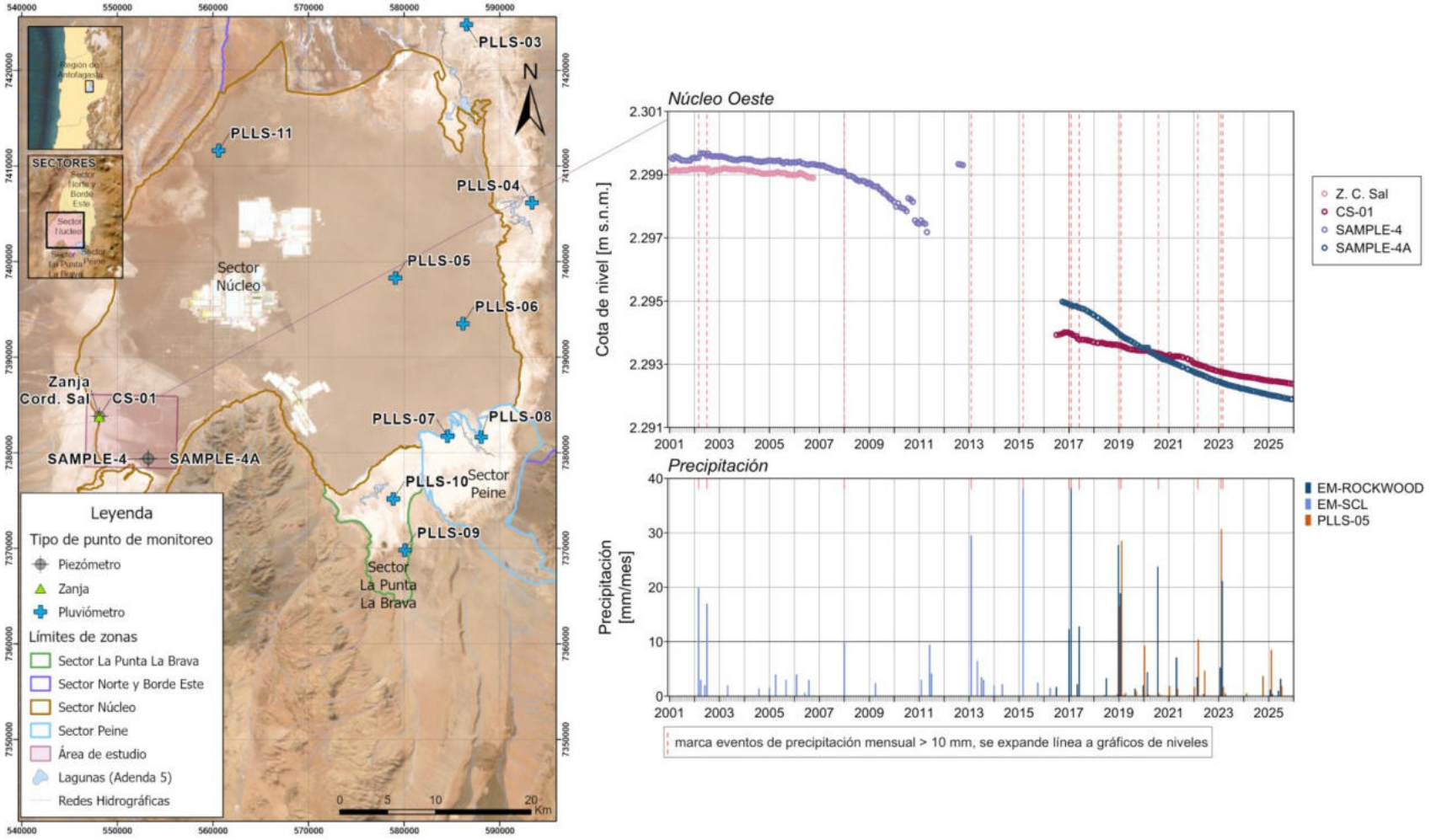
Nota: Los puntos se grafican desde 1989 para que sea comparable con las gráficas del subsector Este.
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-65 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Núcleo Este



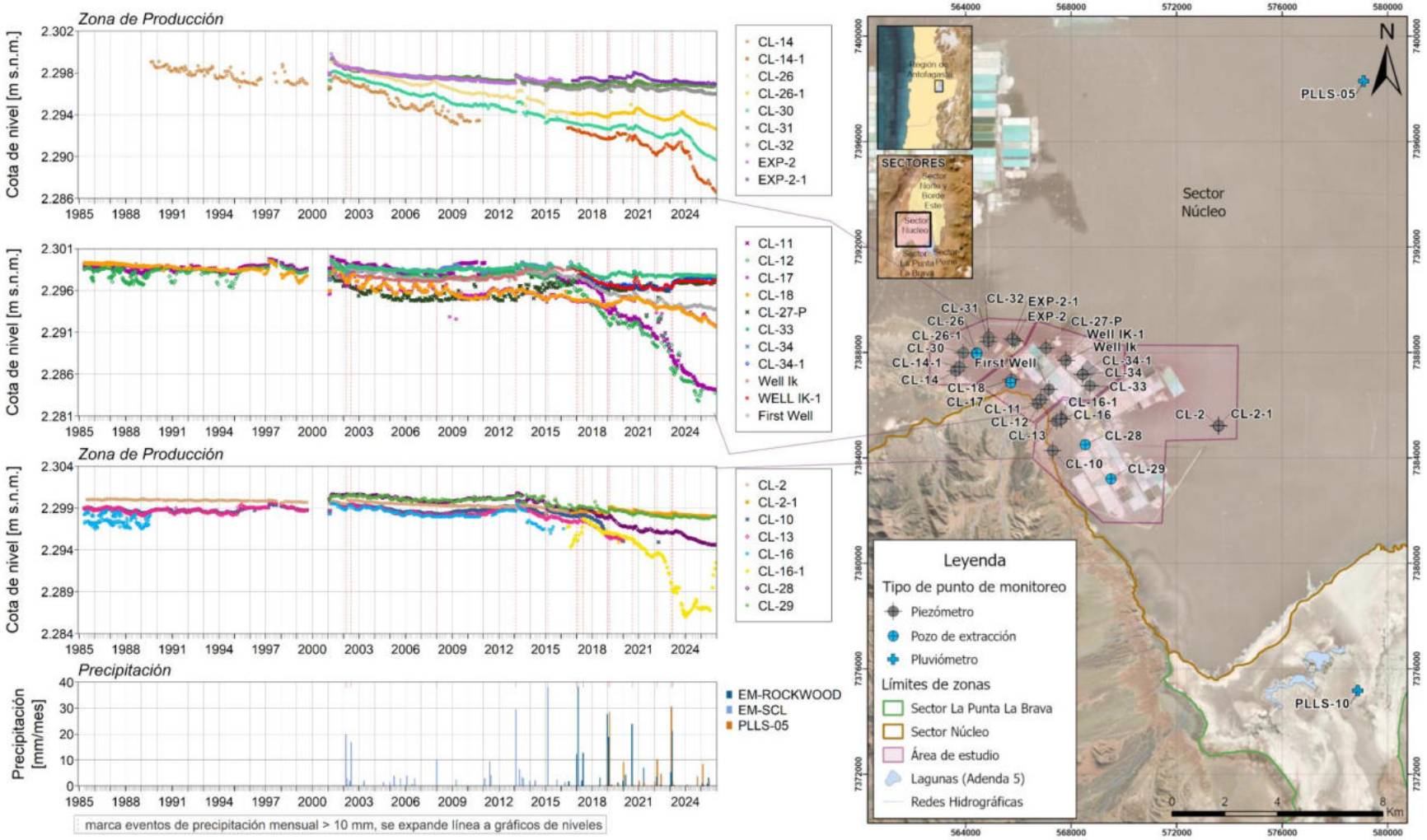
Nota: El punto PN-16 presenta un incidente mencionado en sección 4.4.2. Fuente: Elaboración propia

Figura 6-66 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Núcleo Oeste



Fuente: Elaboración propia-

Figura 6-67 Hidrogramas de los pozos de observación de la Zona de Producción



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.5 Límite por variable

6.1.6.5.1 Niveles Freáticos en Salmuera

Se han comparado los valores de niveles freáticos registrados del año 2025 con los niveles modelados obtenidos de los escenarios Caso Proyecto (Escenario P) y Caso Proyecto Recarga Reducida (Escenario P_RR) presentados en el informe de la Cuarta Actualización del modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama[42] (RCA N°21/2016), en Fecha 31 de marzo de 2025 (Albemarle-Gestionare, 2025a), se registra entrega del modelo conceptual de la Cuarta actualización, mediante las cartas ALB-GMA-2025-SMA-114, ALB-GMA-2025-SMA-026 y ALB-GMA-2025-DGA-011; y en el mes de diciembre de 2025 se entregó el complemento del modelo conceptual (Albemarle-Gestionare, 2025b), y se entregó el modelo numérico del Salar (Albemarle-Gestionare, 2025c) (Carta ALB-GMA-2025-SMA-114 y ALB-GMA-2025-SMA-115).

Es importante mencionar que esta Cuarta Actualización del Modelo consideró la actualización de las series de niveles de agua, caudales de extracción y balance hídrico; y también los nuevos antecedentes en la cuenca entre octubre del año 2022 y septiembre del año 2024. Así mismo, presenta los resultados de la construcción, calibración y simulaciones predictivas del modelo numérico 3D y los perfiles de densidad variable.

Es importante destacar que la distribución de los caudales de salmuera informados por SQM corresponde al escenario de operación basado en las ubicaciones de los PEEx de los últimos años informados en la VIII Actualización del Modelo Hidrogeológico (hasta agosto de 2024), que representa una distribución espacial “media” de las extracciones de SQM. Esta distribución de los pozos (PEEx[43]) (desde septiembre 2024) se definió considerando los puntos activos en los últimos cinco años reportados, asignando a cada uno un caudal proporcional a su capacidad máxima registrada.

El Esc P analiza la respuesta del sistema a la condición con Proyecto ante condiciones hidrológicas esperables, con montos de recarga por precipitación acorde a lo estimado en base a los registros históricos de precipitación.

El Esc P_RR analiza la respuesta del sistema a la condición con Proyecto ante situaciones hidrológicas extremas y que conlleven montos de recarga por precipitación menores a los estimados como más probables, de acuerdo con la estadística histórica y utilizada en la

[42] Cabe destacar que los primeros 10 años de recarga de la simulación de ambos escenarios se asumieron, conservadoramente, como un periodo seco. En consecuencia, durante este intervalo de tiempo los resultados de las simulaciones son idénticos y comienzan a diferenciarse a partir del 2035 cuando la entrada por recarga directa se diferencia. (página 185 Modelo Numérico 4ta actualización)

[43] PEEx se refiere a Punto Equivalente de Extracción. El área de extracción de SQM es dividida en superficie por una malla de 1km x 1km, con un punto en el centro (PEEx). Cada celda de esta malla contiene dos PEEx en el centro, uno somero (en su unidad hidrogeológica (UH) superior) y uno profundo (en su UH inferior)

evaluación del Proyecto. Desde este punto de vista, se trata de un escenario ambientalmente desfavorable en relación con la disminución natural de la precipitación.

Considerando que los puntos más relevantes para la verificación del comportamiento de los niveles freáticos del sector Núcleo, donde subyace la salmuera, corresponden a los pozos que conforman el PAT Sector Alerta Núcleo, es en estos puntos en los cuales se realiza la comparación entre lo observado y lo modelado.

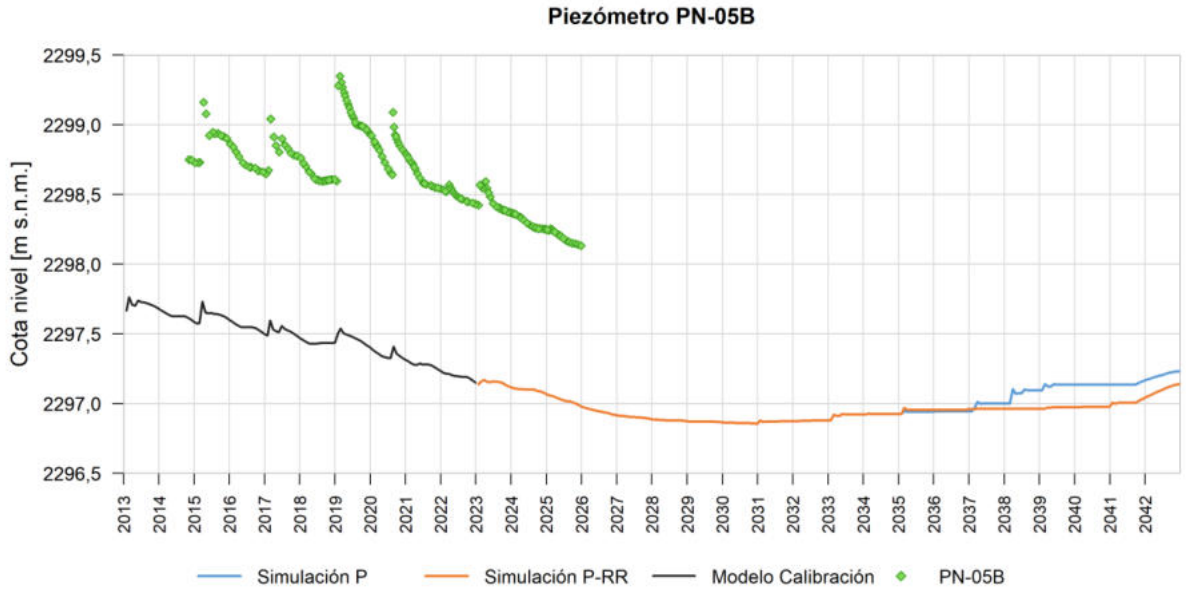
De la Figura 6-68 a la Figura 6-71, se presentan las series simuladas en los dos escenarios considerados (Esc P y Esc P_RR) versus los valores observados de los puntos PAT del Sector de Alerta Núcleo actualizados a diciembre de 2025.

En general los puntos PN-05B, PN-08A y PN-14B muestran una tasa de descenso, y aumentos provocados por las lluvias y descensos después de éstas, similar a lo modelado hasta diciembre 2025, como así también la tendencia de descenso marcada por los niveles mínimos de los valores observados muy similar a la tendencia de los valores mínimos de lo modelado en dicho período.

Los puntos PN-05B, PN-08A y PN-14B (de la Figura 6-68 a la Figura 6-70), muestran descensos y tendencias con valores similares al modelo, con puntos observados con cotas mayores que en los niveles simulados del modelo numérico para ambos escenarios.

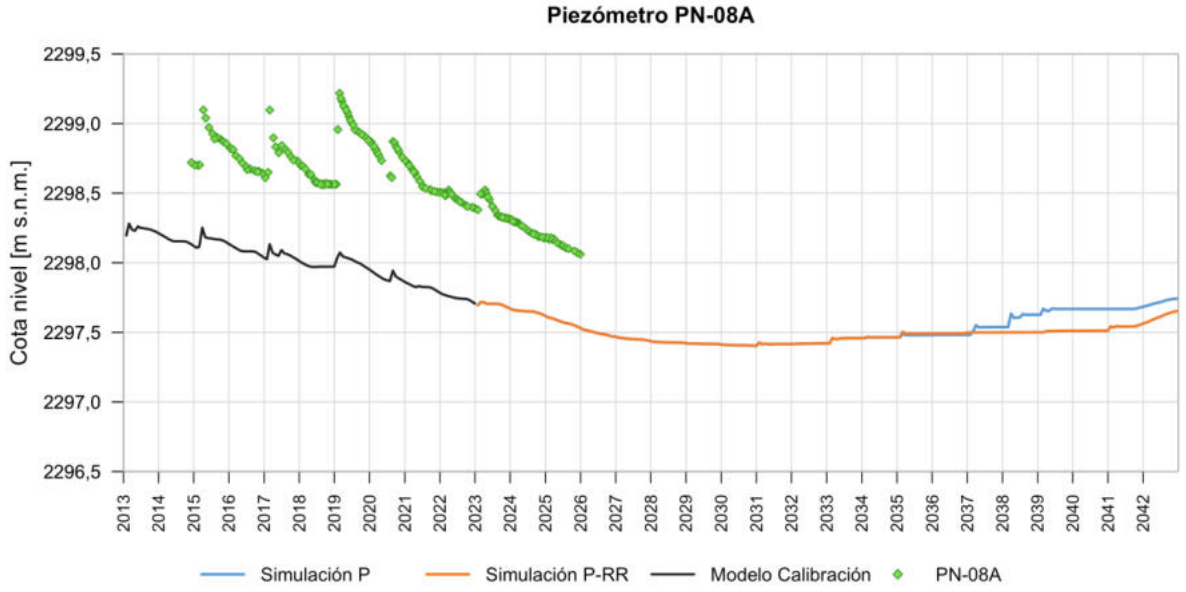
Por último, el punto PN-16B (Figura 6-71) muestra una tendencia en el nivel que se estabiliza en el año 2022 y aumenta hasta el año 2025, mostrando un comportamiento atípico y no representativo del subsector Núcleo Este, en este caso en que los datos medidos presentan menores tasas de descenso que lo modelado.

Figura 6-68 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-05B



Fuente: Elaboración Propia

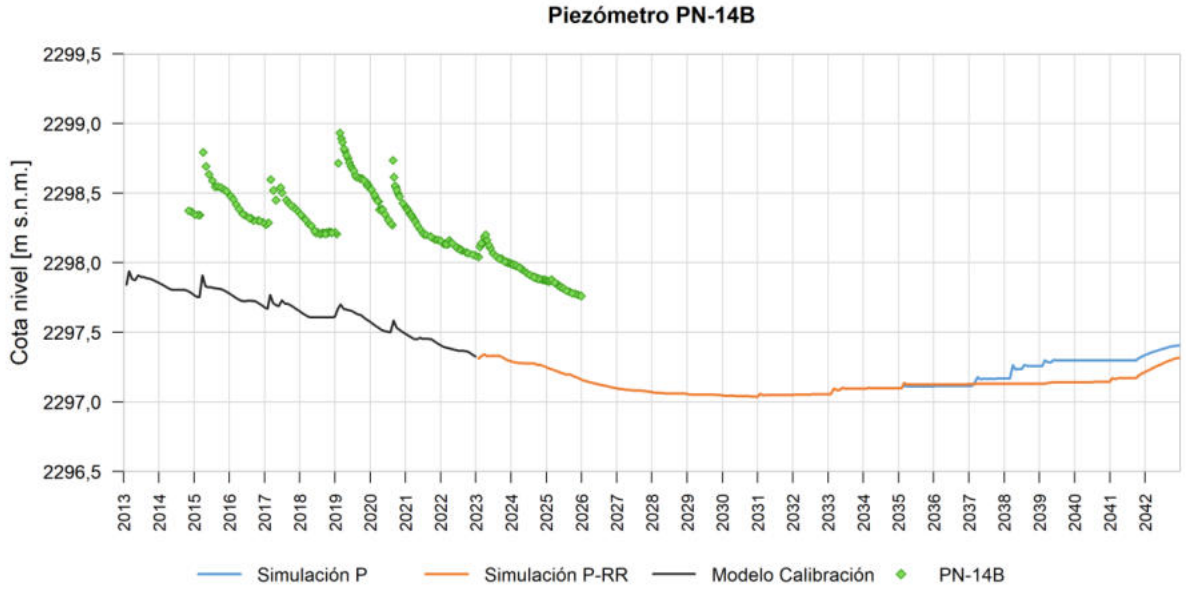
Figura 6-69 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-08A



Nota: El punto PN-08A, presenta un incidente aplica actualización de cota de nivel de agua desde el 24 de agosto 2023 y durante todo el año 2024, sin embargo, se usan datos originales en el gráfico. Para mayor detalle revisar sección 4.4.2.

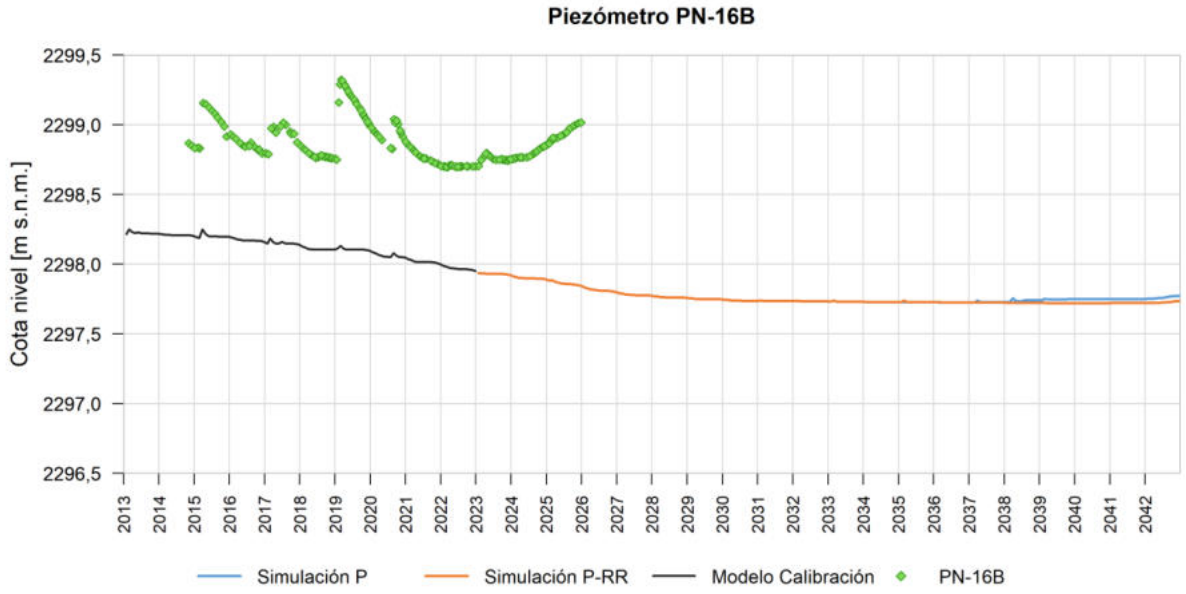
Fuente: Elaboración Propia

Figura 6-70 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-14B



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6-71 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozo PAT PN-16B



Fuente: Elaboración Propia

6.1.6.5.2 Niveles Freáticos en agua dulce-salobre

Durante el año 2025 los niveles freáticos en agua dulce-salobre en algunos casos se mantienen dentro de la oscilación natural y otros presentan mínimos, principalmente en los puntos ubicados en los sectores más cercanos al núcleo.

6.1.7 Posición de la Interfase Salina

En la Tabla 6-15 se presentan los pozos donde se monitorea trimestralmente la posición de la interfase salina mediante los perfiles de conductividad, agrupados por sector. Se detallan datos históricos, como la fecha de construcción y periodo de registro de los perfiles de conductividad. Además, al final de esta misma sección, se analiza el límite comprometido para esta variable.

Tabla 6-15 Puntos de realización de perfiles trimestrales de conductividad eléctrica

Sector	Punto	Fecha de Construcción	Periodo de registro	
			Fecha Inicio	Fecha Término
La Punta-La Brava	MP-01C	septiembre 2013	octubre 2013	noviembre 2025
	MP-03C	septiembre 2013	octubre 2013	noviembre 2025
	MP-04C	septiembre 2013	octubre 2013	noviembre 2025
	MP-05C	septiembre 2013	octubre 2013	noviembre 2025
	MP-06C	agosto 2013	octubre 2013	noviembre 2025
	MP-09C	agosto 2016	julio 2016	noviembre 2025
Sector Peine	MP-07C-1	julio 2017	julio 2017	noviembre 2025
	MPS-AC	septiembre 2013	octubre 2013	agosto 2025
	MPS-CC	septiembre 2013	octubre 2013	agosto 2025
	PP-01	julio 2016	julio 2016	agosto 2025
	PP-02	agosto 2016	octubre 2016	noviembre 2025
	PP-03	julio 2016	agosto 2016	noviembre 2025
Sector Norte y Borde Este	MP-12C	agosto 2016	octubre 2016	octubre 2025

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los perfiles de conductividad eléctrica se muestran de manera gráfica para las campañas históricas hasta el año reportado 2025. Las tablas con los resultados se incluyen en el Anexo G-2.

Cabe mencionar que la dispersión de datos entre 2013 a 2015 para los sectores Peine y La Punta La Brava se debe al equipo de medición que se utilizaba en aquellos años[44], el que fue cambiado durante 2015 por uno de mayor precisión en medios de alta salinidad.

[44] La sonda utilizada por Albemarle hasta julio del año 2015 fue la sonda Solinst TLC-107, con un rango de medición de conductividad de 0 a 80.000 µS/cm (mide valores mayores, pero sin precisión adecuada). Desde agosto del año 2015, se utiliza una sonda marca SEBA Hydrometrie con sensores MPS que tienen un rango de medición de la conductividad entre 0 y 300.000 µS/cm por lo que los perfilajes obtenidos después de esa fecha se consideran válidos.

En la Figura 5-35, Figura 5-48 y Figura 5-59 de la sección 5.7 se muestra la ubicación de los puntos comprometidos para la medición de perfiles de conductividad eléctrica para los sectores: La Punta - La Brava, Peine y, Norte y Borde Este. A continuación, se presenta el análisis de los datos históricos y su evolución por sector.

6.1.7.1 Sector La Punta – La Brava

En el sector La Punta-La Brava se cuenta con los puntos MP-01C, MP-03C, MP-04C, MP-05C, MP-06C y MP-09C (ubicación en Figura 5-35).

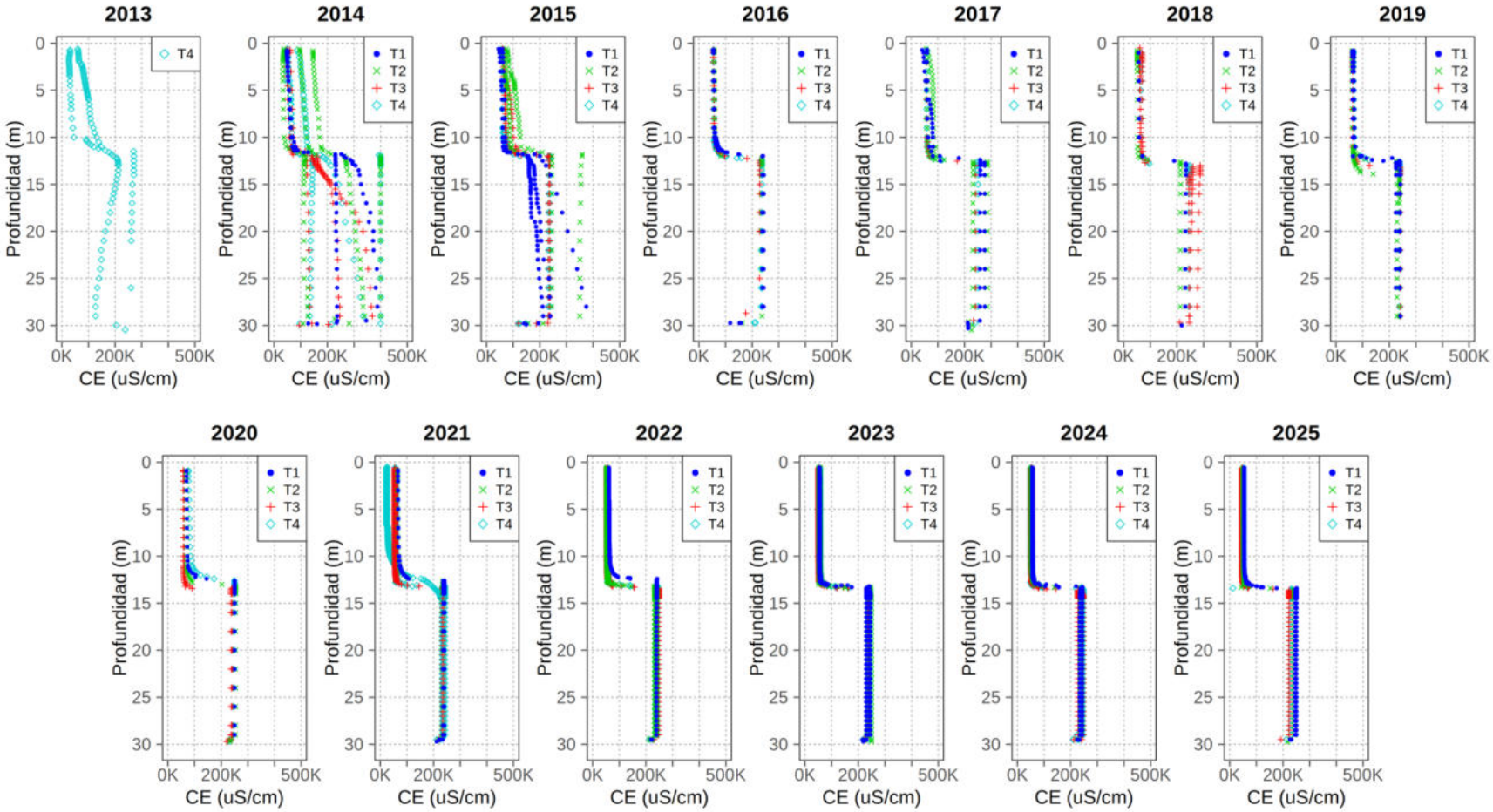
A continuación, se muestra la descripción de los resultados obtenidos durante las campañas históricas hasta el año 2025, en conjunto con su representación gráfica. En los gráficos presentados para el registro histórico anual las series se separan en trimestres para una mejor representación.

En general se observa una mayor dispersión durante los años 2013, 2014 y 2015 en el registro histórico, debido a la utilización de un equipo con baja precisión para la medición de conductividad eléctrica en medios de alta salinidad.

6.1.7.1.1 MP-01C

Para el punto MP-01C (Figura 6-72) los registros dan cuenta de una leve profundización del nivel de salmuera entre 2016 y 2018, de aproximadamente 1 m, pero se muestra relativamente estable desde mitad de 2022, esto se ha descrito con mayor detalle en el Informe de Investigación N°5 y La Cuarta Actualización del Modelo, ambos entregados a la autoridad en 2025. Su interfase (como una zona de mezcla) se encuentra a una profundidad de entre 11 m y 14 m.

Figura 6-72 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-01C

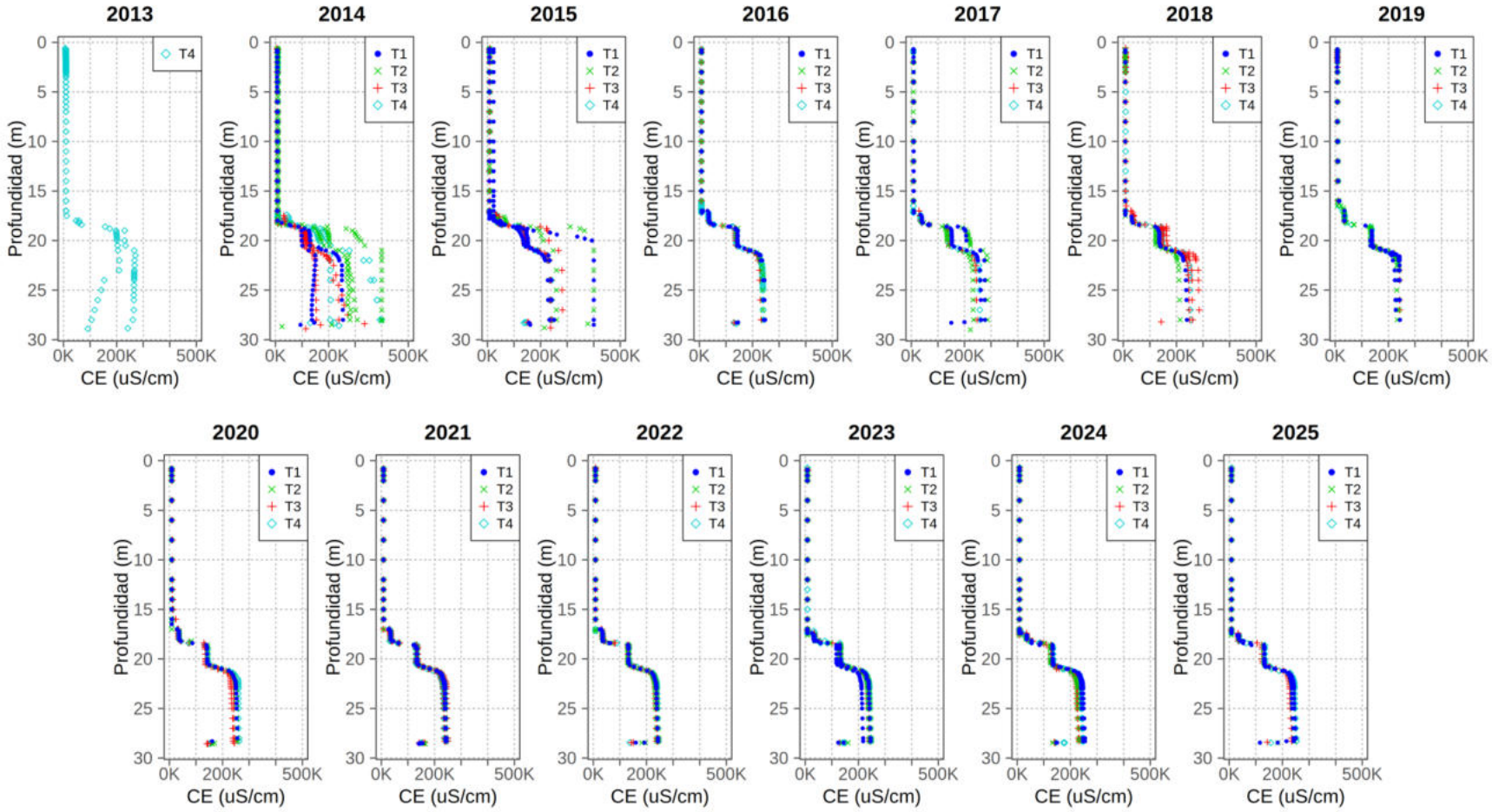


Fuente: Elaboración propia

6.1.7.1.2 MP-03C

El punto MP-03C muestra en todo su registro (posterior al cambio de equipo) un patrón escalonado en la conductividad eléctrica del fluido hasta estabilizarse en valores mayores a 200.000 µS/cm. La base de la interfase salina (inicio de la salmuera) ha sido reconocida en torno a los 17 m y 21 m de profundidad en todas las campañas. Los últimos años no se registra una variación en su posición (Figura 6-73).

Figura 6-73 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-03C

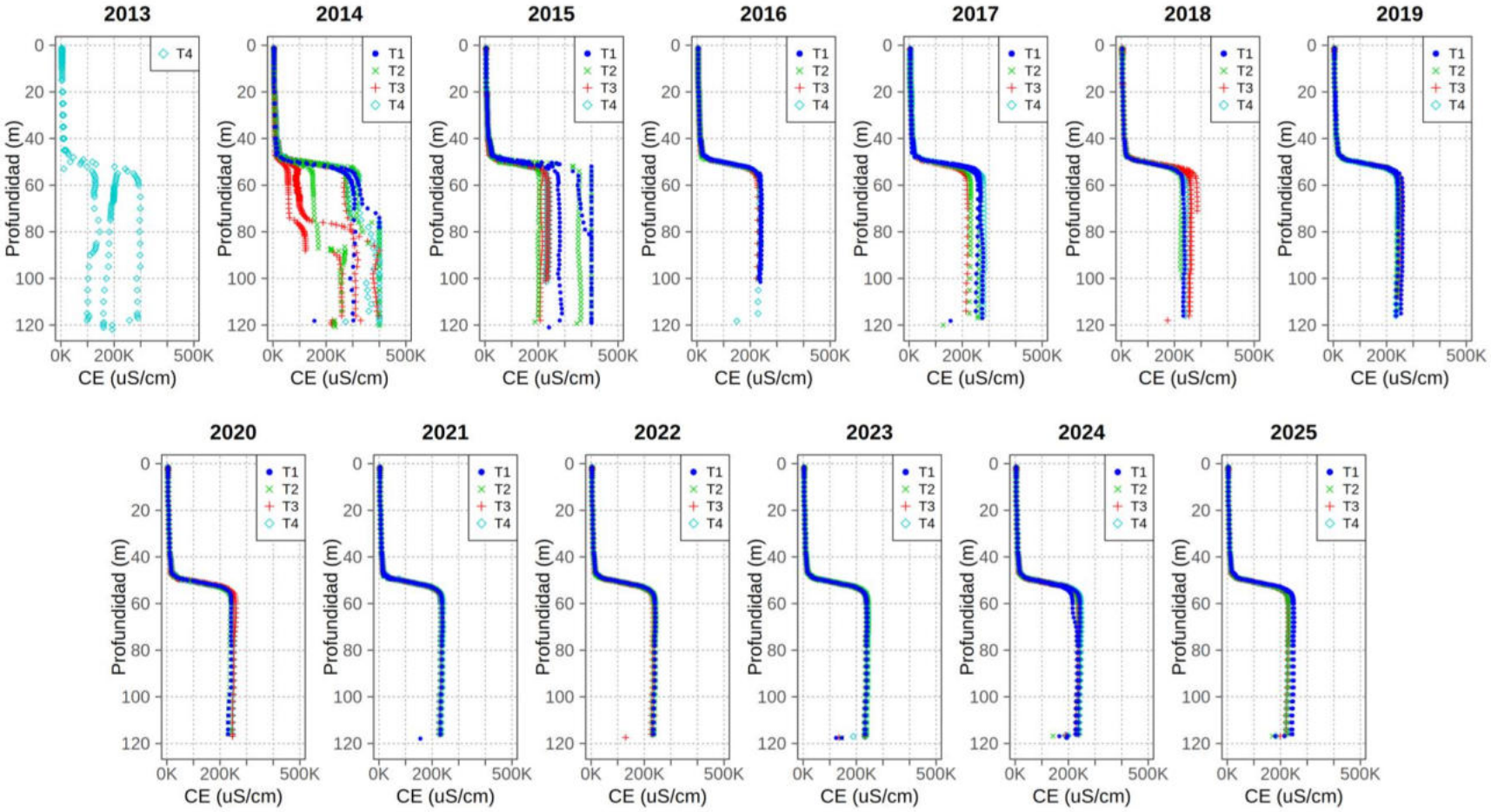


Fuente: Elaboración propia

6.1.7.1.3 MP-04C

El registro histórico indica que la interfase salina ha mantenido una posición en general estable en este punto (Figura 6-74) con variaciones mínimas durante el primer trimestre de 2024 no observadas en 2025. En general, se observa un aumento gradual en la conductividad eléctrica a una profundidad de aproximadamente 50 m, extendiéndose hasta los 55 m de profundidad.

Figura 6-74 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-04C



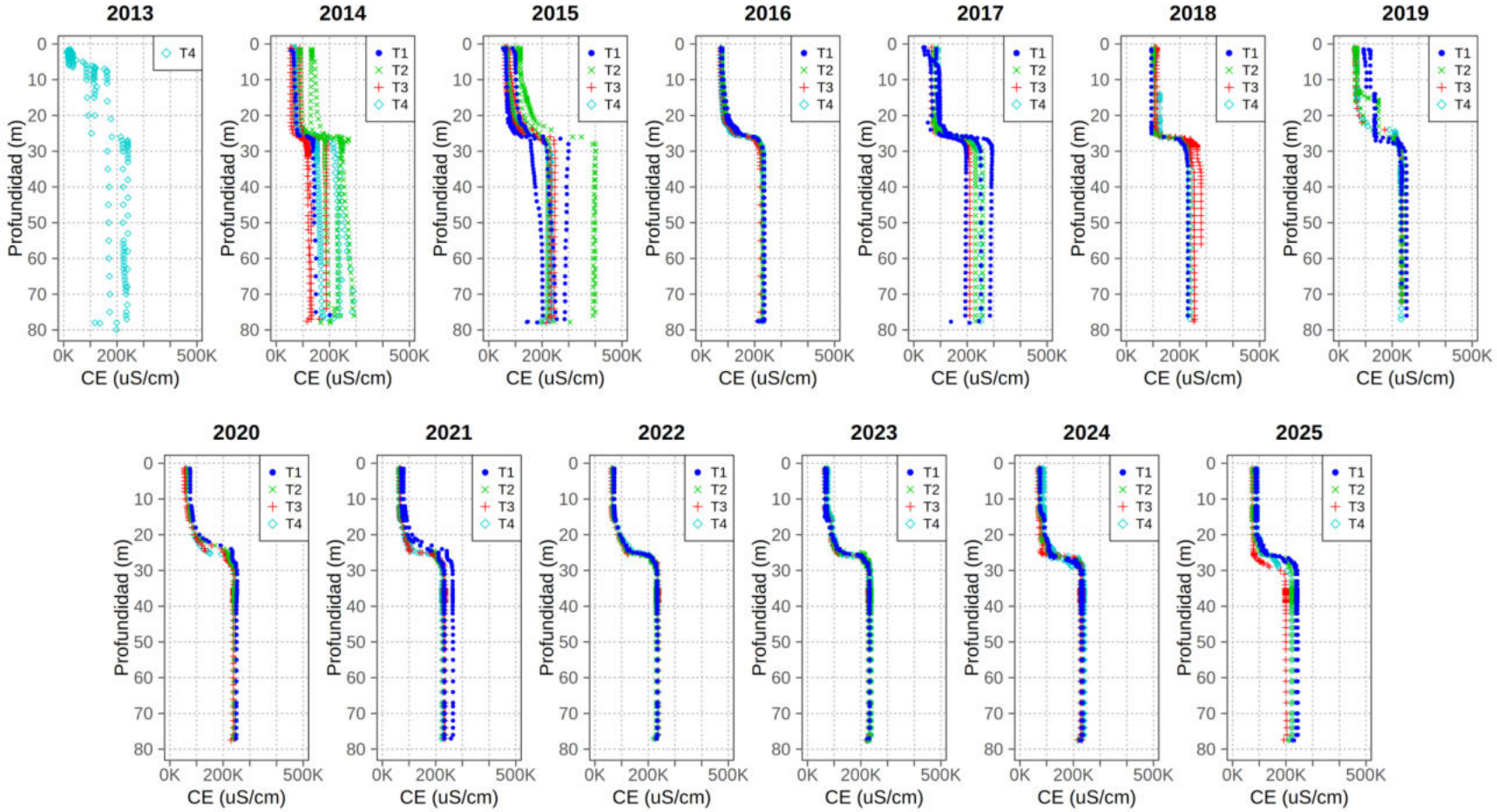
Fuente: Elaboración propia

6.1.7.1.4 MP-05C

En general, el registro histórico muestra una posición de la interfase salina estable en torno a los 24 m y 27 m de profundidad (Figura 6-75), con una leve variación puntual en el tercer trimestre de 2025. En abril de 2019, existe un aumento escalonado de la conductividad eléctrica en profundidades menores, lo que no se ha vuelto a observar.

En todas las campañas se observa un aumento gradual de la conductividad eléctrica desde aproximadamente 18 m bajo la superficie, estabilizándose en los 30 m de profundidad para valores sobre 200.000 µS/cm. Se observa una leve variabilidad en mediciones del año 2025 respecto a años anteriores, lo que podría atribuirse a variabilidad natural.

Figura 6-75 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-05C

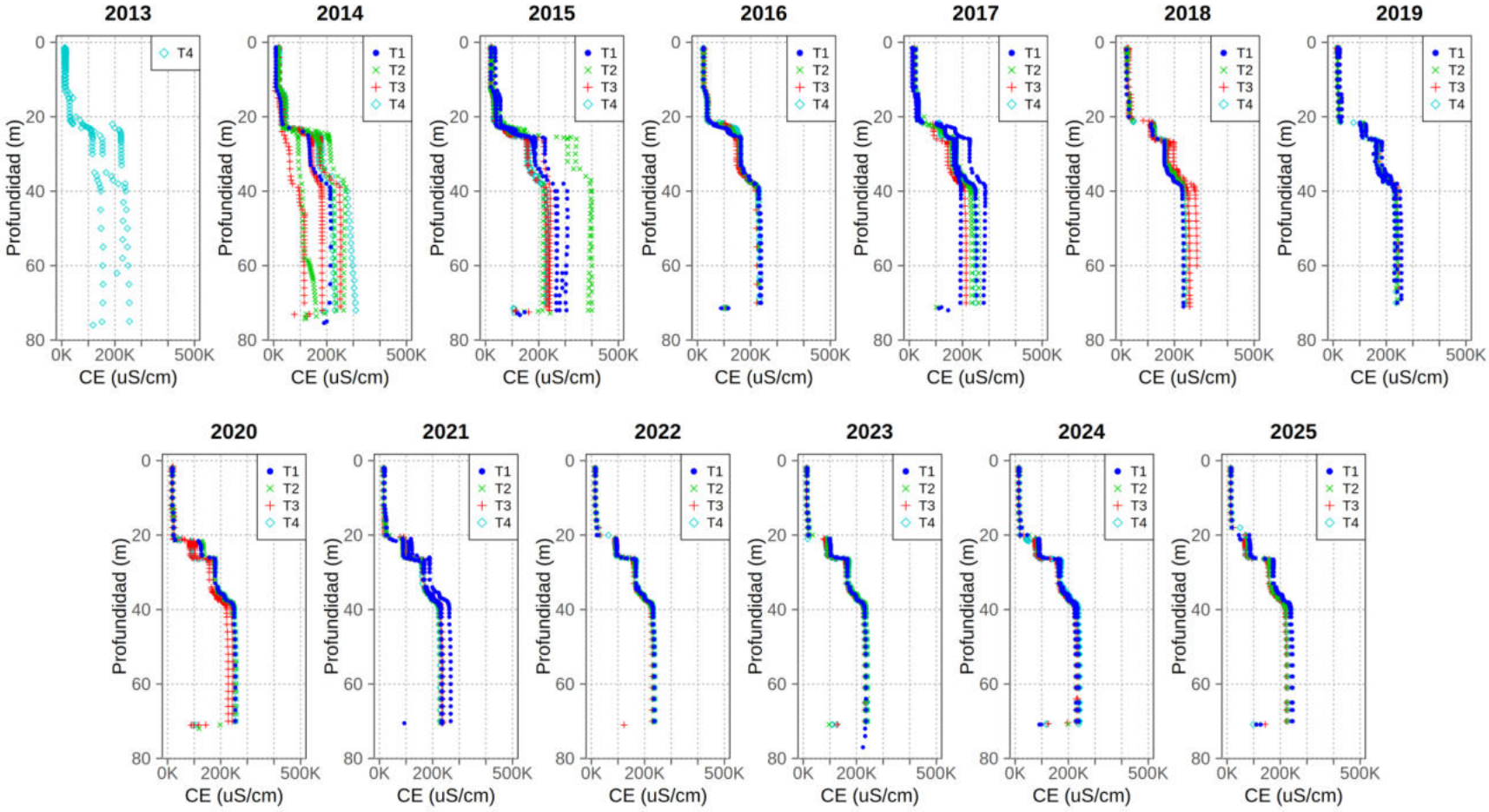


Fuente: Elaboración propia

6.1.7.1.5 MP-06C

El registro histórico (Figura 6-76), así como los nuevos registros no muestran cambios con respecto a la posición de la interfase salina, mostrando un patrón escalonado entre los 20 m y 40 m de profundidad, ubicándose la base de la interfase salina (salmuera) entre los 30 m a 40 m con valores superiores a 200.000 µS/cm.

Figura 6-76 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-06C

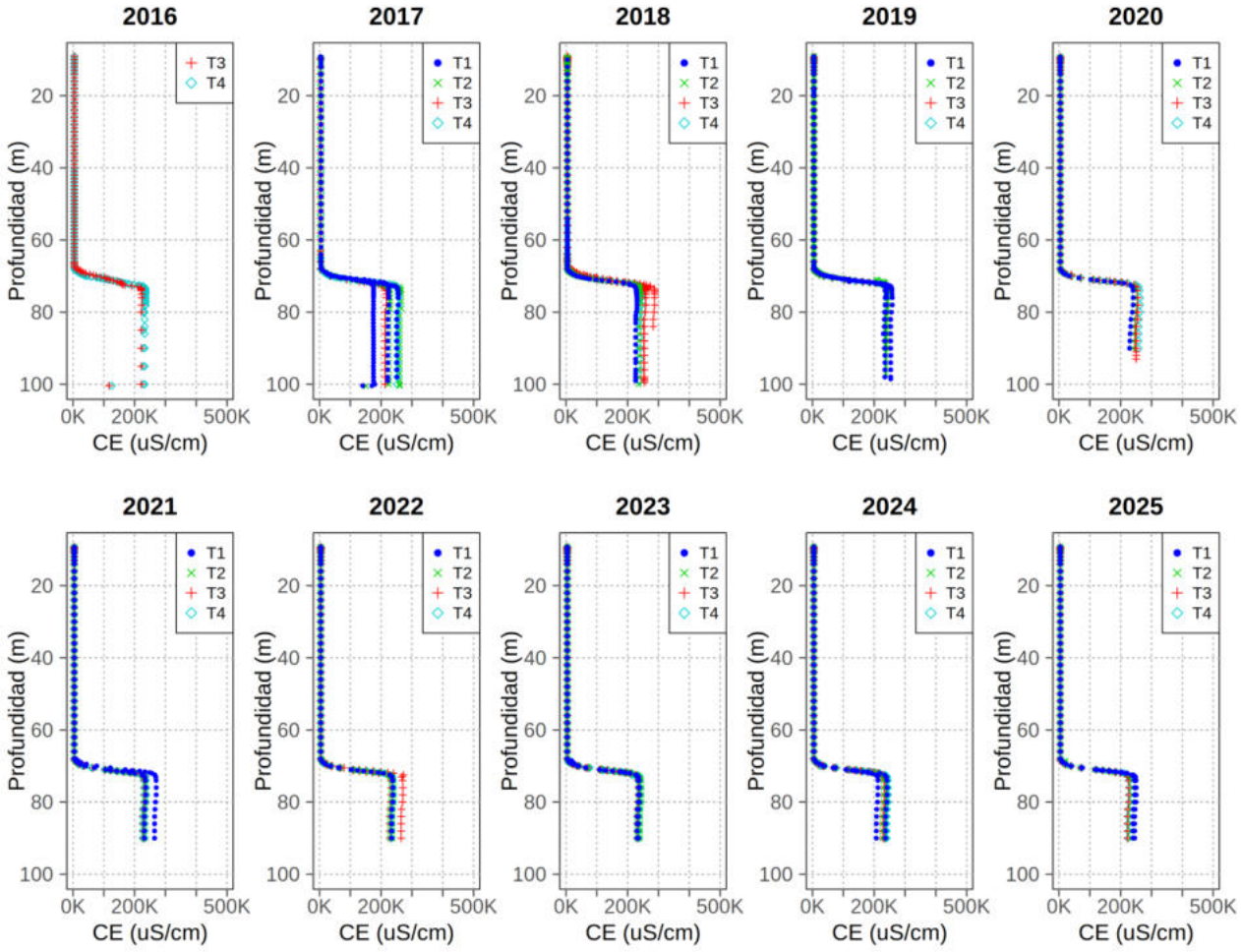


Fuente: Elaboración propia

6.1.7.1.6 MP-09C

Los registros históricos muestran que la base de la interfase salina se encuentra a aproximadamente entre 70 m y 73 m (valores de conductividad eléctrica sobre 200.000 µS/cm), con un aumento gradual de la conductividad eléctrica en un tramo de aproximadamente 3 m, no registrándose cambios desde el inicio del registro (Figura 6-77).

Figura 6-77 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-09C



Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2 Sector Peine

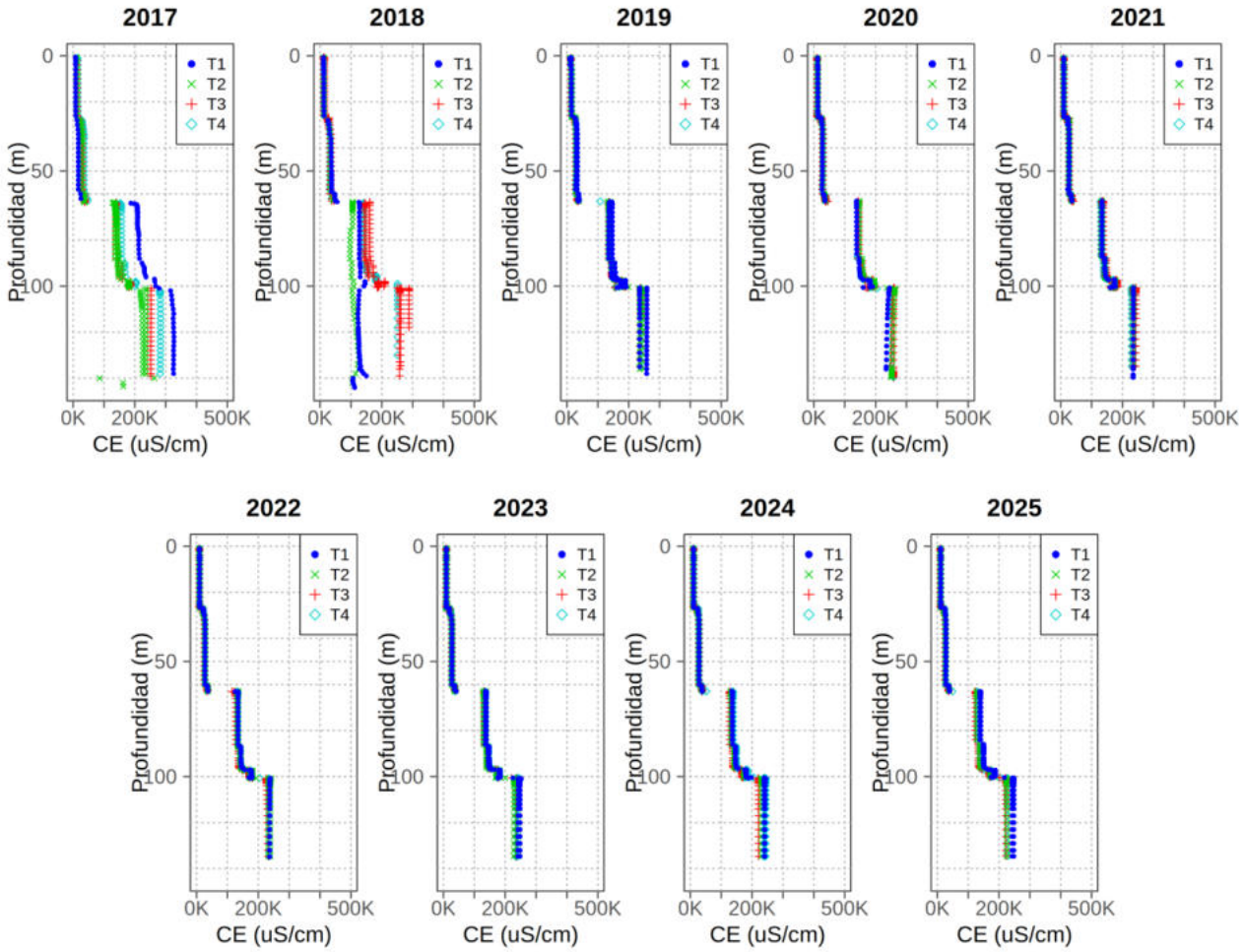
En el sector Peine se cuenta con los siguientes puntos: MP-07C-1, PP-01, PP-02, PP-03, MPS- AC y MPS-CC (ubicación en Figura 5-48 del capítulo 5.7.2).

A continuación, al igual que en todos los sectores, se muestra la descripción de los resultados obtenidos durante las campañas históricas y del año 2025, en conjunto con su representación gráfica. En los gráficos presentados para el registro histórico anual, las series se separan en trimestres para una mejor representación. En el Anexo G-2 del presente informe se detallan los registros históricos en los puntos de medición.

6.1.7.2.1 MP-07C-1

En el registro histórico (Figura 6-78) se observa un aumento escalonado en tres tramos de la conductividad eléctrica en todo el periodo de registro. No se observan cambios en la posición de la interfase salina en el registro histórico.

Figura 6-78 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-07C-1

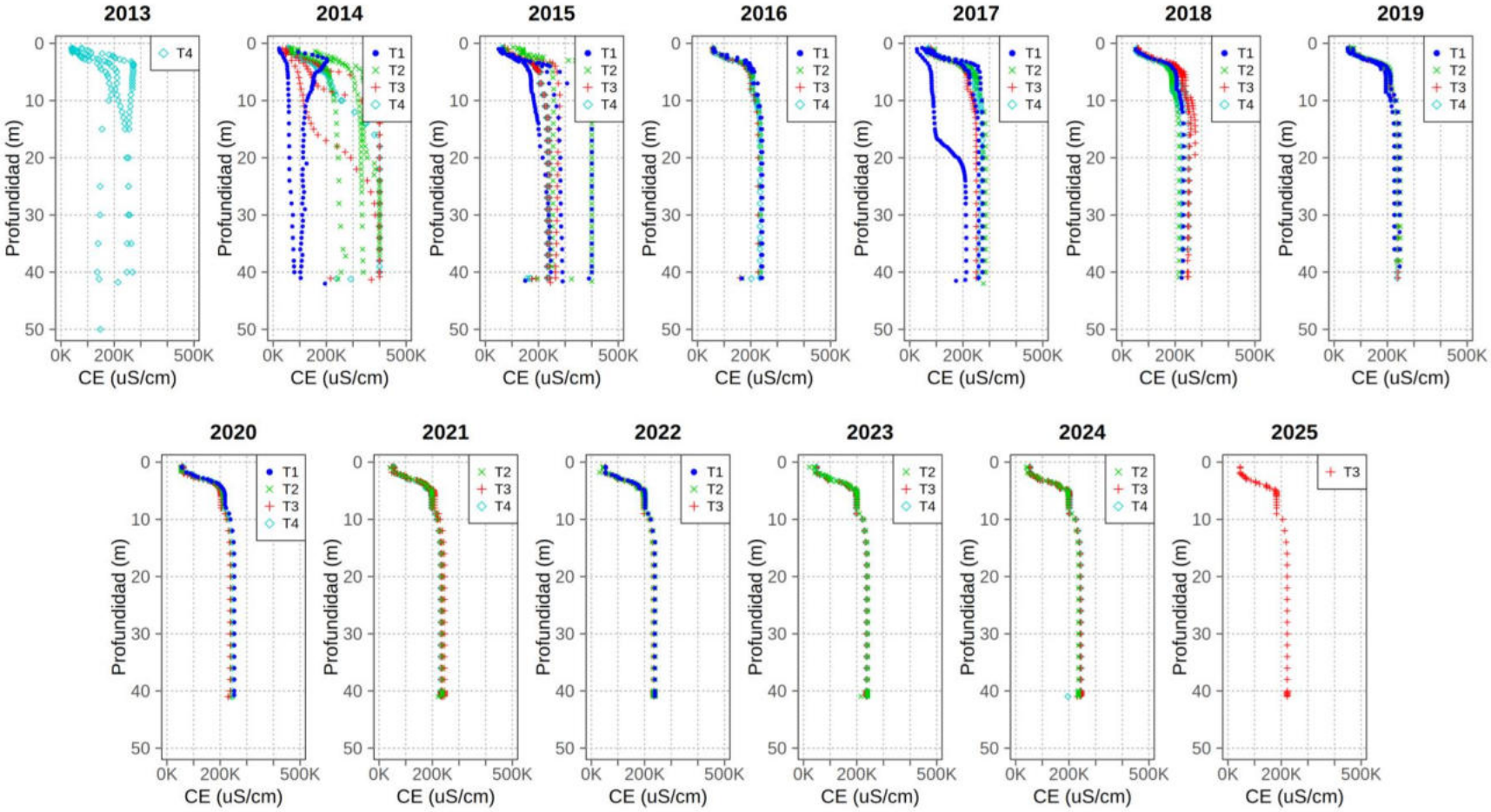


Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2.2 MPS-AC

En el punto MPS-AC, ubicado en el entorno del sistema Peine, las medidas de las campañas históricas identifican la posición de la interfase salina a través del aumento gradual de la conductividad eléctrica entre los 3 m y 5 m de profundidad (posterior al cambio de equipo), alcanzando la base de la interfase salina (de la salmuera) en torno a la profundidad de 5 m a 7 m con valores superiores a 200.000 µS/cm (Figura 6-79). Se observa una leve tendencia al descenso, lo que ha sido descrito en el Informe de la Cuarta Actualización del Modelo y en el Informe de Investigación N°5.

Figura 6-79 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-AC



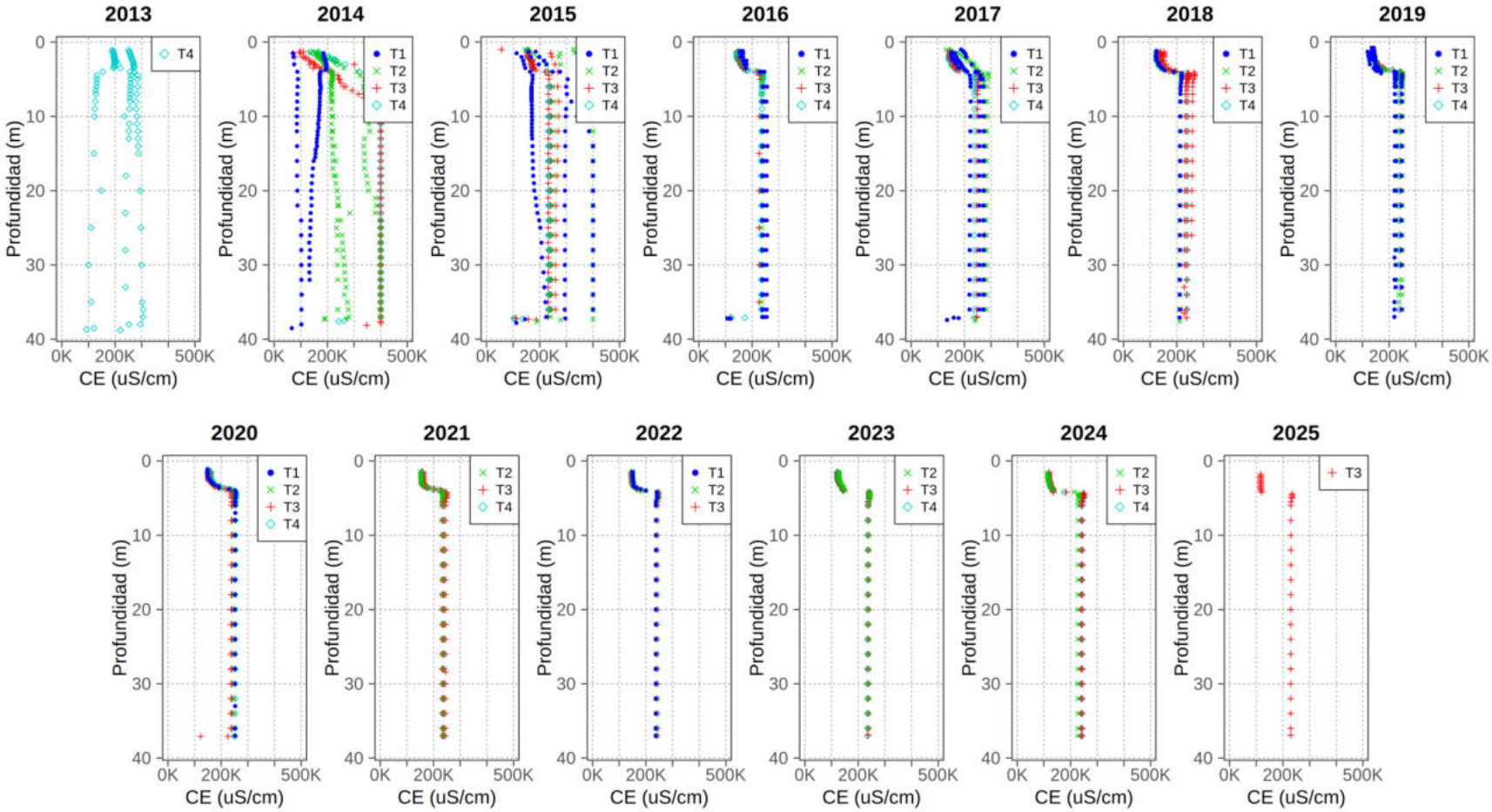
Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2.3 MPS-CC

El registro histórico muestra una interfase entre 3 m y 5 m (Figura 6-80), los puntos MPS-AC y MPS-CC corresponden a los más cercanos al núcleo del salar en el sector Peine, donde se encuentra la interfase salina a una profundidad somera. Ambos presentan un comportamiento similar.

Destaca la alta conductividad eléctrica registrada en profundidades más someras desde el inicio del pozo, con agua salobre de conductividad eléctrica desde los 120.000 µS/cm y alcanzando valores de la base de la interfase salina (mayores a 200.000 µS/cm) en torno a los 4-5 m de profundidad. Se observa una leve tendencia al descenso, lo que ha sido descrito en el Informe de Investigación N°5.

Figura 6-80 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-CC

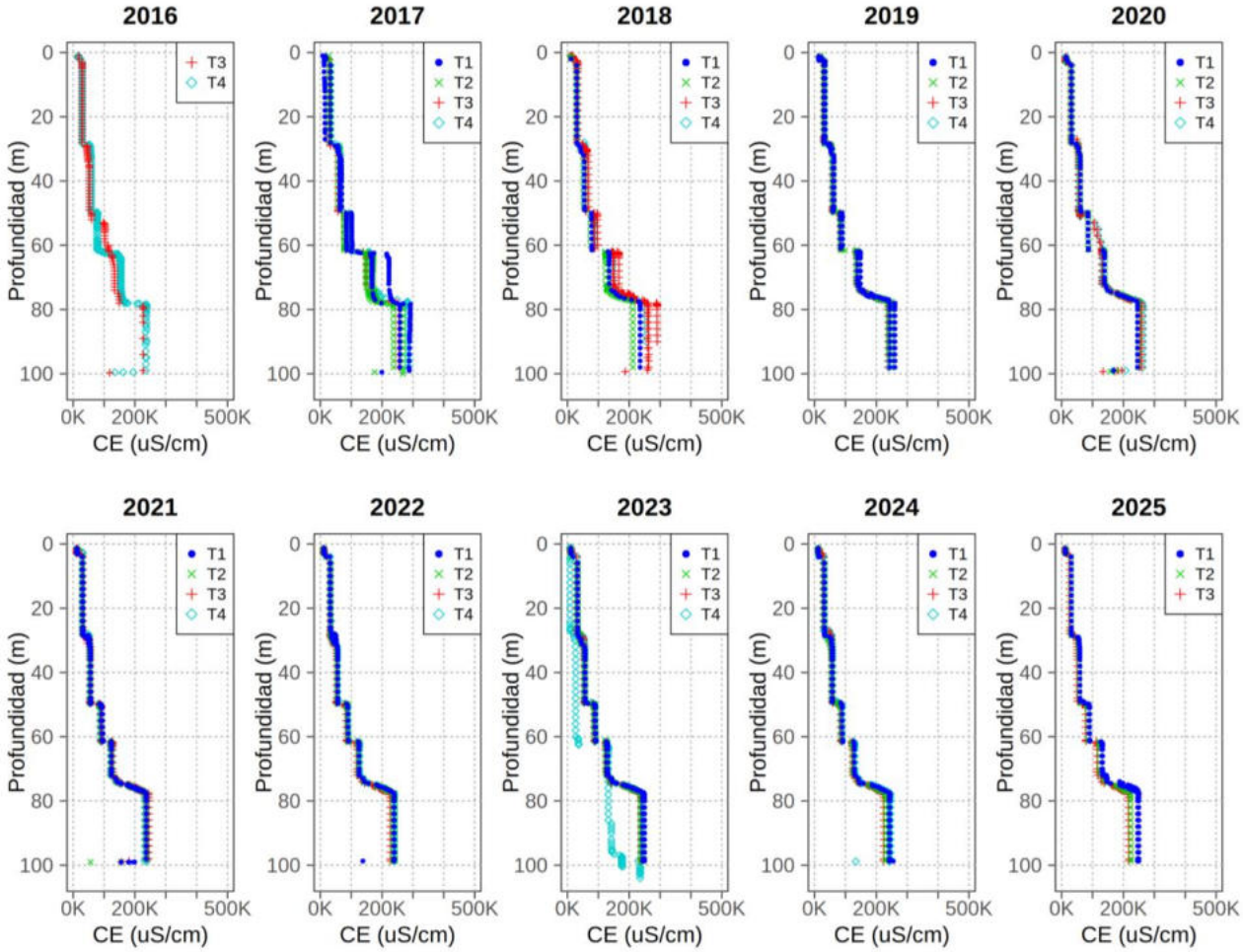


Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2.4 PP-01

El pozo PP-01 se ha mantenido estable con un comportamiento escalonado durante el registro histórico (Figura 6-81), aunque se observa mayor variación de conductividad en el año 2018. Se identifica la interfase salina en torno a los 80 m de profundidad con valores superiores a 200.000 µS/cm.

Figura 6-81 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-01



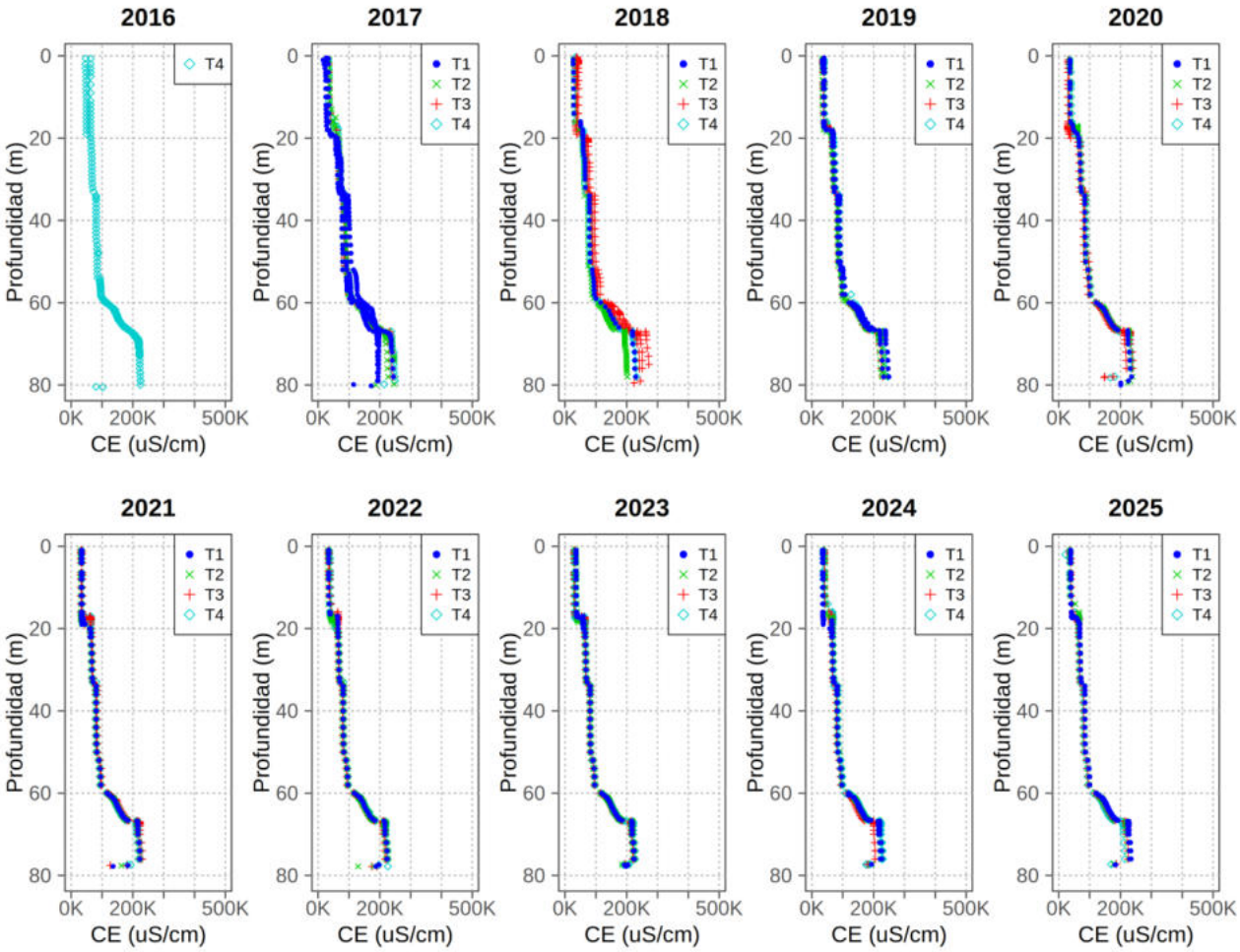
Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2.5 PP-02

En la Figura 6-82, se presentan los registros históricos desde el año 2016 al año 2025, donde es posible apreciar que la posición de la interfase salina no ha tenido variaciones importantes.

La zona de cambio de conductividades eléctricas se presenta entorno a los 20 m a 67 m de profundidad, con un aumento más pronunciado entre los 60 m y 67 m, a partir de aproximadamente los 67 m se registran valores superiores a los 200.000 µS/cm.

Figura 6-82 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-02



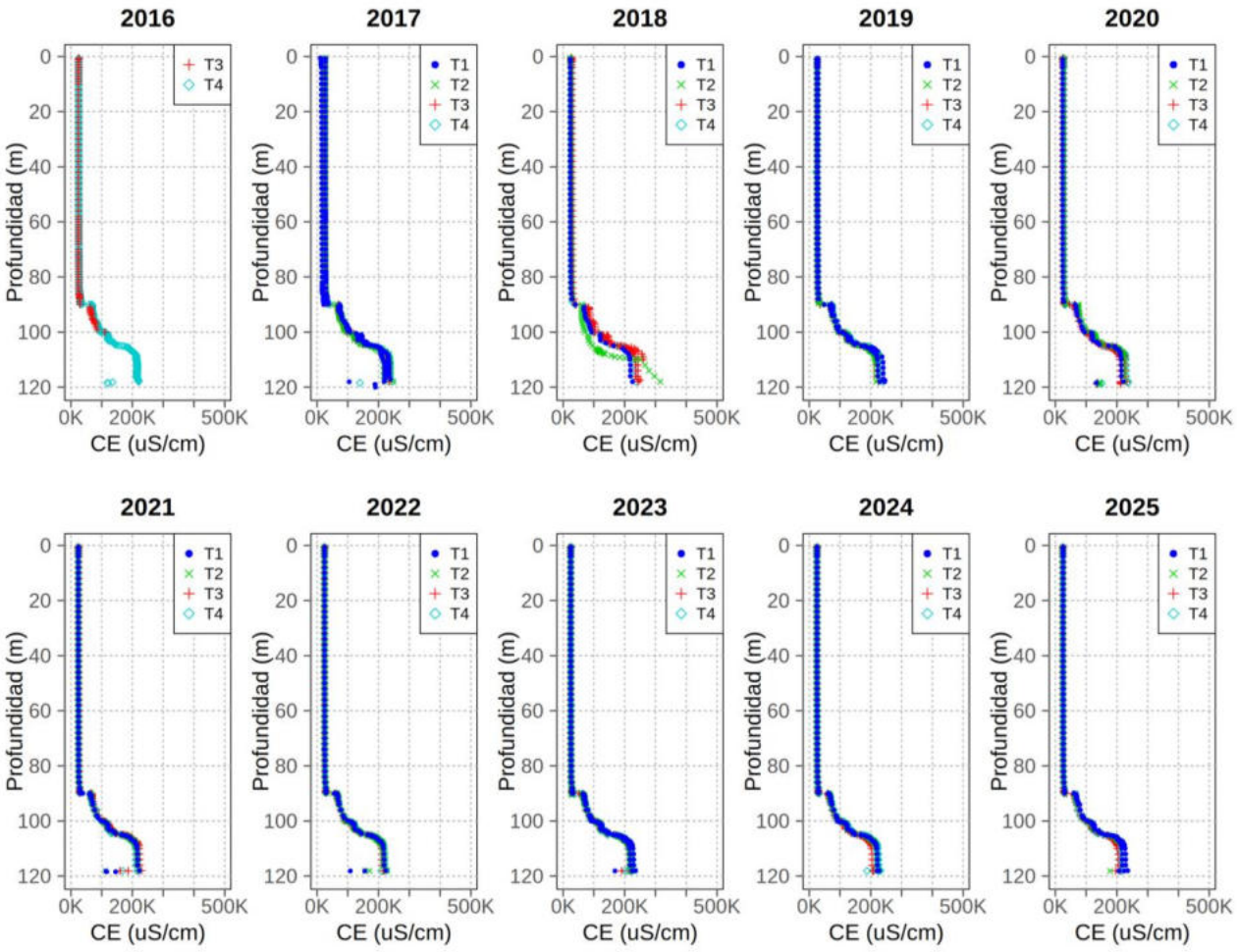
Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2.6 PP-03

El registro histórico no muestra variaciones en la posición de la interfase salina durante el período de registro (Figura 6-83), mostrando excepcionalmente variación en las medidas en el año 2018, a partir aproximadamente de los 90 m de profundidad, lo que podría ser producto del equipo de medición.

La interfase salina se presenta desde los 90 m hasta 110 m de profundidad aproximadamente, donde la conductividad eléctrica aumenta de manera gradual a valores por sobre los 200.000 µS/cm.

Figura 6-83 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-03



Fuente: Elaboración propia

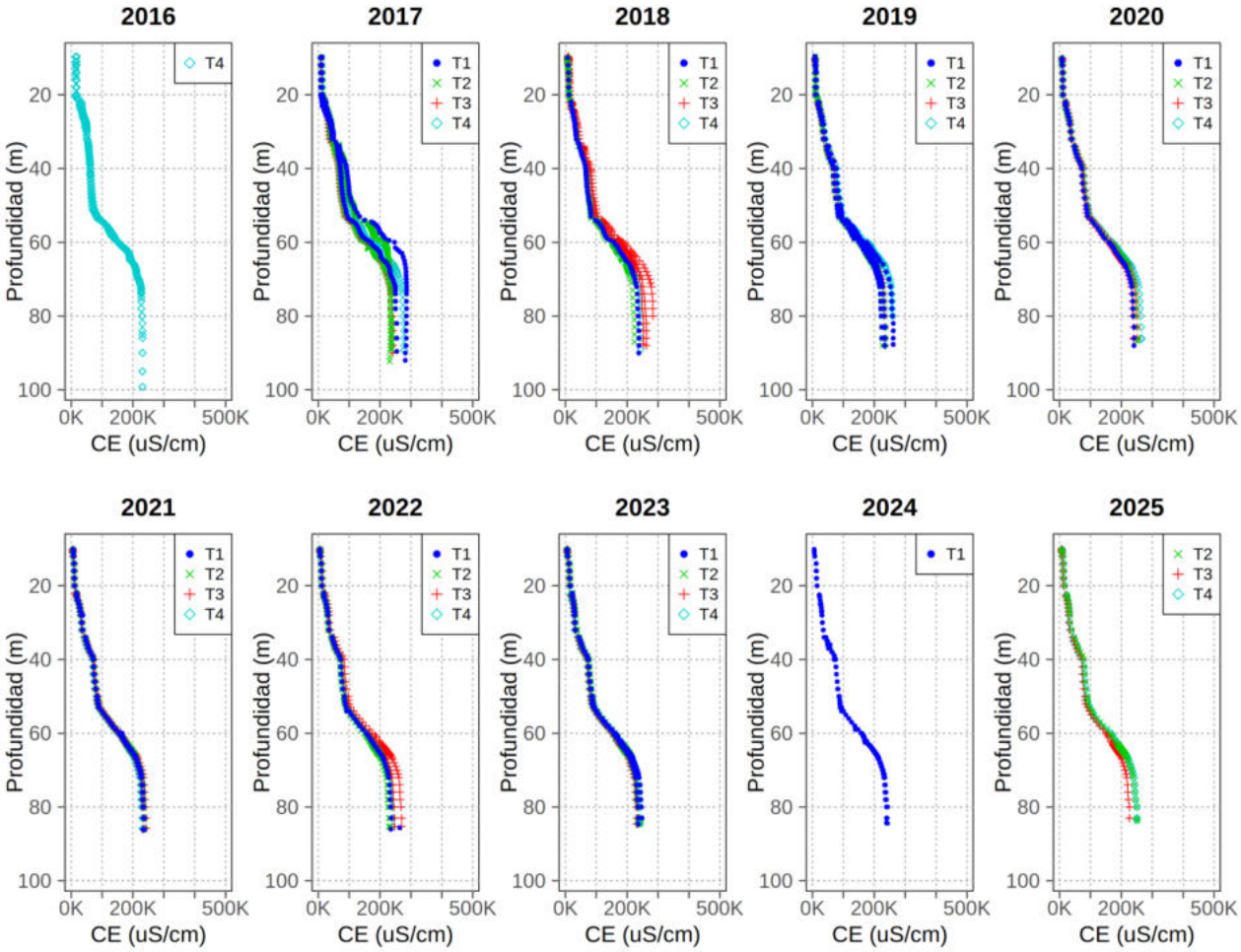
6.1.7.3 Sector Norte y Borde Este

En la Figura 5-59 del capítulo 5.7.3 se muestra la ubicación del punto comprometido para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el Norte y Borde Este, el cual corresponde al punto MP-12C. A continuación, se muestran los registros de profundidad y conductividad eléctrica obtenidos en las campañas históricas hasta el año 2025.

6.1.7.3.1 MP-12C

En los registros históricos del pozo MP-12C se observa un aumento gradual en la conductividad eléctrica entre los 50 m hasta los 70 m, alcanzando valores superiores a 200.000 µS/cm. La interfase salina se ha mantenido estable desde la perforación del pozo (Figura 6-84). No obstante, en 2024 solo se cuenta con registros correspondientes al primer trimestre, ya que el resto del periodo no se realizaron mediciones debido a restricciones de acceso establecidas por la comunidad de Socaire. El año 2025 solo se cuenta con datos en enero, febrero y noviembre, manteniendo la tendencia histórica.

Figura 6-84 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-12C



Fuente: Elaboración propia

6.1.7.1 Límite por variable

En general, para todos los puntos de monitoreo se han mantenido los rangos de profundidad, entre los cuales se presenta la variación de conductividad eléctrica que determina la profundidad de la salmuera. En términos generales, la interfase salina se ha mantenido en la misma posición, salvo algunas variaciones en MP-01C, MPS-AC y MPS-CC

6.1.8 Composición química del agua superficial y subterránea

En el presente subcapítulo se exhiben los resultados de composición química de las aguas en base al monitoreo histórico comprometido de frecuencia trimestral y, en algunos casos mensual, cuando se activan los PAT correspondientes en los puntos definidos en el PSAH. Los puntos de monitoreo se distribuyen en 3 sectores individualizados como:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este

La descripción de los resultados se realiza abordando su presentación por cada sector señalado. La ubicación de los puntos de monitoreo se presenta en la Figura 5-62, Figura 5-84 y Figura 5-106.

Como se menciona en la sección 5.8, la composición química de las aguas superficiales y subterráneas se obtiene a través de la medición de parámetros *in situ* y del muestreo de aguas para su análisis químico en laboratorio.

El total de puntos comprometidos en la RCA 21/2016 como parte de esta variable son 40, incluyendo puntos en aguas superficiales (vertientes, quebradas y lagunas) y subterráneas (piezómetros profundos y multipiezómetros).

En el Anexo H de este Informe se presentan los registros e información relacionada con la composición química de aguas, dentro de los cuales se encuentran todos los datos históricos de composición química *in situ* y de laboratorio, los certificados e informes emitidos por las ETFA, respaldos de calibraciones, estabilizaciones de parámetros *in situ* y cadenas de custodia de las campañas que se han realizado, en el marco del Proyecto.

Además, en la subsección 6.1.8.4 del presente capítulo, se presentan los resultados asociados a las tres captaciones de agua dulce – salobre, que forman parte del monitoreo interno y que fueron incluidas de manera voluntaria en el análisis químico que se realizaba en el marco de la RCA Nº92/2000, donde se monitorean la densidad y las concentraciones totales de calcio, litio, potasio, magnesio, sodio y sulfato en partes por millón (ppm). Estos puntos corresponden a los denominados Pozo Peine, Vertiente Tilopozo y Pozo Tucúcaro.

En las secciones siguientes se presentan los resultados en gráficos de cajas, estadígrafos y gráficas de evolución temporal para cada uno de los parámetros por sector de análisis y por tipología de parámetros (in situ, laboratorio, fisicoquímicos, cationes, aniones, elementos mayores, etc.). Algunas de las gráficas presentadas, dada la diferencia en los rangos de los valores para los diferentes tipos de aguas, se muestran en escala logarítmica. Se indica que para hacer uso de los registros en gráficos y estadígrafos de aquellos valores reportados como menores al límite de detección, se utilizó un tercio del valor de dicho límite.

Por otra parte, en salmueras se tienen valores históricos de conductividad eléctrica >300.000 µS/cm (en particular, años 2014, 2015 y 2017), los cuales no se consideran válidos ya que son datos obtenidos a partir de mediciones realizadas sobre muestras diluidas a cuyos resultados se les aplicó un factor de corrección lineal en función del número de diluciones, entregando resultados no representativos. En función de ello, se determinó dejar estos registros en la base

de datos como dato no utilizable para realizar gráficos en el análisis histórico. Estos datos se presentan en el Anexo H-8.

Relacionado con el párrafo precedente, se indica que entre los parámetros de sólidos totales disueltos (SDT) y conductividad eléctrica (CE) existe siempre una buena correlación hasta valores en torno a 200.000 µS/cm de conductividad. El conjunto de puntos analizados históricamente en el Salar presenta una línea de tendencia según la siguiente relación TDS=0,95*CE (ver sección 7.6.1 del Anexo 1 Adenda 5, que aprobó el Proyecto que da origen al presente PSAH). En cambio, en las muestras hipersalinas, por sobre 200.000 µS/cm, la correlación directa entre ambos parámetros es nula, dado que la conductividad es afectada por la composición específica de iones presentes en el agua (Custodio y Llamas, 2001). En dichos ambientes, si bien es posible determinar dos muestras con la misma salinidad, la conductividad puede ser significativamente diferente, dado que las especies iónicas presentan niveles de conductancia específica diferentes.

Cabe recalcar que los valores anómalos (ver Anexo H-8) identificados solo fueron excluidos de gráficos y tablas de estadígrafos (y por ende del análisis), pero en ningún caso fueron eliminados de la base de datos, que se presenta en el Anexo H (H-1 y H-3). En el Anexo H-8, se presentan en detalle todos los registros considerados anómalos.

A continuación, se presentan los resultados gráficos, estadígrafos, resultados tabulares y gráficas temporales para cada uno de los parámetros por sector de análisis y por tipo de grupo de parámetros.

Se hace Importante señalar que el análisis y descripción que se presenta de los resultados de cada parámetro hace énfasis en su comportamiento temporal y estadístico (medianas, máximos, mínimos) mediana. En caso de hablar de rangos en los sectores, se refiere fundamentalmente a los percentiles 25% (P25) y 75% (P75).

6.1.8.1 Sector La Punta – La Brava

La ubicación de los puntos de monitoreo de este sector se presenta en la Figura 5-62 del Capítulo 5.8.1, del presente informe.

6.1.8.1.1 Parámetros Fisicoquímicos *in situ*

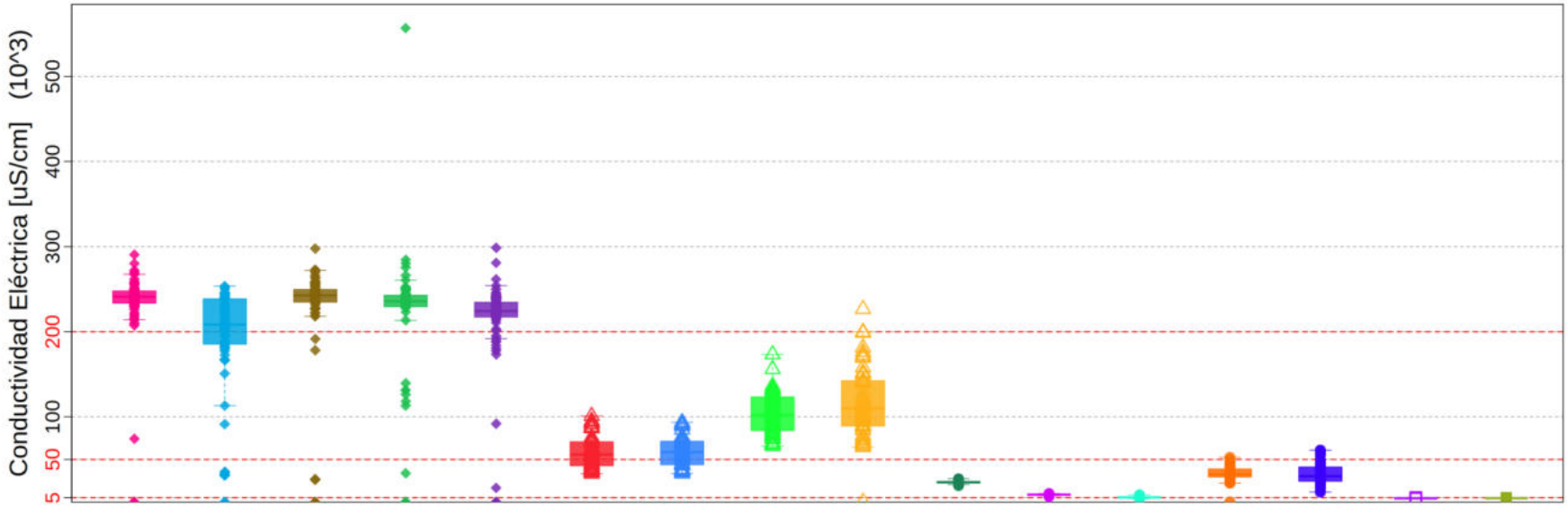
Conductividad eléctrica in situ

La conductividad eléctrica de terreno (CE) histórica del sector La Punta-La Brava se puede observar en la Figura 6-153 y Figura 6-154. Por un lado, respecto a las aguas superficiales intermedias se tienen 2 grupos, los puntos LM-01 y LM-02 (La Punta) presentan valores de CE con medianas de 55.765 µS/cm y 58.570 µS/cm, mientras que los puntos LM-03 y LM-04 (La Brava) presentan CE más elevadas con medianas de 103.600 µS/cm y 109.800 µS/cm, siendo estos 2 grupos aguas superficiales intermedias. Por otro lado, en el sur, el punto LM-16 (agua

superficial dulce), ubicado en Tilopozo, presenta los menores valores de CE en comparación con el resto de las aguas superficiales, registrando una mediana de 4.318 µS/cm.

Respecto a las aguas subterráneas, se observan 3 grupos principales. Los puntos de monitoreo de aguas subterráneas de salmuera (MP-01B, MP-03B, MP-04B, MP-05B y MP-06B) presentan medianas que varían entre los 208.550 µS/cm y los 242.697 µS/cm. Por otro lado, las aguas subterráneas salobres (MP-01A, MP-03A, MP-04A, MP-05A y MP-06A) muestran una CE con medianas entre 5.604 µS/cm (MP-04A) y 33.560 µS/cm (MP-05A). Finalmente, se tiene el pozo MP-09A (Agua subterránea dulce) con una mediana de 4.490 µS/cm.

Figura 6-85 Estadística de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava.



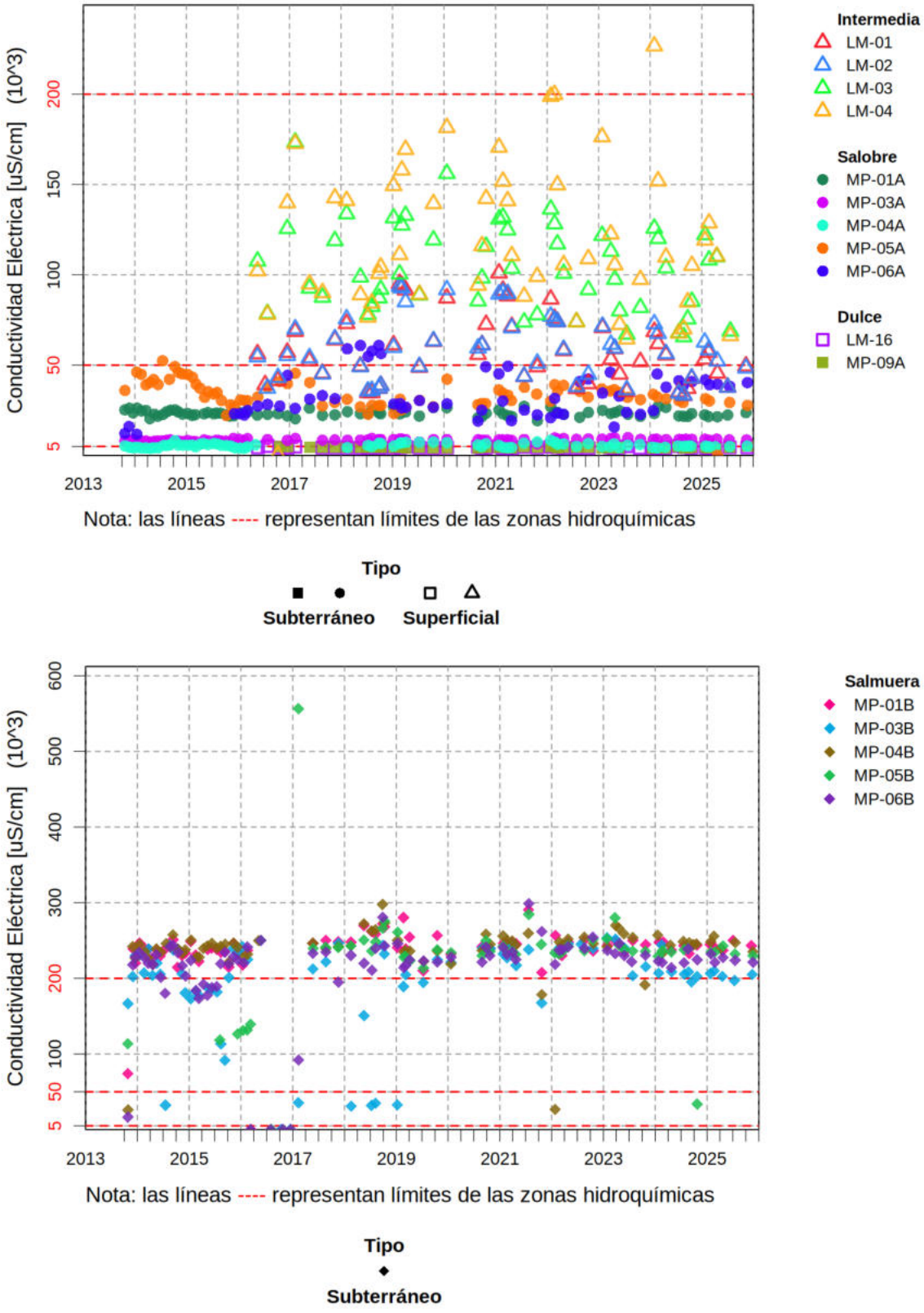
	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	82	82	83	59	83	54	50	52	53	83	78	76	79	60	52	49
RQ	14.325	52.900	14.950	13.690	17.466	27.364	27.163	38.255	53.400	1.955	803	1.644	9.545	16.490	441	189
Max	290.647	253.600	297.600	556.737	298.560	101.000	93.600	173.474	226.700	27.160	9.870	8.381	52.390	60.930	5.200	5.256
P75	248.000	238.725	249.700	243.040	234.716	70.269	71.265	122.850	142.600	24.250	8.931	6.386	38.920	41.070	4.646	4.587
Mediana	241.200	208.550	242.694	235.800	224.400	55.765	58.570	102.200	109.800	23.200	8.636	5.378	32.400	30.280	4.307	4.470
P25	233.675	185.825	234.750	229.350	217.250	42.906	44.102	84.595	89.200	22.295	8.128	4.741	29.375	24.580	4.205	4.398
Min	200	200	200	200	200	33.170	33.400	65.710	200	19.271	6.474	4.003	30	11.720	4.043	4.188
	Salmuera					Intermedia				Salobre					Dulce	

Nota: las líneas ---- representan límites de las zonas hidroquímicas

Período: oct-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

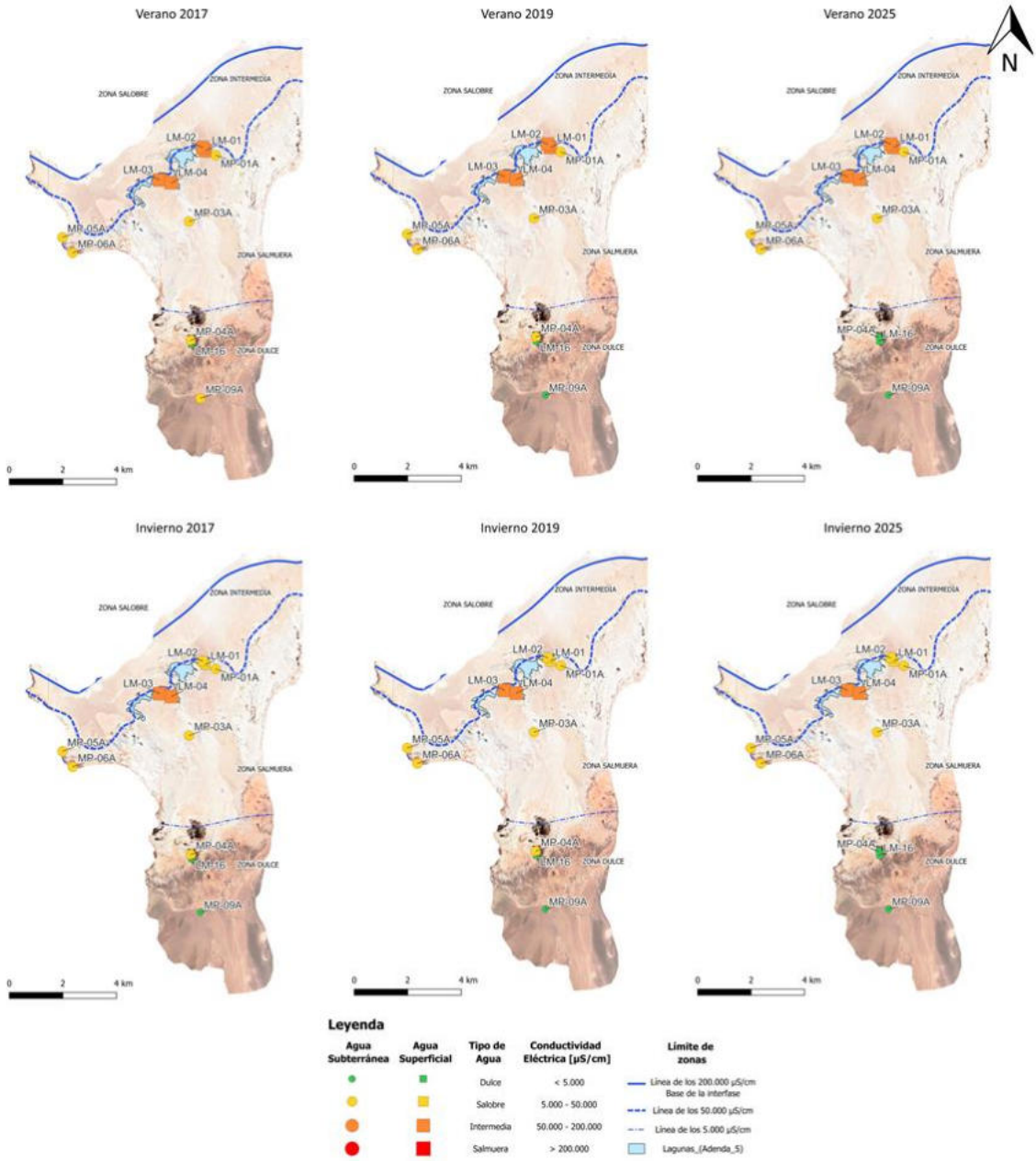
Figura 6-86 Variación temporal de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

La variabilidad temporal de la CE de terreno se puede observar en la Figura 6-86 y además en la Figura 6-87. En esta última se observa en planta la ubicación de los puntos y su CE de terreno en invierno/verano para los años 2017, 2019 y 2025. Estos mapas muestran que en invierno las CE, en particular de los puntos LM-01 y LM-02 bajan respecto al verano. A través de los años la única diferencia en los mapas ocurre en el punto MP-04A para el año 2025, debido a que este punto cuenta con valores muy cercanos al valor límite entre la zona de agua dulce y salobre (5.000 µS/cm).

Figura 6-87 Variabilidad estacional en sector La Punta-La Brava.



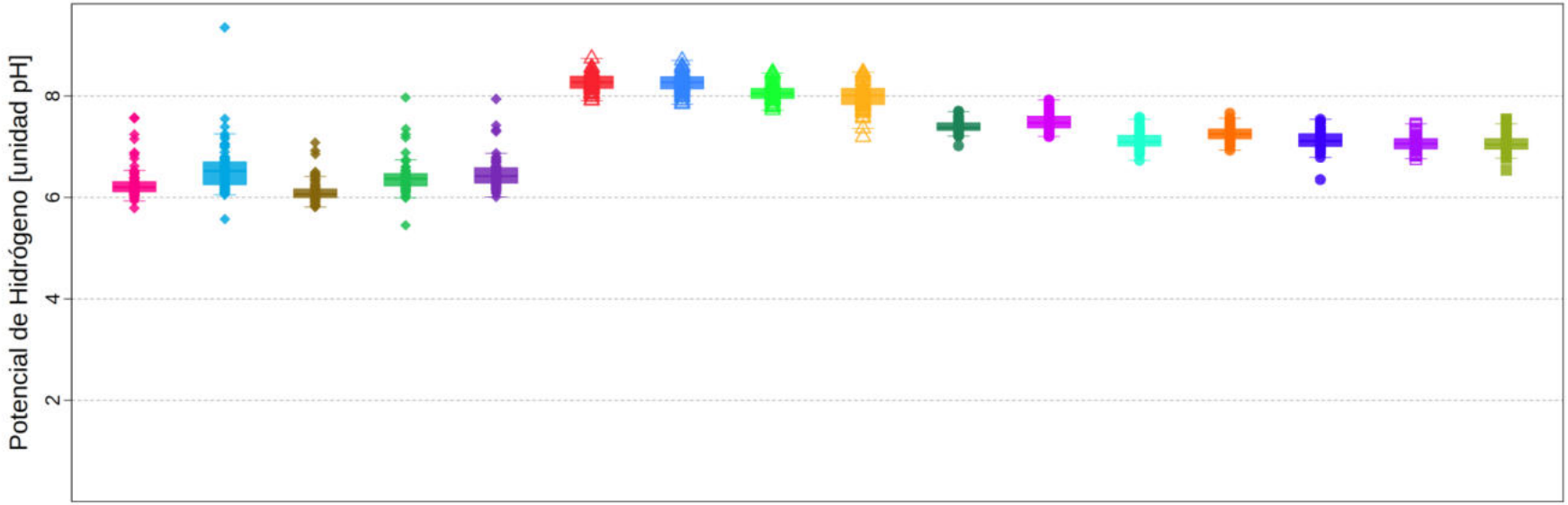
Fuente: Elaboración propia

pH in situ

Los resultados de pH de terreno para el Sector La Punta-La Brava presentan un muy leve grado de estacionalidad tanto en aguas superficiales como subterráneas, no tan claro como es el caso de la CE, además de mostrar un comportamiento distintivo entre aguas superficiales y subterráneas. Dentro de las aguas superficiales se observan 2 tendencias. La primera de ellas corresponde a los puntos LM-01, LM-02, LM-03 y LM-04, clasificados como aguas superficiales intermedias, las cuales presentan los pH más elevados del sector, con medianas entre 8,01 (LM-04) y 8,29 (LM-02). Por otro lado, el punto LM-16, se encuentra en el sector denominado Tilopozo, ubicado al sur del resto de los puntos de las lagunas, clasificado como agua superficial dulce, posee una mediana de pH de 7,06.

Respecto a las aguas subterráneas, la tendencia general muestra que poseen valores de pH más bajos que las aguas superficiales, con 2 grupos marcados. Por un lado, se tienen las aguas subterráneas de salmuera (MP-01B, MP-03B, MP-04B, MP-05B y MP-06B) con medianas entre 6,06 en el pozo MP-04B y 6,52 en el pozo MP-03B. Por otro lado, se tienen las aguas subterráneas salobres y dulce (MP-01A, MP-03A, MP-04A, MP-05A y MP-06A, MP-09A) con medianas entre 7,04 (MP-09A) y 7,47 (MP-03A). Se identifica que las muestras subterráneas de aguas dulce y salobre poseen valores de pH más elevados que las muestras subterráneas de salmuera. Las tendencias discutidas anteriormente se pueden observar en la Figura 6-88 y Figura 6-89.

Figura 6-88 Estadística del pH de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava.

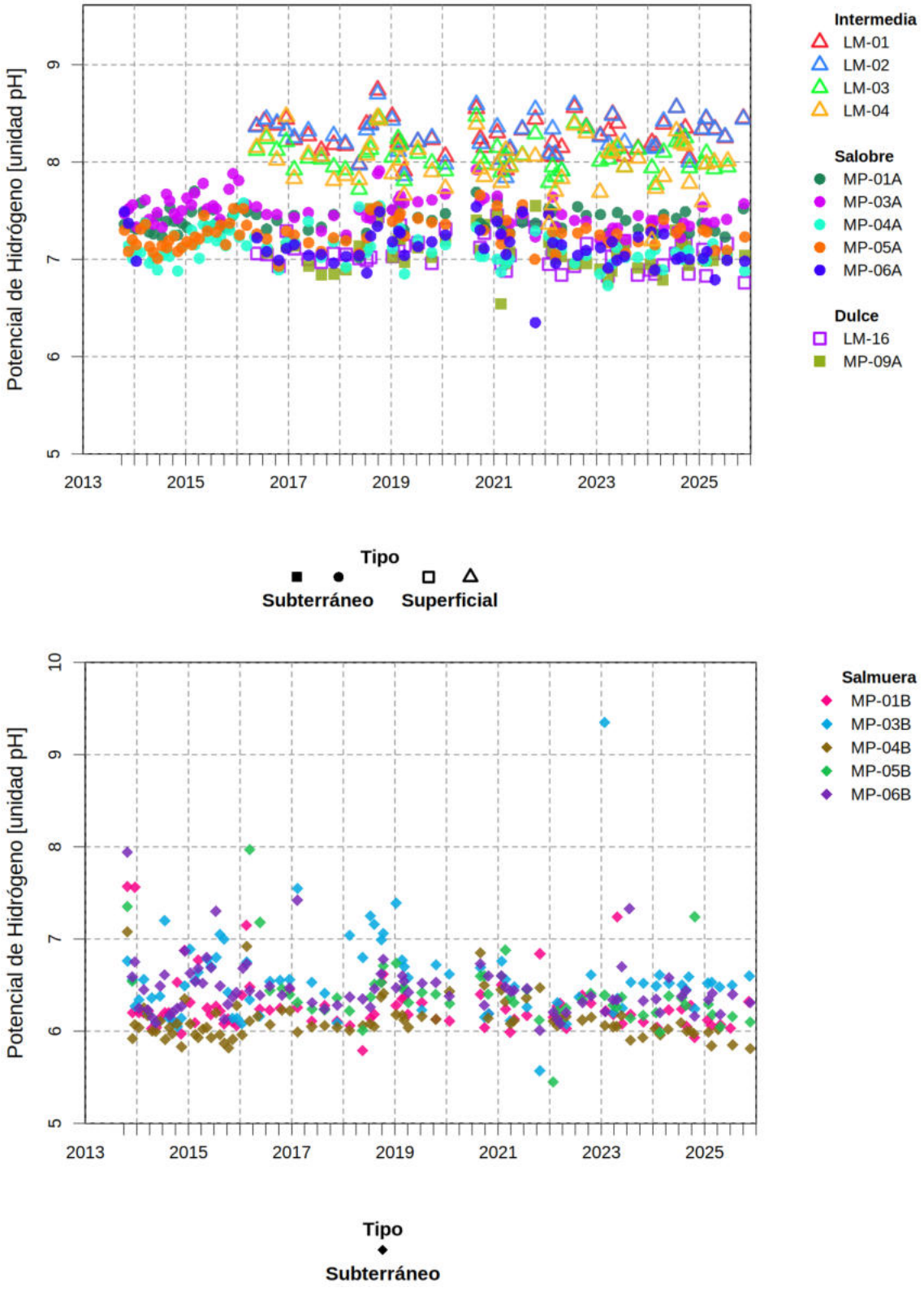


	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	82	82	84	56	83	53	49	53	53	78	78	80	79	56	51	53
RQ	0,20	0,45	0,16	0,24	0,30	0,24	0,24	0,20	0,32	0,15	0,23	0,21	0,19	0,24	0,21	0,21
Max	7,57	9,35	7,08	7,97	7,94	8,74	8,70	8,47	8,47	7,70	7,92	7,58	7,66	7,54	7,45	7,55
P75	6,31	6,70	6,16	6,46	6,58	8,39	8,38	8,15	8,15	7,47	7,60	7,22	7,35	7,25	7,16	7,16
Mediana	6,20	6,52	6,06	6,37	6,42	8,27	8,27	8,05	8,01	7,38	7,47	7,09	7,25	7,11	7,06	7,04
P25	6,11	6,25	6,00	6,23	6,28	8,15	8,14	7,95	7,83	7,32	7,37	7,01	7,16	7,01	6,96	6,95
Min	5,79	5,57	5,81	5,45	6,01	7,91	7,84	7,72	7,19	7,02	7,20	6,73	6,93	6,35	6,76	6,54
	Salmuera					Intermedia				Salobre					Dulce	

Período: oct-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-89 Variación temporal del pH de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.

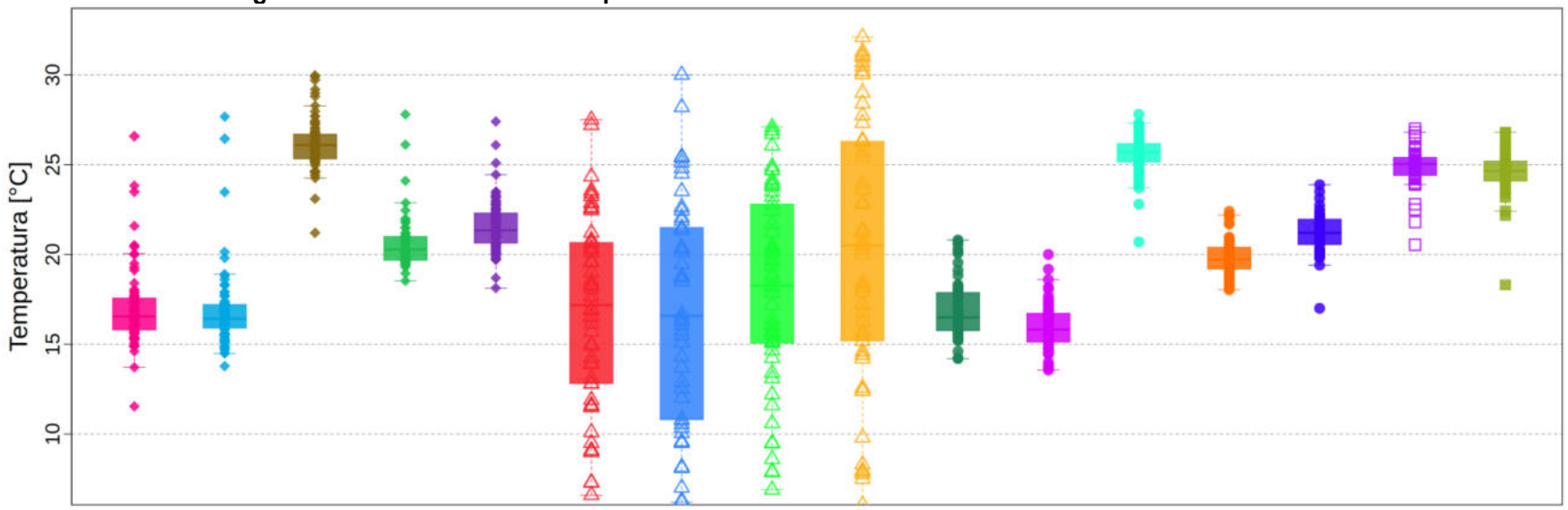


Fuente: Elaboración propia

Temperatura in situ

Los resultados de temperatura de terreno en las muestras del sector La Punta-La Brava indican que existe una variación estacional, con los mínimos detectados en los meses de invierno y los máximos en los meses de verano. Respecto a las aguas superficiales intermedias, se puede observar que estas cuentan con la variabilidad más alta, con medianas entre 16,26 °C (LM-03) y 20,5 °C (LM-04). El agua superficial dulce (LM-16) presenta temperaturas más elevadas, con una mediana de 25,05 °C. Respecto a las aguas subterráneas, estas cuentan con mínimos más altos que las aguas superficiales y con una variabilidad que no posee una relación clara respecto a su clasificación, con medianas que van desde 16,42 °C (MP-03B) y 26,09 °C (MP-04B). Este comportamiento de la temperatura en aguas subterráneas se explica dada la ubicación de los puntos, en donde las aguas más cálidas se ubican en la zona de surgencia en Tilopozo y en el acuífero aguas arriba. El comportamiento de la temperatura se puede observar en la Figura 6-90 y Figura 6-91.

Figura 6-90 Estadística de la temperatura de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava.

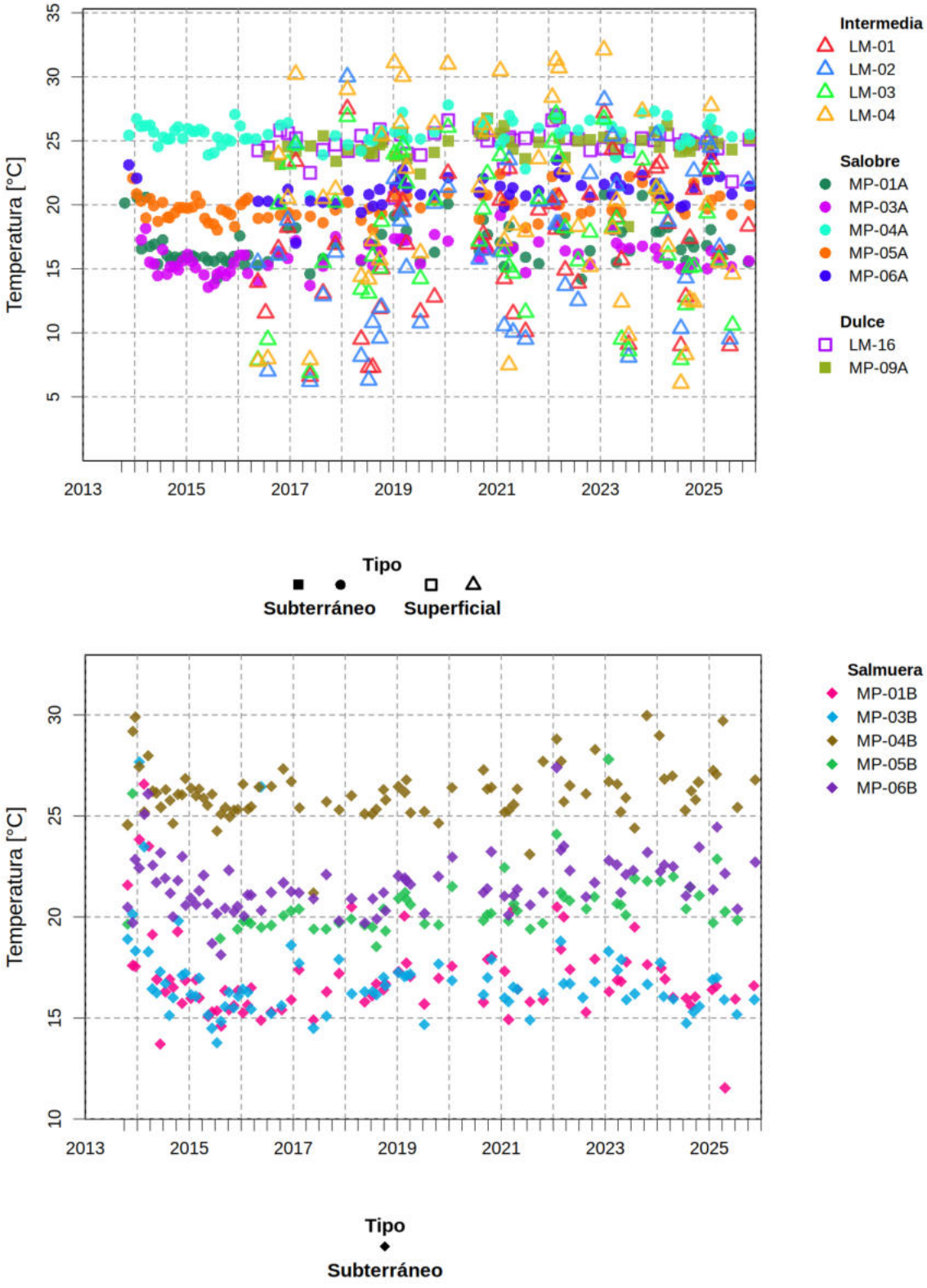


	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	82	81	84	58	83	54	50	53	53	79	76	80	79	53	53	52
RQ	1,77	1,31	1,38	1,32	1,68	7,76	10,37	7,74	11,12	2,13	1,57	1,03	1,21	1,41	1,00	1,11
Max	26,58	27,67	29,97	27,80	27,40	27,50	30,00	27,10	32,10	20,80	20,00	27,80	22,40	23,88	27,00	26,80
P75	17,57	17,21	26,70	21,00	22,30	20,65	21,47	22,80	26,30	17,88	16,70	26,17	20,40	21,96	25,40	25,20
Mediana	16,55	16,42	26,09	20,28	21,34	17,17	16,58	18,26	20,50	16,49	15,82	25,70	19,73	21,20	25,04	24,66
P25	15,80	15,90	25,32	19,68	20,63	12,88	11,10	15,06	15,18	15,76	15,14	25,14	19,19	20,55	24,40	24,09
Min	11,54	13,78	21,20	18,53	18,13	6,60	6,20	6,90	6,06	14,20	13,56	20,70	18,03	17,00	20,54	18,30
	Salmuera					Intermedia				Salobre					Dulce	

Período: oct-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-91 Variación temporal de la temperatura de terreno en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

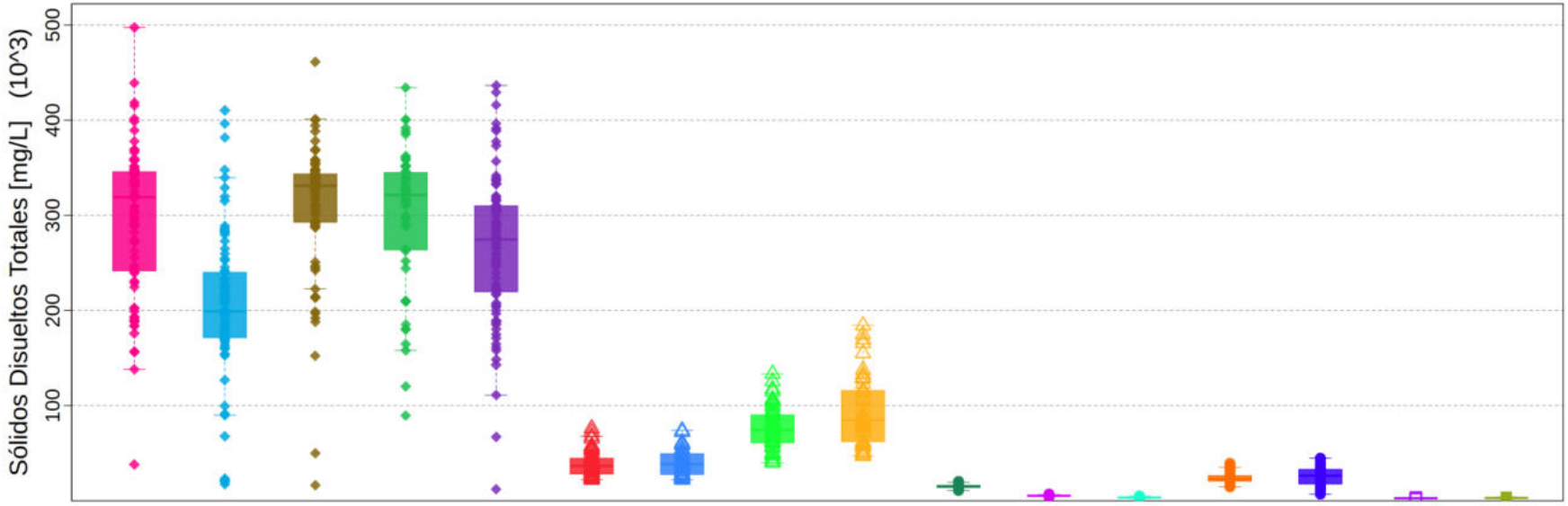
6.1.8.1.2 Parámetros Fisicoquímicos de laboratorio

Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 6-92 y Figura 6-93 se presentan los resultados de laboratorio del análisis de SDT en el Sector La Punta-La Brava, las cuales presentan un grado de estacionalidad, similar a lo observado en CE. Existe una importante diferencia en los SDT entre las muestras de aguas superficiales y subterráneas, con una clara estacionalidad la cual es más pronunciada para las muestras con SDT elevados. Respecto a las aguas superficiales, se observan medianas entre 2.640 mg/l en el punto LM-16 y 84.206 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan valores más elevados que las muestras superficiales de agua dulce, lo cual es consistente con la clasificación de estas aguas a partir de la CE.

Para las aguas subterráneas, se observa que existe un rango mucho más amplio en los SDT con medianas entre 2.942 mg/l en el pozo MP-09A y 342.000 mg/l en el pozo MP-04B. Las muestras subterráneas de salmuera son las que poseen los valores más elevados, seguido de las aguas subterráneas salobres y finalmente por la muestra de agua dulce subterránea.

Figura 6-92 Estadística de SDT en muestras de sector La Punta-La Brava.

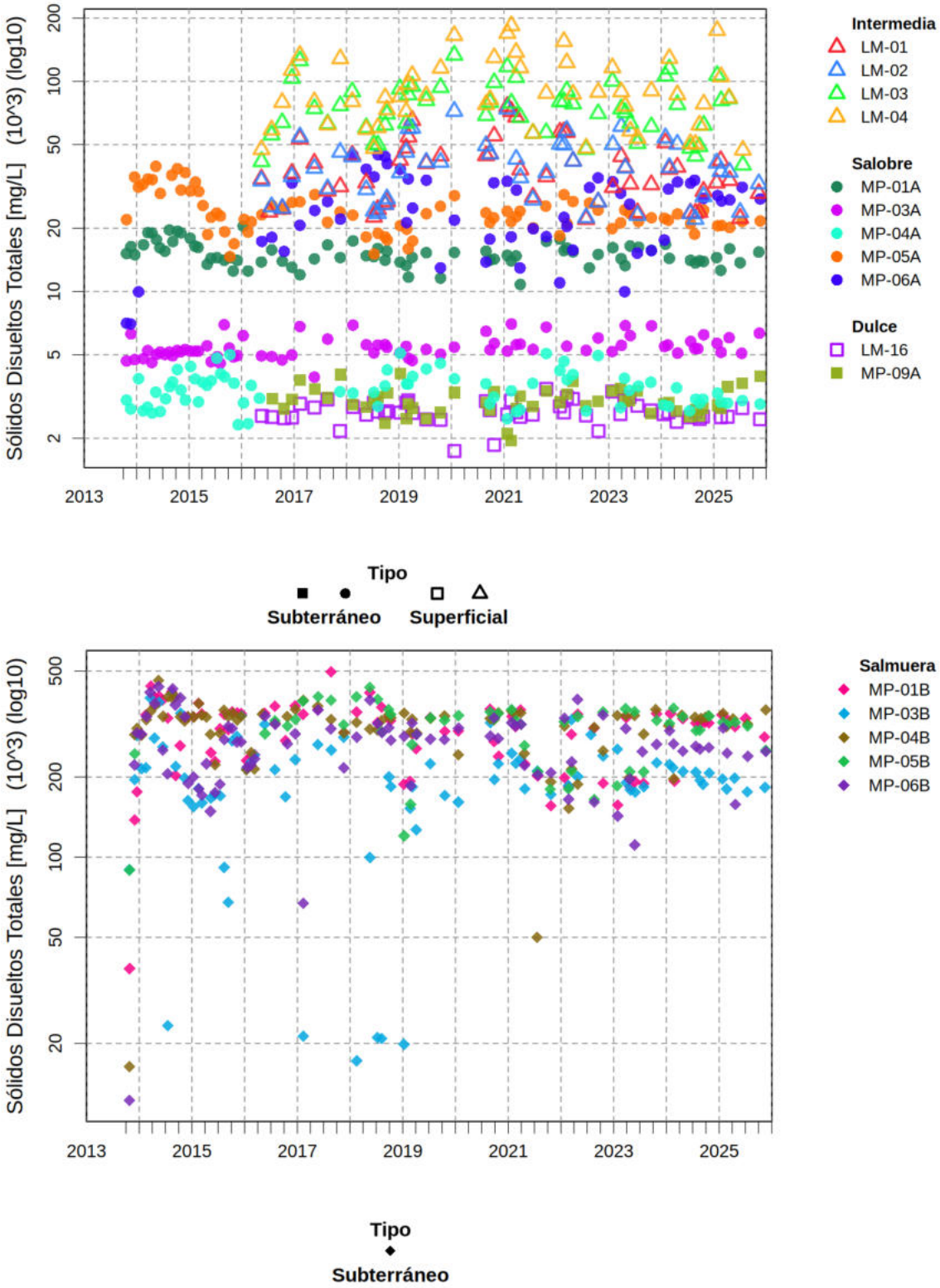


	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	83	82	84	55	83	53	49	53	51	77	75	75	79	56	53	52
RQ	104.076	66.940	49.879	81.322	90.379	16.492	21.834	29.320	53.867	2.187	620	895	5.800	15.280	334	535
Max	497.350	410.192	461.194	434.100	436.392	76.033	74.000	133.433	184.300	20.480	7.000	5.080	39.417	44.733	3.440	4.060
P75	345.700	238.520	342.969	344.964	309.923	44.630	49.467	90.220	115.934	16.207	5.639	3.835	26.410	32.975	2.858	3.310
Mediana	318.900	199.070	331.120	321.300	274.500	36.550	38.620	74.240	84.680	14.860	5.292	3.380	22.860	26.405	2.650	2.968
P25	241.624	171.580	293.090	263.642	219.544	28.138	27.633	60.900	62.066	14.020	5.020	2.940	20.610	17.695	2.524	2.775
Min	38.210	17.200	16.360	89.530	12.215	22.050	22.080	40.000	47.100	10.800	3.910	2.320	14.640	7.010	1.740	1.950
	Salmuera					Intermedia				Salobre					Dulce	

Período: oct-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-93 Variación temporal de SDT en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

Densidad

Con respecto a la densidad, se observa que en general esta sigue la misma tendencia que los SDT y CE. Los puntos monitoreados presentan en general leves diferencias relacionadas a la estacionalidad (principalmente aguas superficiales con valores más elevados a comienzos de año relacionados a precipitaciones del invierno altiplánica de cada año y a los efectos de la evaporación. Respecto a las aguas superficiales, se tienen medianas entre 1 g/ml en el punto LM-16 y 1,06 g/ml en el punto LM-04, siendo las muestras de aguas intermedias más densas que la muestra superficial de agua dulce.

Por parte de las aguas subterráneas, presentan un rango de densidades más amplio que las aguas superficiales, con medianas entre 1 g/ml en el pozo MP-09A y de 1,21 g/ml en el pozo MP-05B, en donde las muestras subterráneas de salmuera son notoriamente más densas que las aguas subterráneas dulces y salobres. Estos valores de densidad se observan en la Figura 6-94 y Figura 6-95.

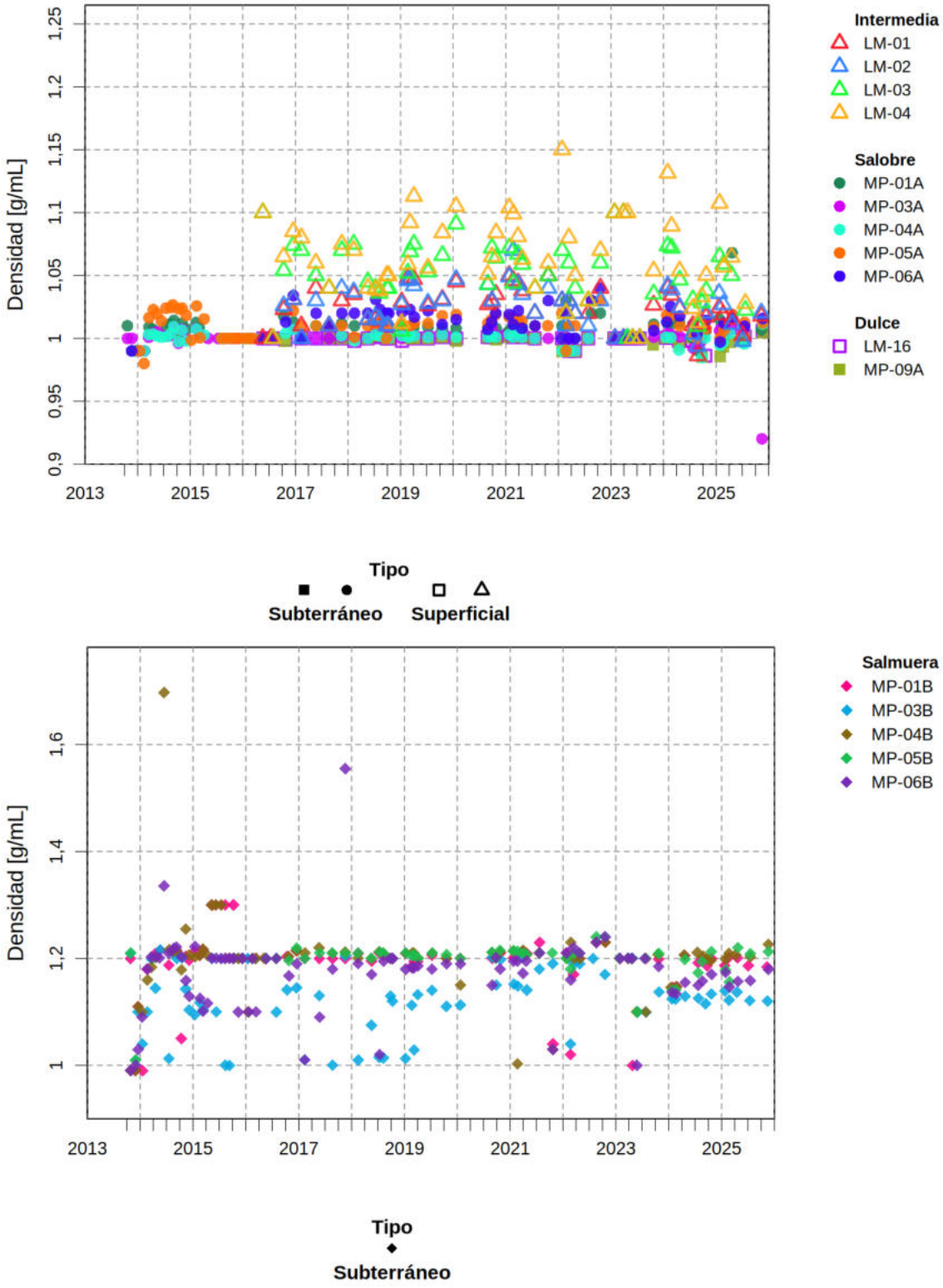
Figura 6-94 Estadística de la densidad en muestras de sector La Punta-La Brava.

	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	82	80	83	55	83	54	49	53	53	73	71	69	75	52	47	46
RQ	0,01	0,10	0,01	0,01	0,05	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
Max	1,30	1,22	1,70	1,24	1,55	1,05	1,07	1,10	1,15	1,07	1,01	1,01	1,03	1,04	1,01	1,00
P75	1,21	1,20	1,21	1,21	1,20	1,03	1,04	1,07	1,08	1,01	1,00	1,00	1,02	1,02	1,00	1,00
Mediana	1,20	1,14	1,20	1,21	1,19	1,02	1,03	1,05	1,06	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	1,00
P25	1,20	1,10	1,20	1,20	1,15	1,01	1,01	1,04	1,04	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,00
Min	0,99	1,00	0,99	1,01	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,92	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
	Salmuera					Intermedia				Salobre					Dulce	

Período: oct-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-95 Variación temporal de la densidad en muestras de sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

6.1.8.1.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

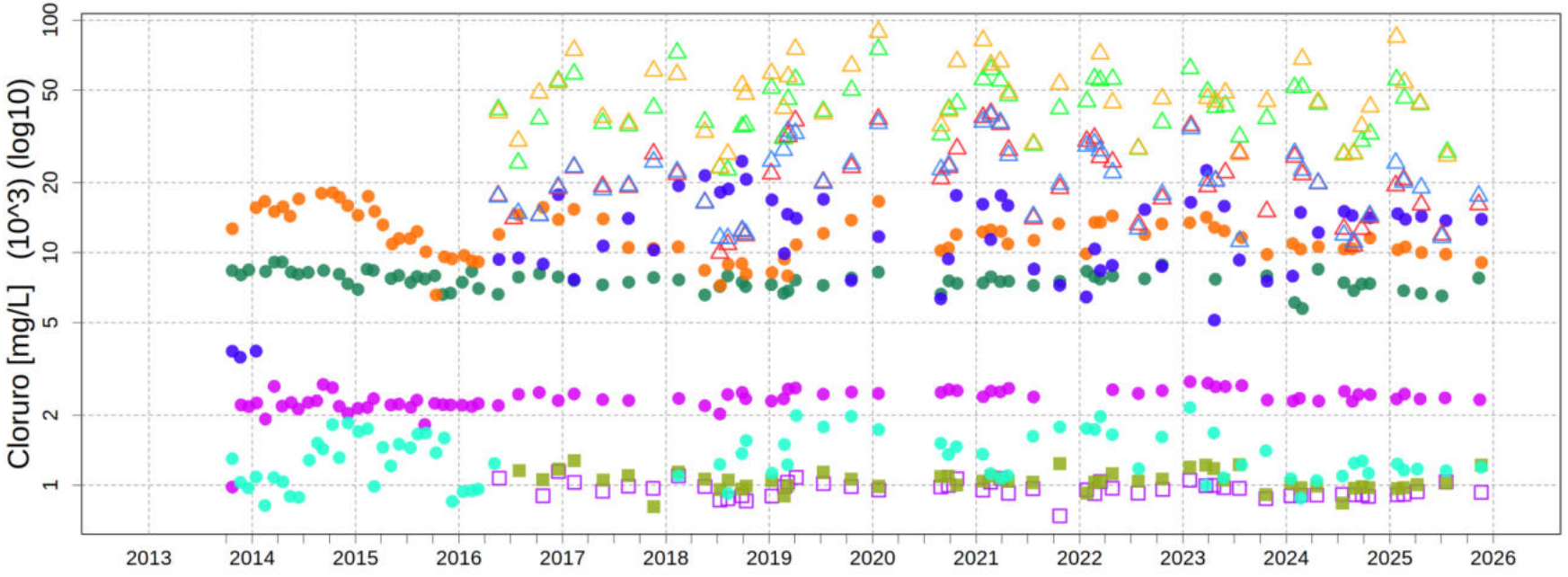
Aniones mayores

Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}). A modo general, los aniones presentan una estacionalidad apreciable en aguas superficiales pero difícil de determinar en aguas subterráneas.

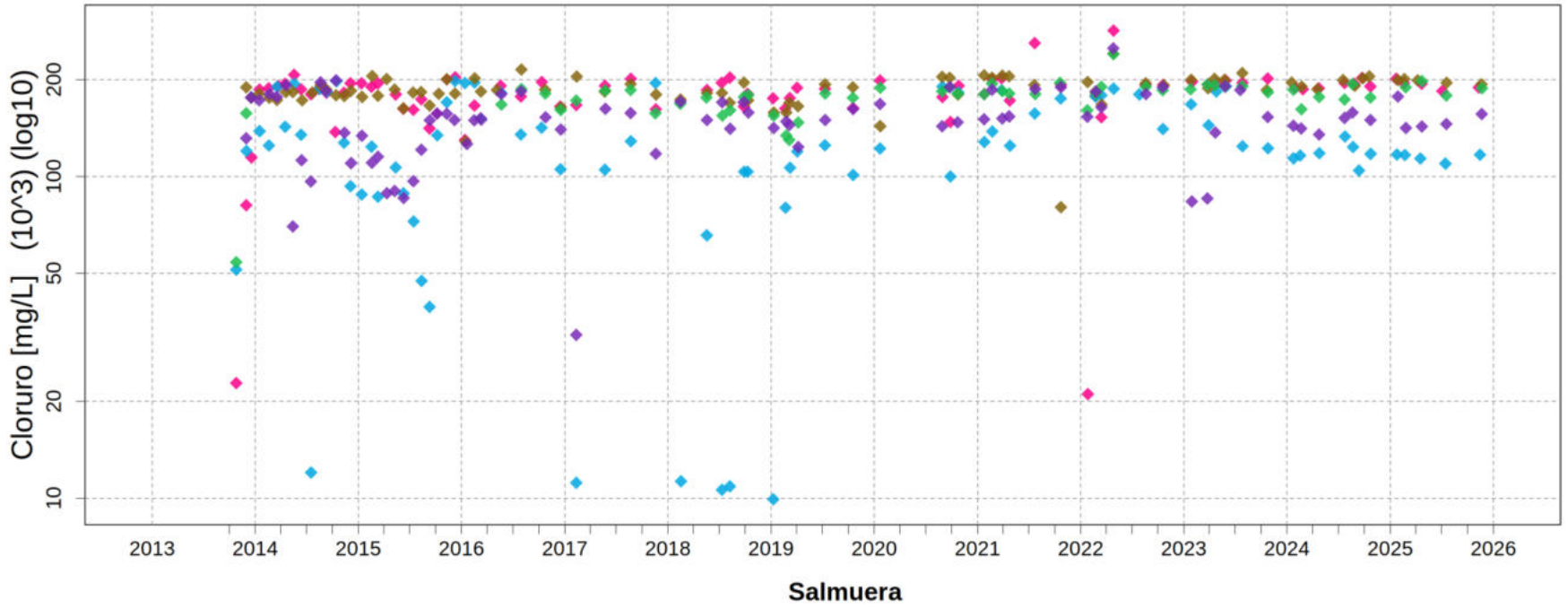
Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores, por lo que responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT, con un rango mucho más amplio en aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales. Las aguas superficiales presentan medianas de cloruro entre 952 mg/l en el punto LM-16 y 45.373 mg/l en el punto LM-04. De forma similar a otros parámetros analizados anteriormente, las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de cloruro mayores que las aguas superficiales dulces.

Respecto a las aguas subterráneas, poseen medianas entre 1.033 mg/l en el pozo MP-09A y de 199.300 mg/l en el pozo MP-04B, con las concentraciones de cloruro notoriamente más altas en muestras subterráneas de salmuera, respecto a las aguas subterráneas salobres y dulce. La tendencia de las concentraciones de cloruro se observa en la Figura 6-96.

Figura 6-96 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de cloruro en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01 △	LM-02 △	LM-03 △	LM-04 △	MP-01A ●	MP-03A ●	MP-04A ●	MP-05A ●	MP-06A ●	LM-16 □	MP-09A ■
N° Datos	54	50	53	49	75	78	76	79	56	53	52
RQ	11.138	10.712	16.635	23.045	751	283	517	3.779	7.212	89	110
Max	39.738	38.738	74.927	88.910	9.109	2.786	2.157	18.127	24.736	1.145	1.274
P75	26.437	25.882	51.424	59.132	8.005	2.505	1.599	13.930	16.006	998	1.097
Mediana	20.243	20.276	42.229	45.999	7.645	2.349	1.256	11.631	13.827	959	1.041
P25	15.299	15.170	34.789	36.087	7.254	2.222	1.083	10.151	8.794	909	988
Min	9.969	11.109	22.693	23.250	5.749	982	818	6.570	3.550	738	810



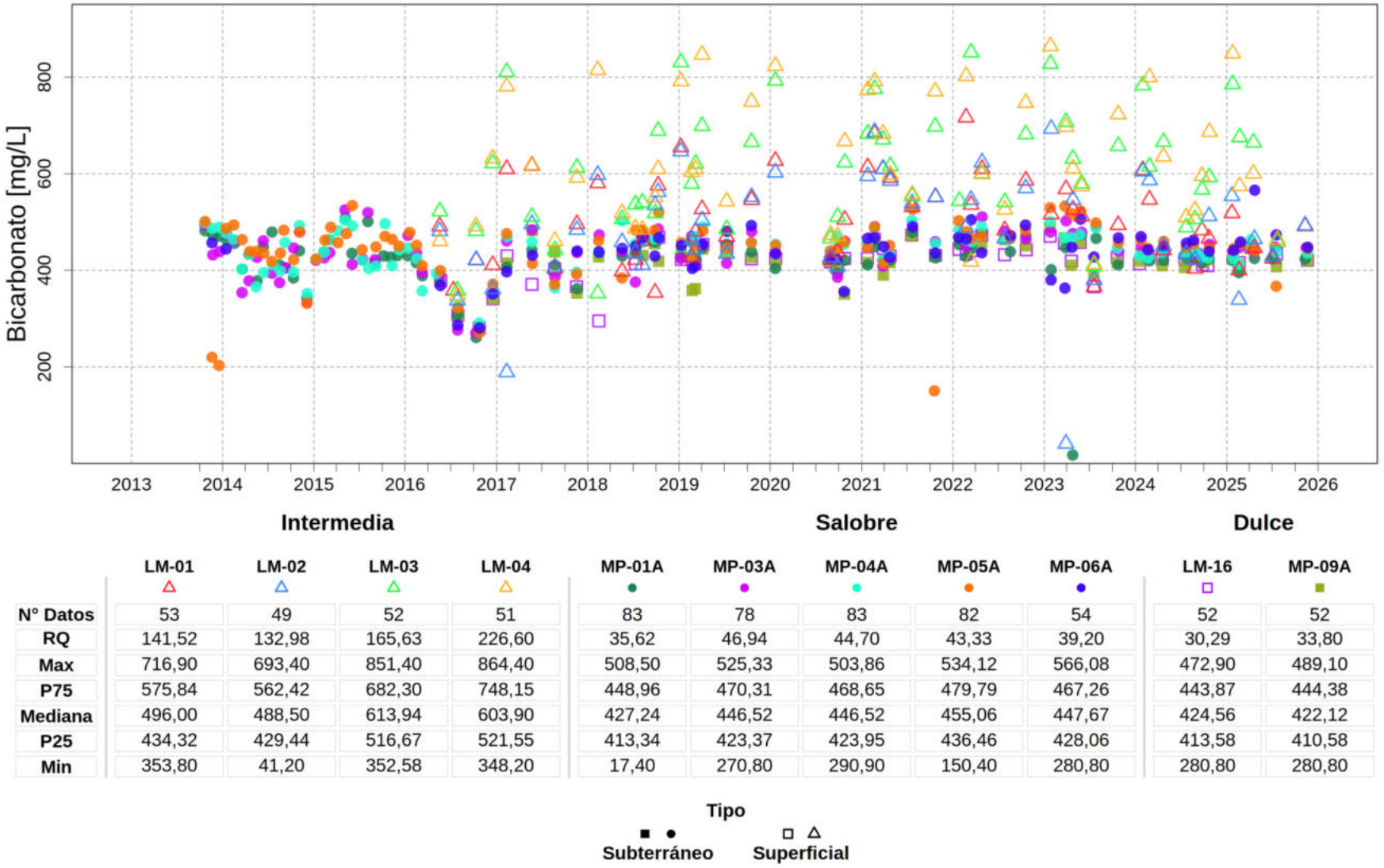
	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	82	82	83	54	82
RQ	22.291	69.027	20.755	19.099	35.292
Max	284.329	197.908	240.691	240.104	250.378
P75	194.861	173.560	199.273	188.326	172.079
Mediana	187.890	124.318	186.200	180.881	151.109
P25	172.570	104.533	178.518	169.227	136.787
Min	21.088	9.917	80.225	54.152	32.176

Tipo
Subterráneo

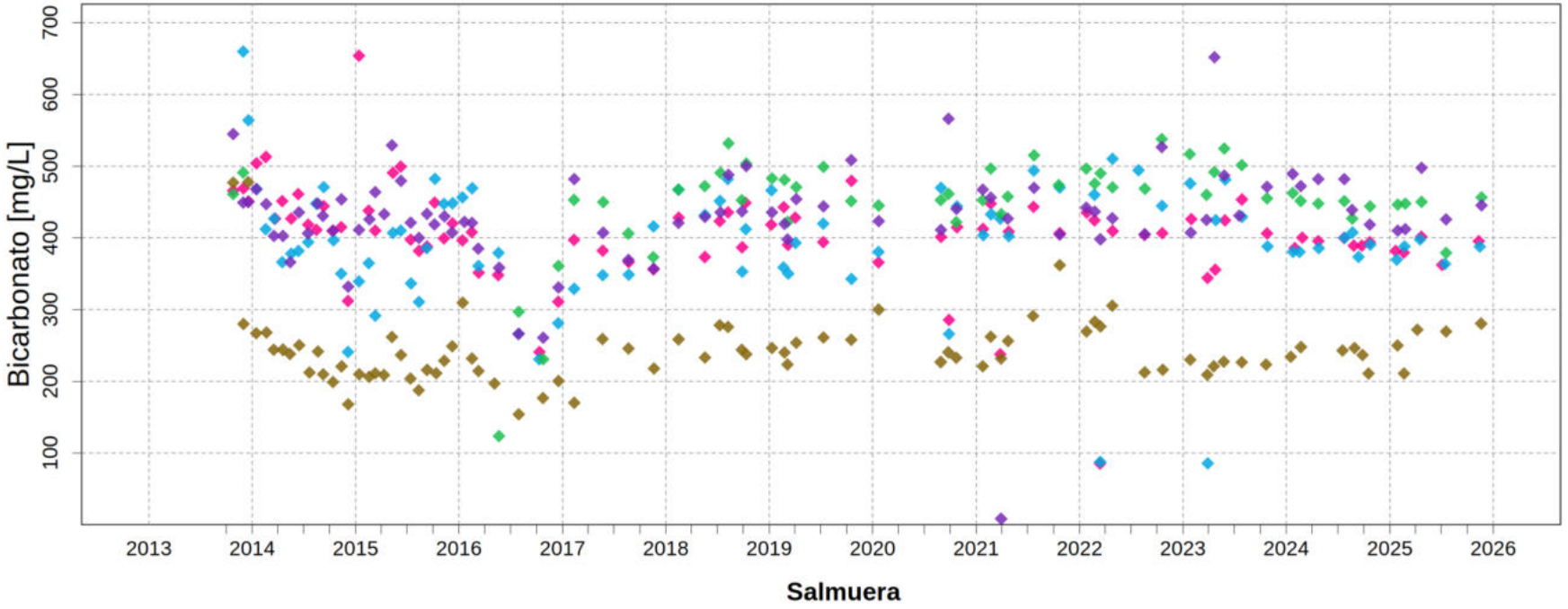
Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de bicarbonatos poseen una diferencia notoria entre aguas superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales presentan concentraciones de bicarbonato mayores, con medianas desde 443 mg/l en el punto LM-16 a 614 mg/l en el punto LM-03. Las aguas superficiales intermedias presentan concentraciones de bicarbonato mayores que las aguas superficiales de agua dulce. Las aguas subterráneas poseen medianas desde 237,9 mg/l en el pozo MP-04B hasta 455,06 mg/l en el punto MP-05B. Las concentraciones de bicarbonato se observan en la Figura 6-97.

Figura 6-97 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de bicarbonato en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01 △	LM-02 △	LM-03 △	LM-04 △	MP-01A ●	MP-03A ●	MP-04A ●	MP-05A ●	MP-06A ●	LM-16 □	MP-09A ■
N° Datos	53	49	52	51	83	78	83	82	54	52	52
RQ	141,52	132,98	165,63	226,60	35,62	46,94	44,70	43,33	39,20	30,29	33,80
Max	716,90	693,40	851,40	864,40	508,50	525,33	503,86	534,12	566,08	472,90	489,10
P75	575,84	562,42	682,30	748,15	448,96	470,31	468,65	479,79	467,26	443,87	444,38
Mediana	496,00	488,50	613,94	603,90	427,24	446,52	446,52	455,06	447,67	424,56	422,12
P25	434,32	429,44	516,67	521,55	413,34	423,37	423,95	436,46	428,06	413,58	410,58
Min	353,80	41,20	352,58	348,20	17,40	270,80	290,90	150,40	280,80	280,80	280,80



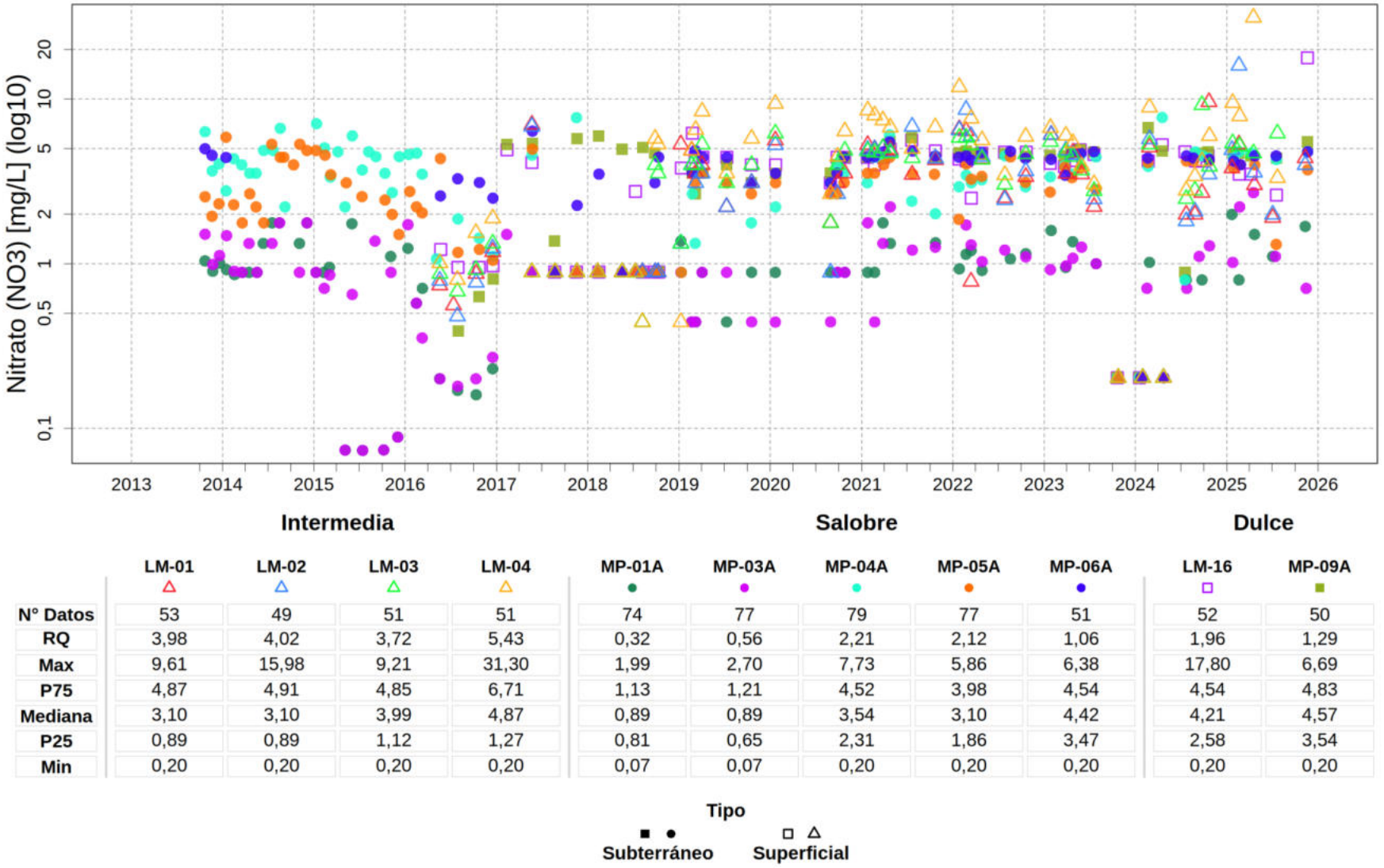
	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	83	81	83	55	83
RQ	45,58	84,18	44,89	39,48	51,30
Max	653,92	660,00	478,00	537,70	651,80
P75	431,71	447,74	260,04	486,61	459,94
Mediana	406,70	397,72	237,90	457,50	430,66
P25	386,13	363,56	215,15	447,13	408,64
Min	85,30	85,60	153,90	123,50	8,30

Tipo
Subterráneo

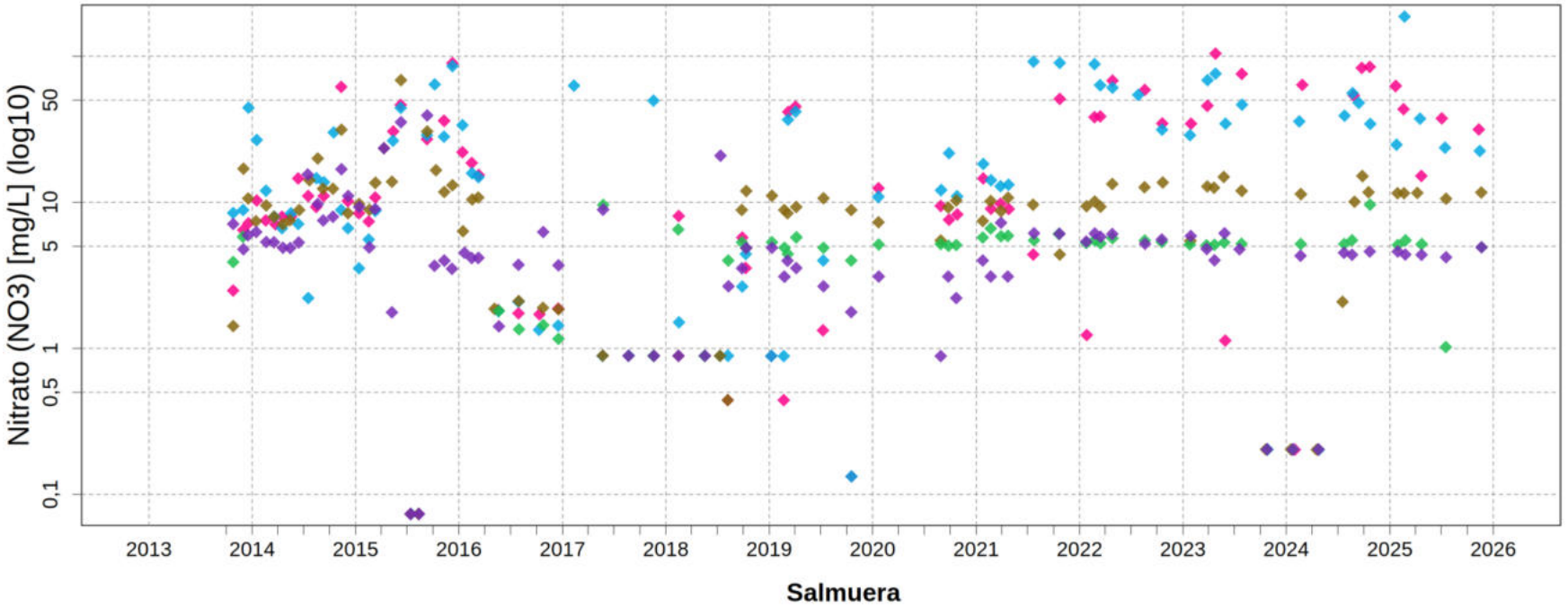
Fuente: Elaboración propia

Los valores del nitrato presentan gran variabilidad entre aguas superficiales y subterráneas. En aguas superficiales se tienen concentraciones de nitrato en general menores, con medianas desde 3,06 mg/l (LM-01) y 4,47 mg/l en el punto LM-04, sin una tendencia clara entre los distintos tipos de agua. Respecto a las aguas subterráneas, las medianas varían entre 0,89 mg/l (MP-01A y MP-03A) y 14,87 mg/l en el punto MP-03B. Destacan altas concentraciones de nitrato en aguas subterráneas de salmuera, en particular los puntos MP-01B (mediana de 9,78 mg/l), MP-03B (mediana de 14,87 mg/l) y MP-04B (mediana de 9,68 mg/l),). Las concentraciones de nitrato se observan en la Figura 6-98.

Figura 6-98 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de nitrato en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	53	49	51	51	74	77	79	77	51	52	50
RQ	3,98	4,02	3,72	5,43	0,32	0,56	2,21	2,12	1,06	1,96	1,29
Max	9,61	15,98	9,21	31,30	1,99	2,70	7,73	5,86	6,38	17,80	6,69
P75	4,87	4,91	4,85	6,71	1,13	1,21	4,52	3,98	4,54	4,54	4,83
Mediana	3,10	3,10	3,99	4,87	0,89	0,89	3,54	3,10	4,42	4,21	4,57
P25	0,89	0,89	1,12	1,27	0,81	0,65	2,31	1,86	3,47	2,58	3,54
Min	0,20	0,20	0,20	0,20	0,07	0,07	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20



	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	79	82	83	53	82
RQ	34,96	33,56	6,06	1,50	2,89
Max	104,08	186,91	68,61	9,61	39,40
P75	36,81	37,21	11,97	5,49	6,08
Mediana	9,44	14,36	9,62	5,18	4,60
P25	1,85	3,65	5,91	3,99	3,20
Min	0,07	0,07	0,07	0,20	0,07

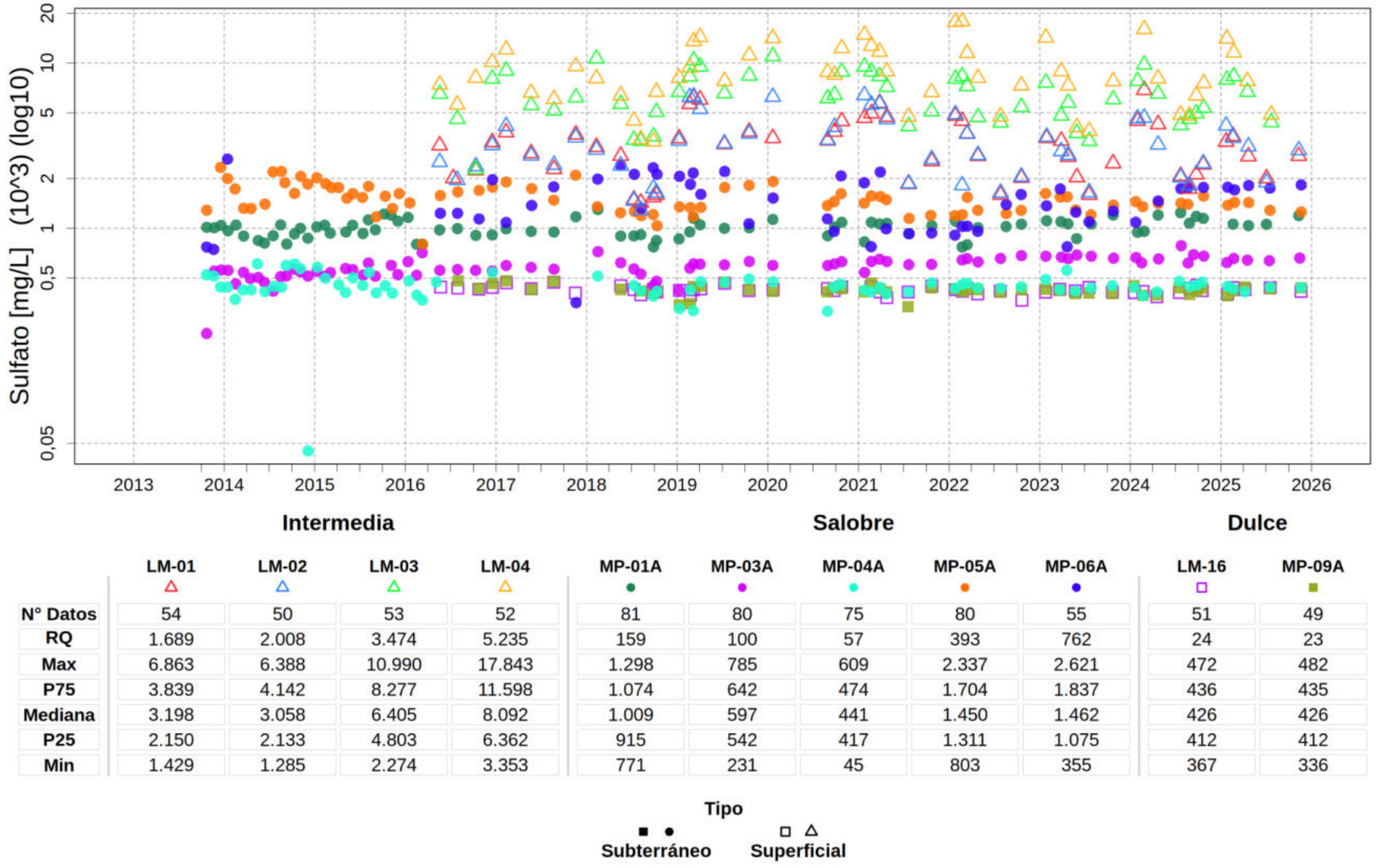
Tipo

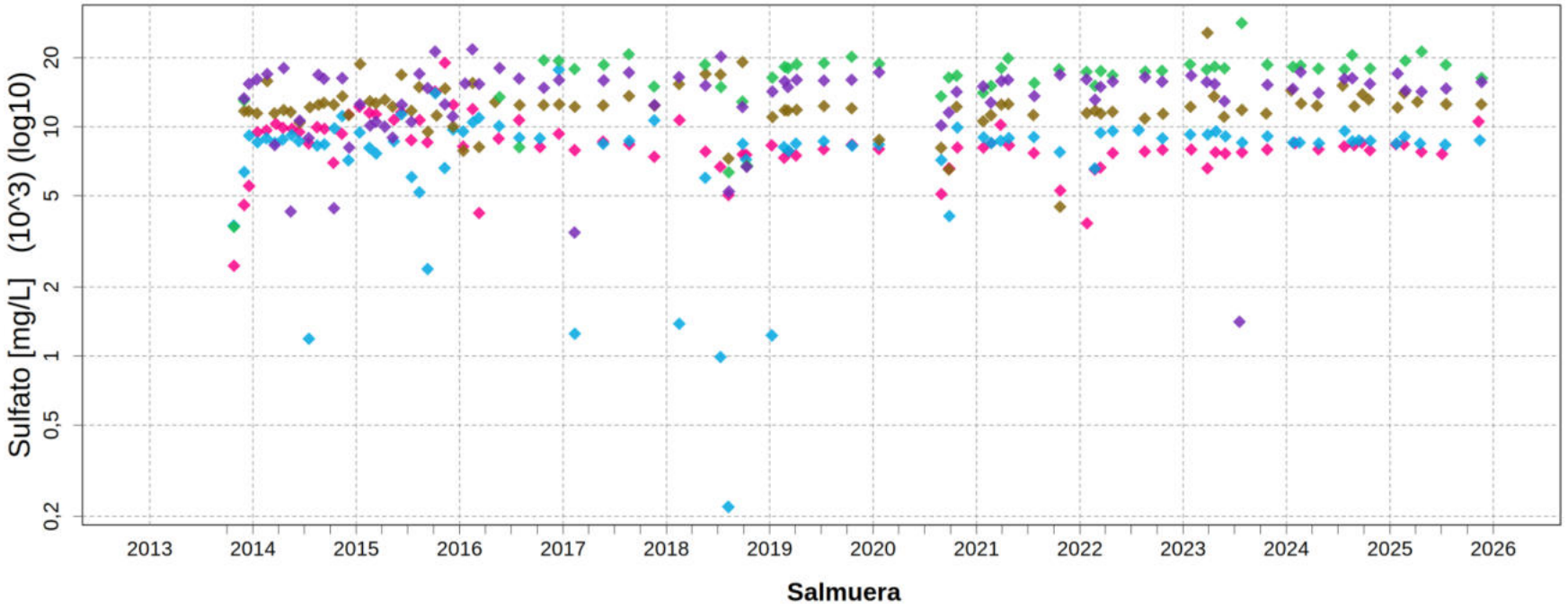
Subterráneo

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sulfatos, al igual que en el caso de los cloruros, existe un rango mucho más amplio en las aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales. Las aguas superficiales poseen medianas entre 425 mg/l en el punto LM-16 y 8.050 mg/l en el punto LM-04. Se observan concentraciones de sulfato mayores en las aguas superficiales intermedias respecto a aguas superficiales salobres y dulce. Respecto a aguas subterráneas, se tienen concentraciones de sulfato con medianas entre 426 mg/l en el punto MP-09A y valores máximos de 17.898 mg/l en el punto MP-05B, con las concentraciones más altas en las aguas subterráneas de salmuera. Las concentraciones de sulfato se pueden observar en la Figura 6-99.

Figura 6-99 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sulfato en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.





	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	82	82	83	53	82
RQ	1.947	1.285	1.458	3.197	3.700
Max	19.005	17.697	25.684	28.302	21.740
P75	9.601	9.193	12.864	18.673	16.181
Mediana	8.194	8.642	12.225	17.874	15.178
P25	7.654	7.908	11.405	15.476	12.481
Min	2.480	220	4.476	3.663	1.412

Tipo

Subterráneo

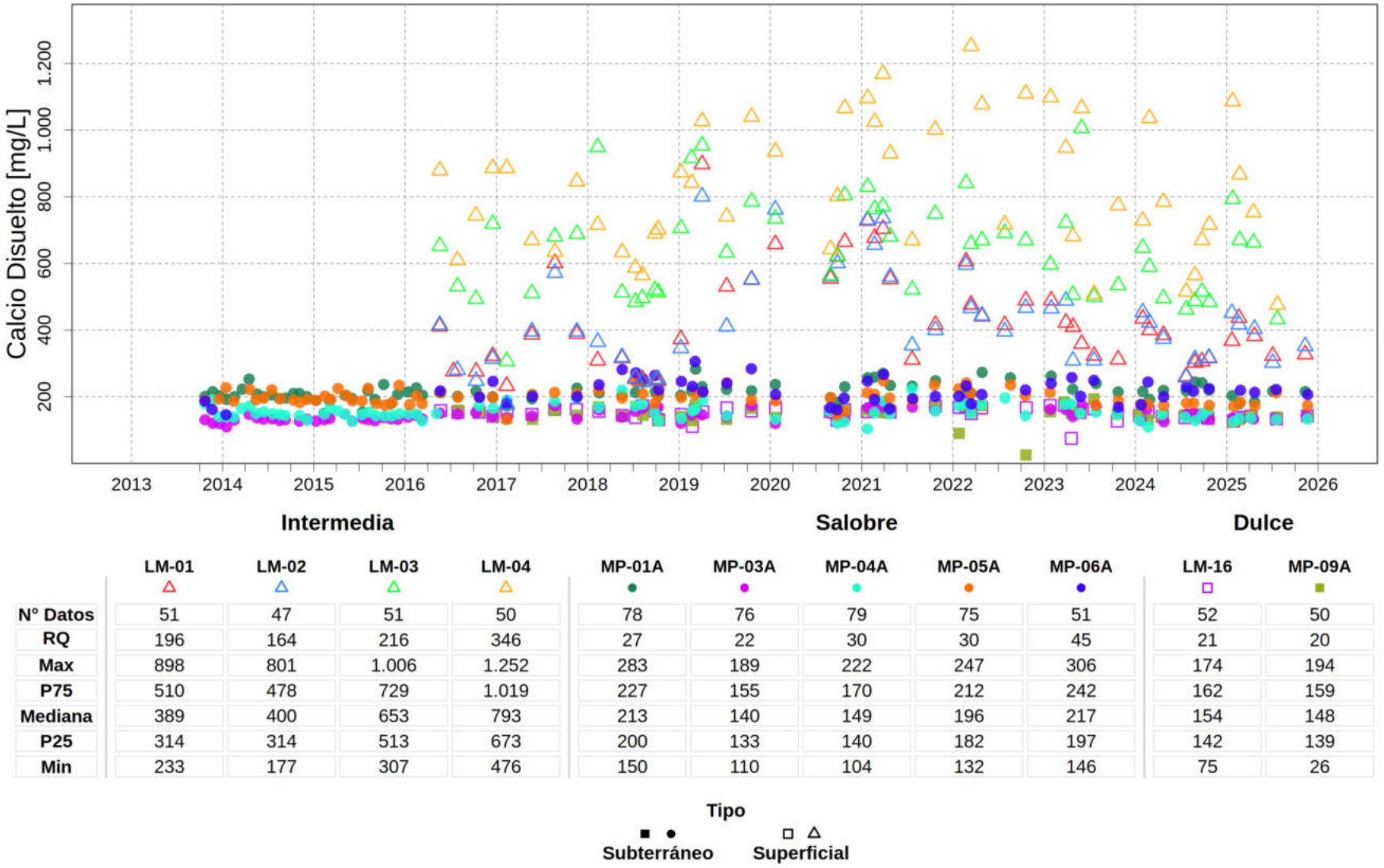
Fuente: Elaboración propia

Cationes mayores

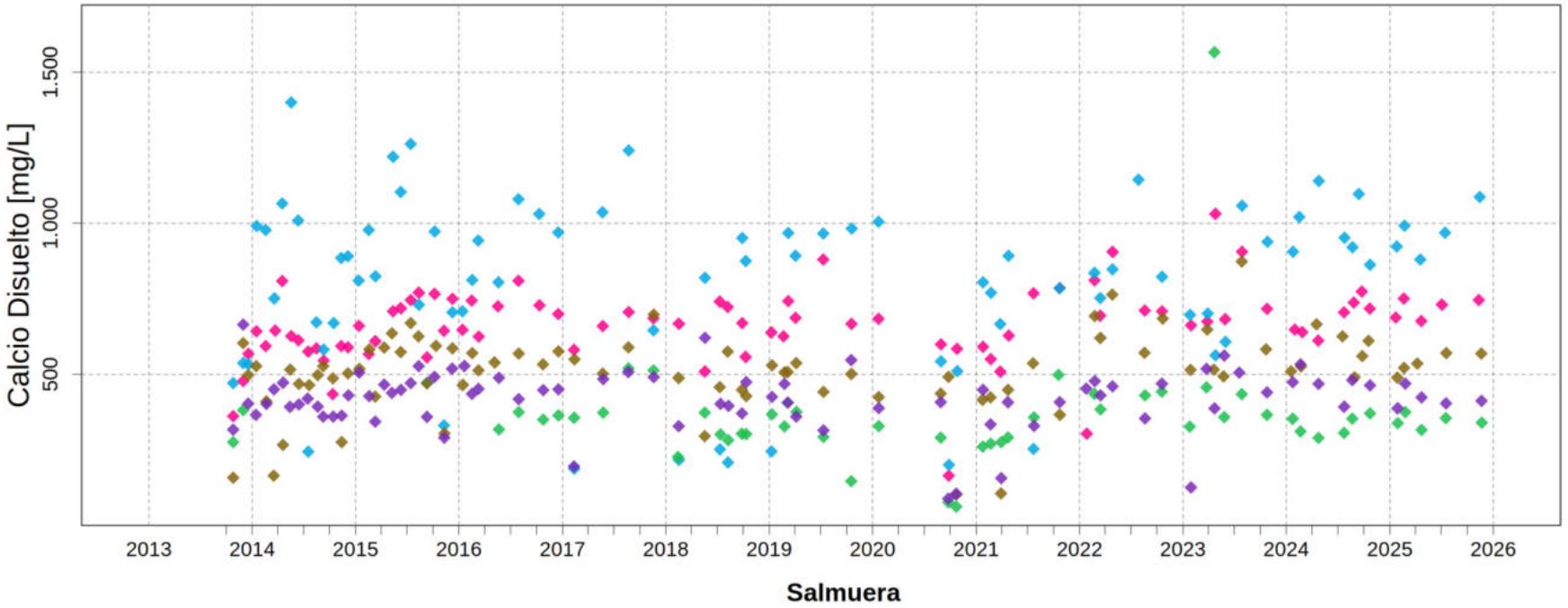
Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}). Una característica común de los cationes mencionados es que los pozos que monitorean la salmuera presentan las mayores concentraciones, mientras que los pozos correspondientes a aguas dulce y salobres presentan valores semejantes a las concentraciones de las aguas superficiales. De forma similar a los aniones, los cationes presentan una estacionalidad en aguas superficiales, no tan evidente en aguas subterráneas. Las concentraciones de calcio disuelto en aguas subterráneas de salmuera presentan variabilidad natural apreciable, sin estacionalidad evidente. La concentración de cationes (y de otros elementos también) ocurre debido a procesos de concentración como lo son la evaporación, naturalmente afectando mayormente a las aguas superficiales de los sistemas lagunares, ya que corresponden a las zonas de descarga del sistema.

Las concentraciones de calcio disuelto muestran un rango de variación para las aguas superficiales con medianas desde 153 mg/l en el punto LM-16 y 785 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de calcio disuelto mayores que las aguas superficiales dulce. Respecto a las aguas subterráneas, estas presentan un espectro levemente más amplio, con medianas desde 142 mg/l en el punto MP-03A y 883 mg/l en el punto MP-03B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de calcio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de calcio disuelto se observan en la Figura 6-100.

Figura 6-100 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de calcio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	51	47	51	50	78	76	79	75	51	52	50
RQ	196	164	216	346	27	22	30	30	45	21	20
Max	898	801	1.006	1.252	283	189	222	247	306	174	194
P75	510	478	729	1.019	227	155	170	212	242	162	159
Mediana	389	400	653	793	213	140	149	196	217	154	148
P25	314	314	513	673	200	133	140	182	197	142	139
Min	233	177	307	476	150	110	104	132	146	75	26



	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	83	81	83	53	83
RQ	133	308	111	74	84
Max	1.032	1.400	874	1.566	665
P75	730	978	576	376	472
Mediana	670	863	516	353	428
P25	597	670	465	302	388
Min	165	188	102	63	89

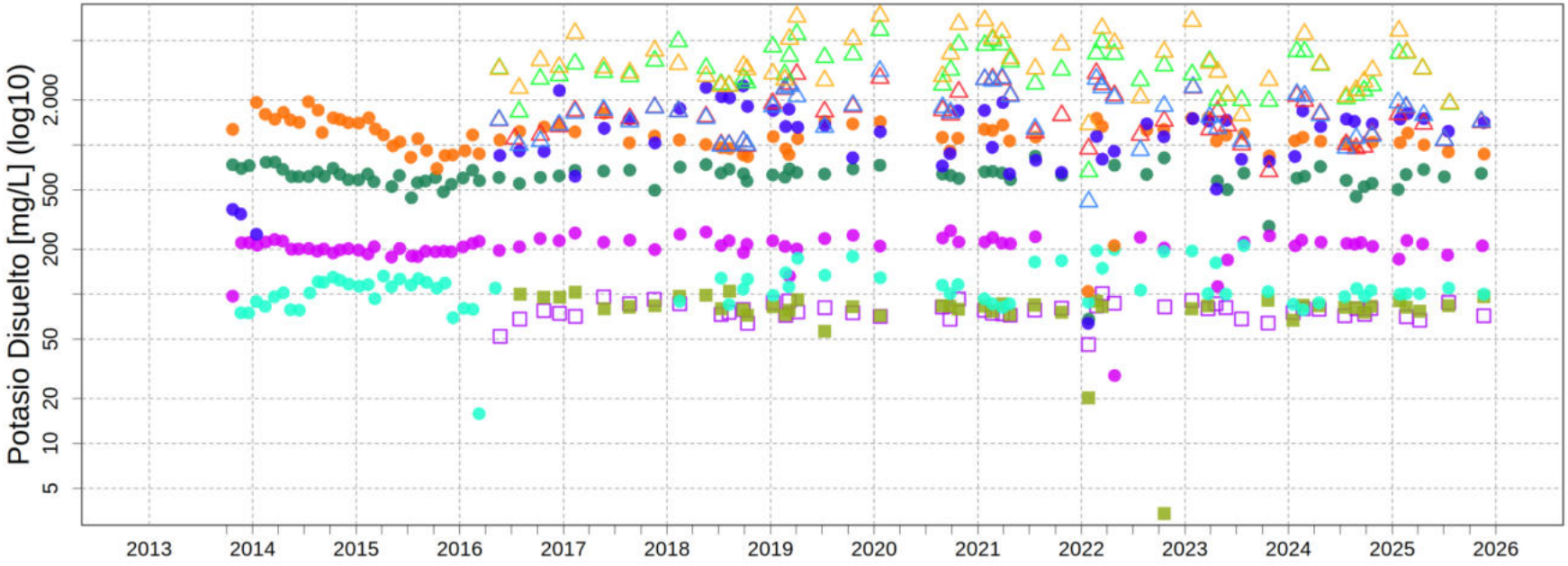
Tipo

◆ **Subterráneo**

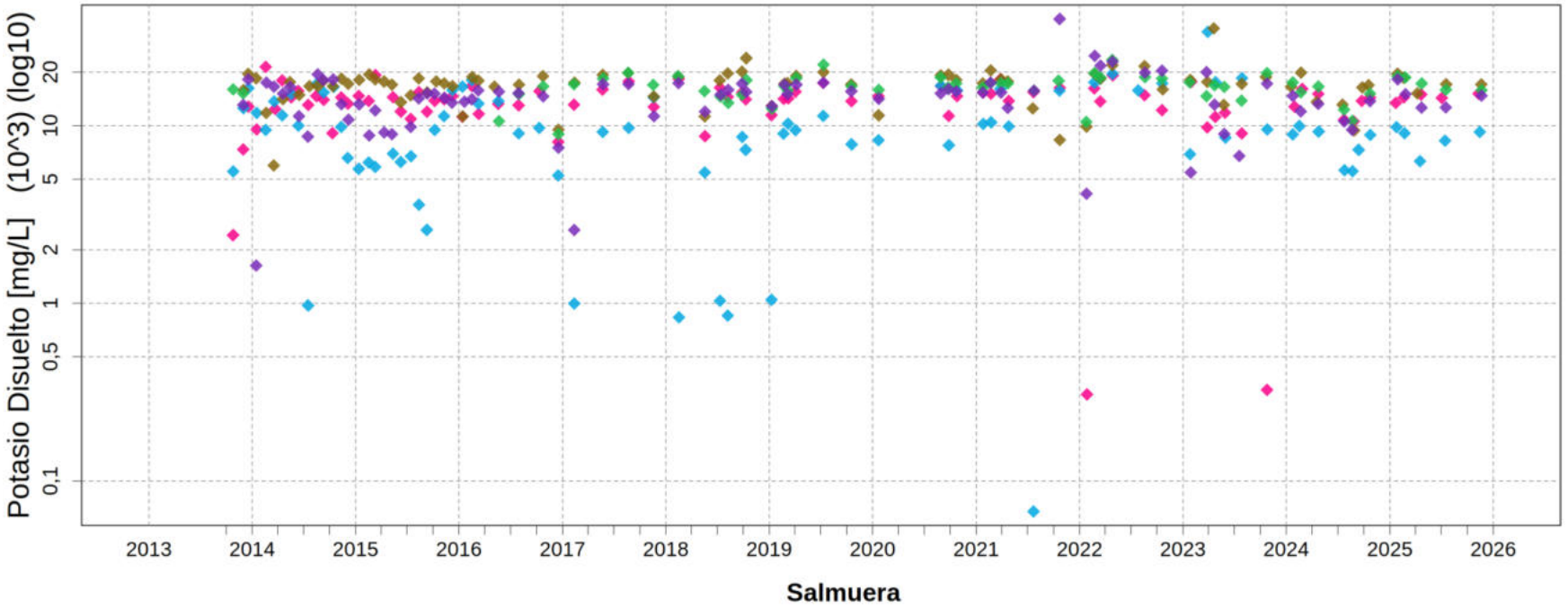
Fuente: Elaboración propia

El potasio disuelto se presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 79 mg/l en el punto LM-16 y 3.317 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de potasio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores medianas entre 83 mg/l en el punto MP-09A y 17.270 mg/l en el punto MP-04B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de potasio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de potasio disuelto se observan en la Figura 6-101.

Figura 6-101 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de potasio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	54	49	53	51	78	77	75	80	56	51	48
RQ	921	965	1.538	2.231	96	30	35	389	699	11	9
Max	3.025	3.128	5.876	7.320	840	266	212	1.950	2.489	101	105
P75	2.090	2.116	4.093	4.960	677	227	126	1.369	1.532	83	87
Mediana	1.602	1.638	3.247	3.330	626	212	108	1.132	1.321	78	82
P25	1.170	1.151	2.555	2.729	580	197	91	980	833	72	78
Min	665	417	664	1.374	68	28	16	104	64	46	3



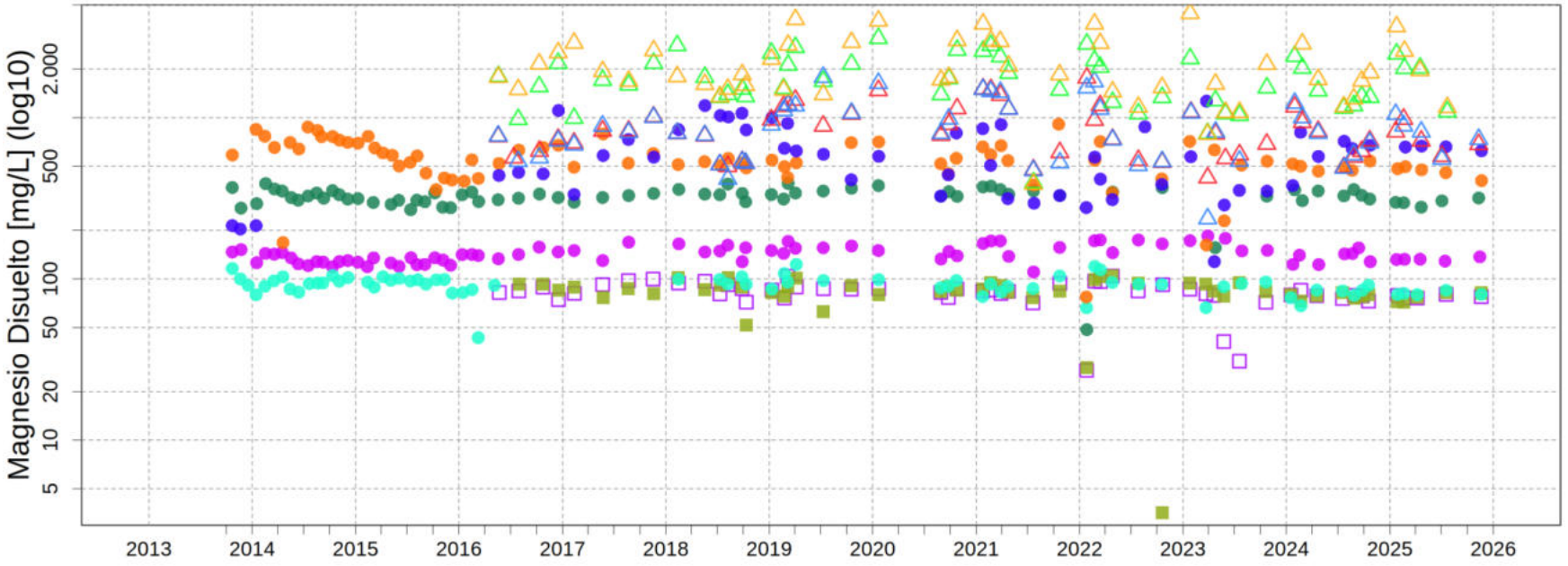
	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	83	82	83	55	81
RQ	3.309	7.470	3.162	2.930	4.450
Max	21.459	33.720	35.240	23.407	39.820
P75	15.419	14.259	18.796	18.220	17.030
Mediana	14.160	9.447	17.330	16.695	15.027
P25	12.110	6.789	15.634	15.290	12.580
Min	307	67	5.968	8.956	1.630

Tipo
Subterráneo

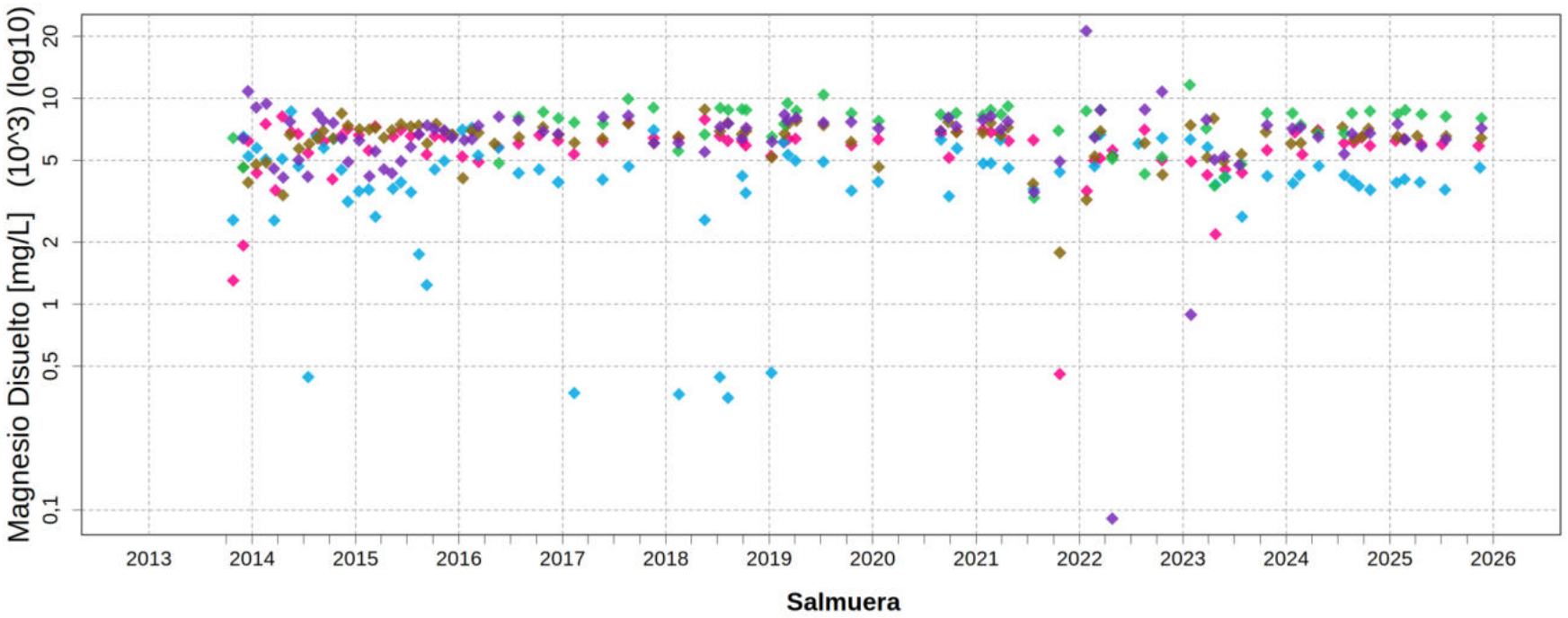
Fuente: Elaboración propia

El magnesio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 81 mg/l en el punto LM-16 y 1.825 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de magnesio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres y dulce. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas entre 82 mg/l en el punto MP-09A y 8.157 mg/l en el punto MP-05B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de magnesio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de magnesio disuelto se observan en la Figura 6-102.

Figura 6-102 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de magnesio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	54	50	53	51	74	79	72	79	55	54	53
RQ	448	542	840	1.350	43	26	14	178	441	11	13
Max	1.766	1.783	3.108	4.437	391	185	123	912	1.266	104	105
P75	1.043	1.099	2.179	2.850	350	155	99	656	808	88	91
Mediana	787	806	1.683	1.850	328	142	93	537	576	83	84
P25	595	557	1.339	1.500	308	129	85	479	367	78	78
Min	424	236	396	387	48	111	43	77	128	27	4



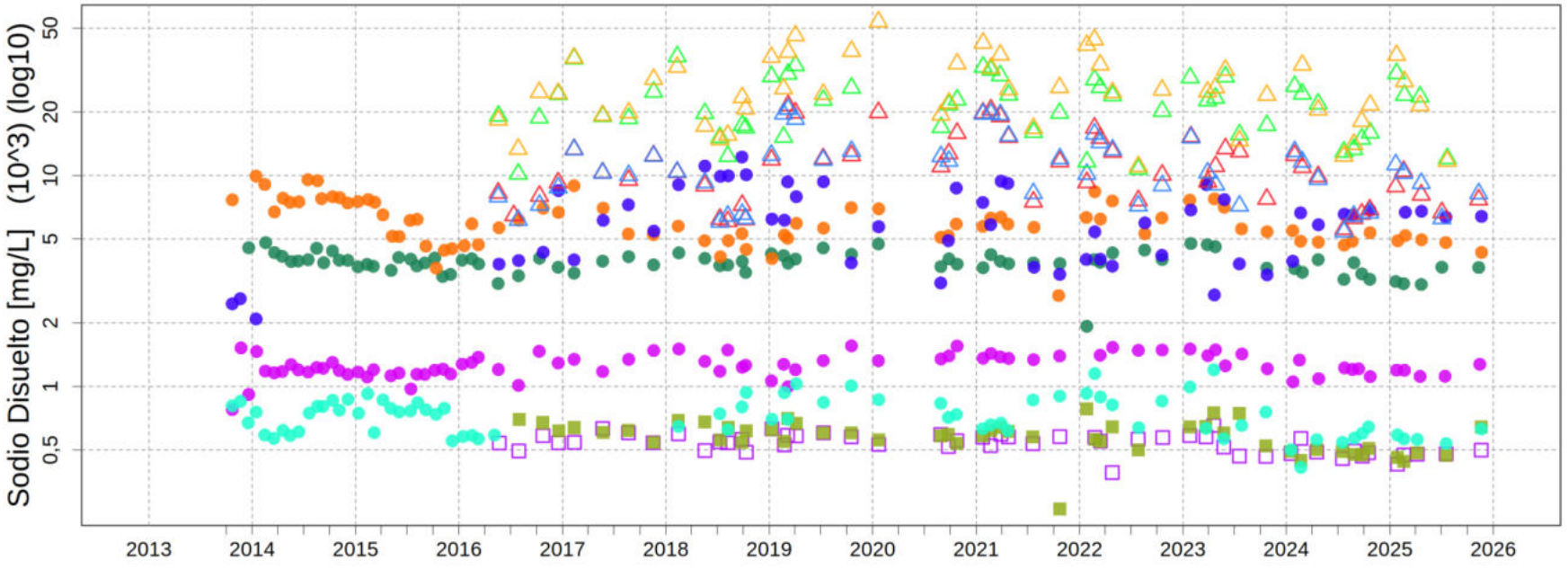
	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	82	82	82	55	81
RQ	1.287	1.713	1.096	1.989	1.847
Max	8.167	8.628	8.828	11.603	21.258
P75	6.632	5.312	7.122	8.694	7.709
Mediana	6.202	4.364	6.634	8.158	6.951
P25	5.345	3.599	6.026	6.705	5.862
Min	458	351	1.778	3.287	91

Tipo
Subterráneo

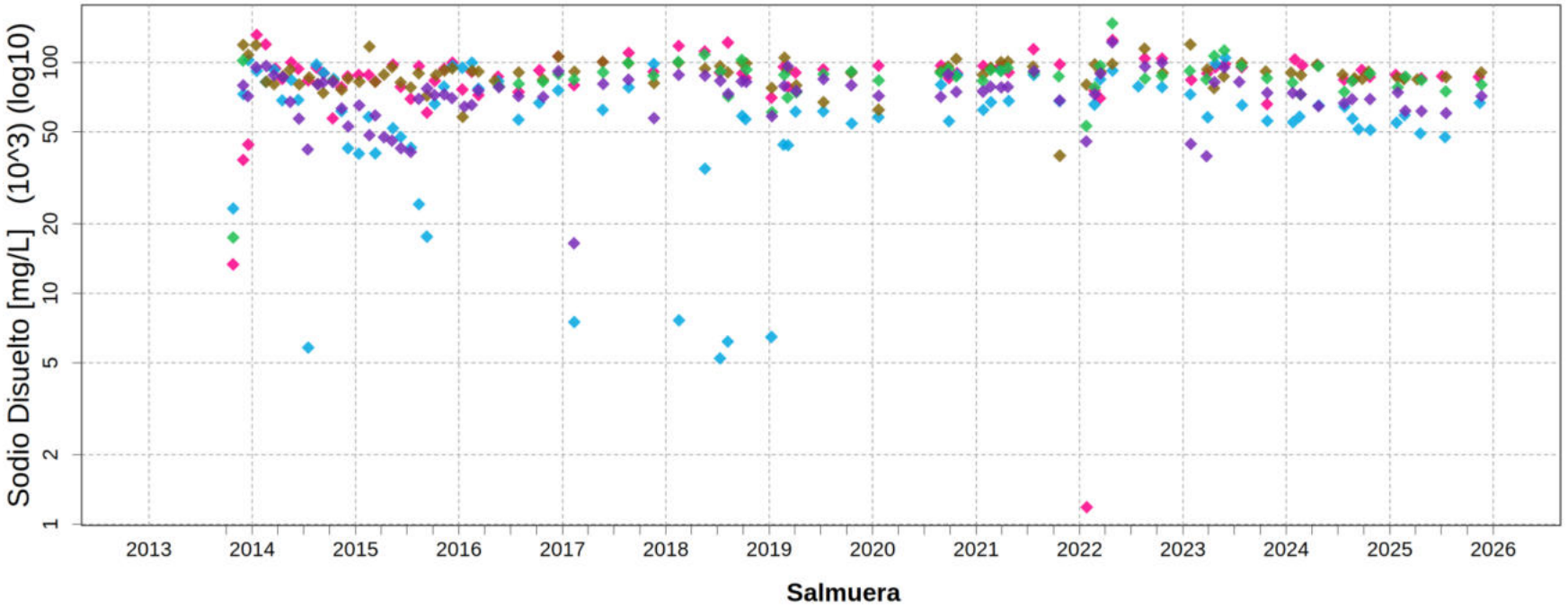
Fuente: Elaboración propia

El sodio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 540 mg/l en el punto LM-16 y 24.625 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de sodio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas de 583 mg/l en el punto MP-09A y de 90.375 mg/l en el punto MP-01B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de sodio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de sodio disuelto se observan en la Figura 6-103.

Figura 6-103 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sodio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	53	49	52	51	78	81	76	81	55	53	52
RQ	5.239	5.111	9.610	14.136	407	206	235	2.369	3.847	82	123
Max	21.480	20.640	36.660	53.600	4.805	1.558	1.200	9.932	12.240	653	784
P75	12.976	13.050	26.260	33.466	4.083	1.376	838	7.410	7.815	577	642
Mediana	10.360	10.290	22.259	24.808	3.894	1.234	737	5.887	6.142	541	598
P25	7.737	7.939	16.651	19.330	3.675	1.170	603	5.041	3.967	495	519
Min	5.573	5.414	10.184	11.035	1.929	777	414	2.698	2.089	391	263



	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	83	82	83	55	82
RQ	13.098	28.076	13.075	11.680	17.583
Max	131.663	104.561	119.478	147.766	122.366
P75	96.900	79.640	96.225	92.903	82.324
Mediana	90.150	63.317	90.263	87.492	73.448
P25	83.802	51.564	83.150	81.223	64.741
Min	1.184	5.226	39.450	17.470	16.500

Tipo
Subterráneo

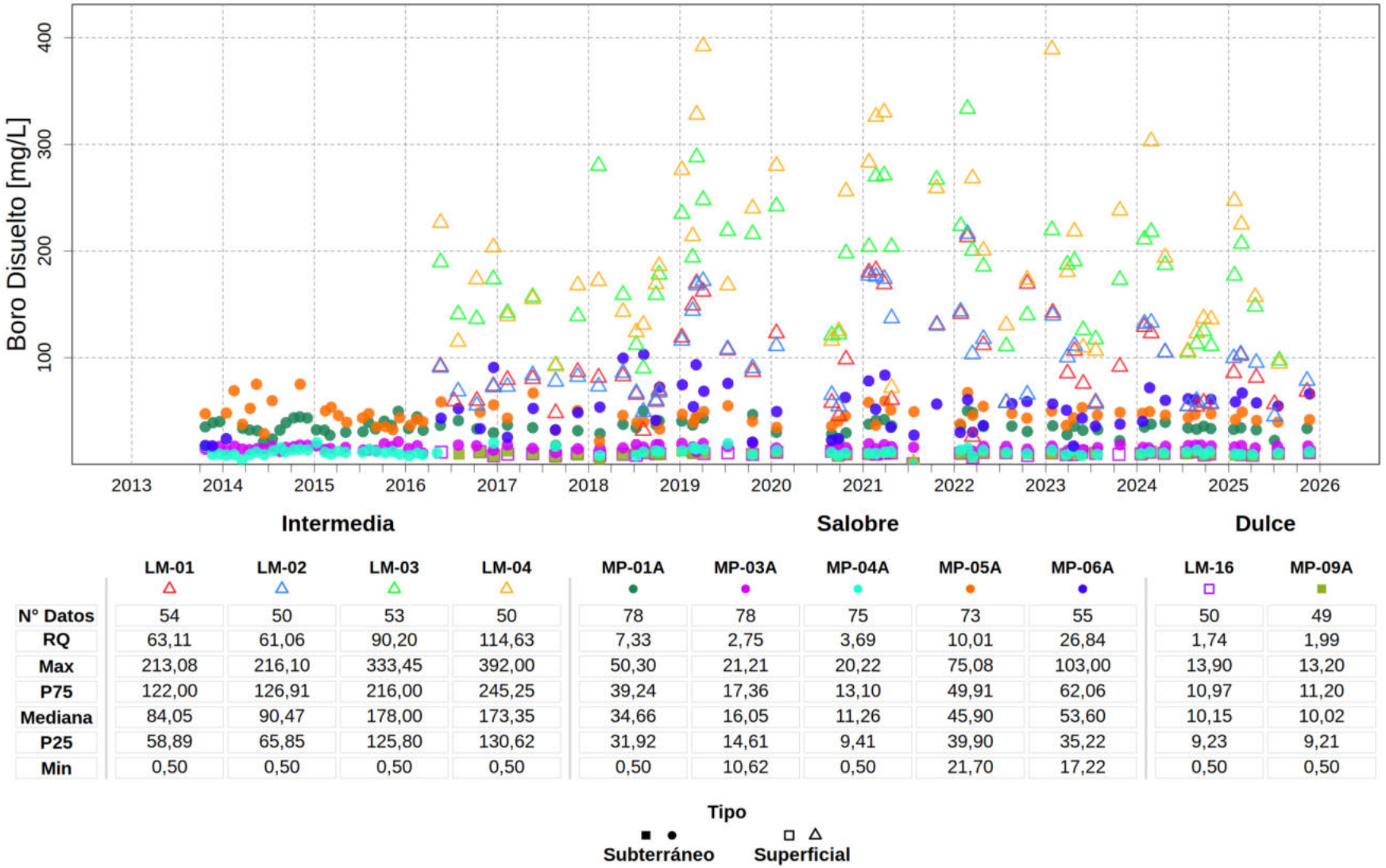
Fuente: Elaboración propia

6.1.8.1.4 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

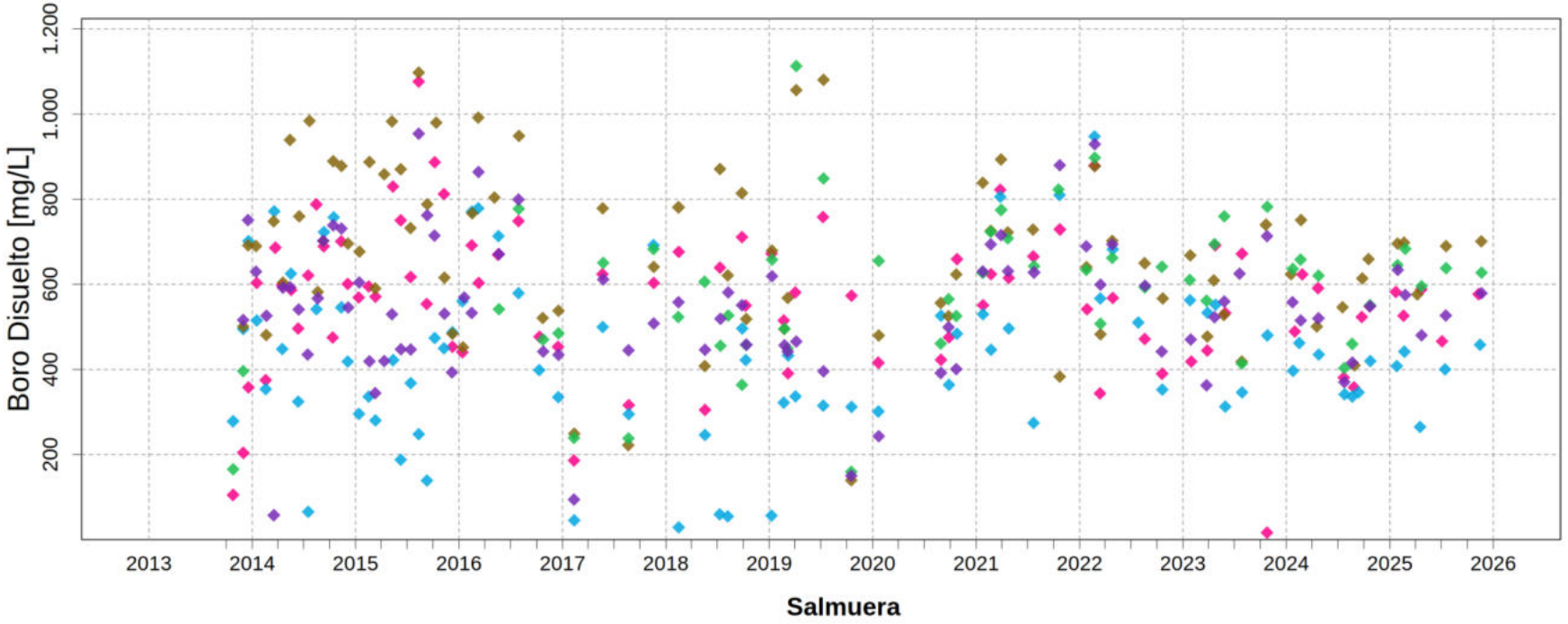
Los elementos minoritarios y trazas que se analizan corresponden a Boro (B^{3+}), Litio (Li^{+}) y Estroncio (Sr^{2+}). Estos presentan una estacionalidad clara en aguas superficiales y no tan evidente en aguas subterráneas, a excepción de las aguas de salmuera en elementos como boro y el litio.

El boro disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 10,21 mg/l en el punto LM-16 y 177,5 mg/l en el punto LM-03. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de boro disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas de 10,11 mg/l en el punto MP-09A y 663 mg/l en el punto MP-04B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de boro disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de boro disuelto se observan en la Figura 6-104.

Figura 6-104 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de boro disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	54	50	53	50	78	78	75	73	55	50	49
RQ	63,11	61,06	90,20	114,63	7,33	2,75	3,69	10,01	26,84	1,74	1,99
Max	213,08	216,10	333,45	392,00	50,30	21,21	20,22	75,08	103,00	13,90	13,20
P75	122,00	126,91	216,00	245,25	39,24	17,36	13,10	49,91	62,06	10,97	11,20
Mediana	84,05	90,47	178,00	173,35	34,66	16,05	11,26	45,90	53,60	10,15	10,02
P25	58,89	65,85	125,80	130,62	31,92	14,61	9,41	39,90	35,22	9,23	9,21
Min	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	10,62	0,50	21,70	17,22	0,50	0,50



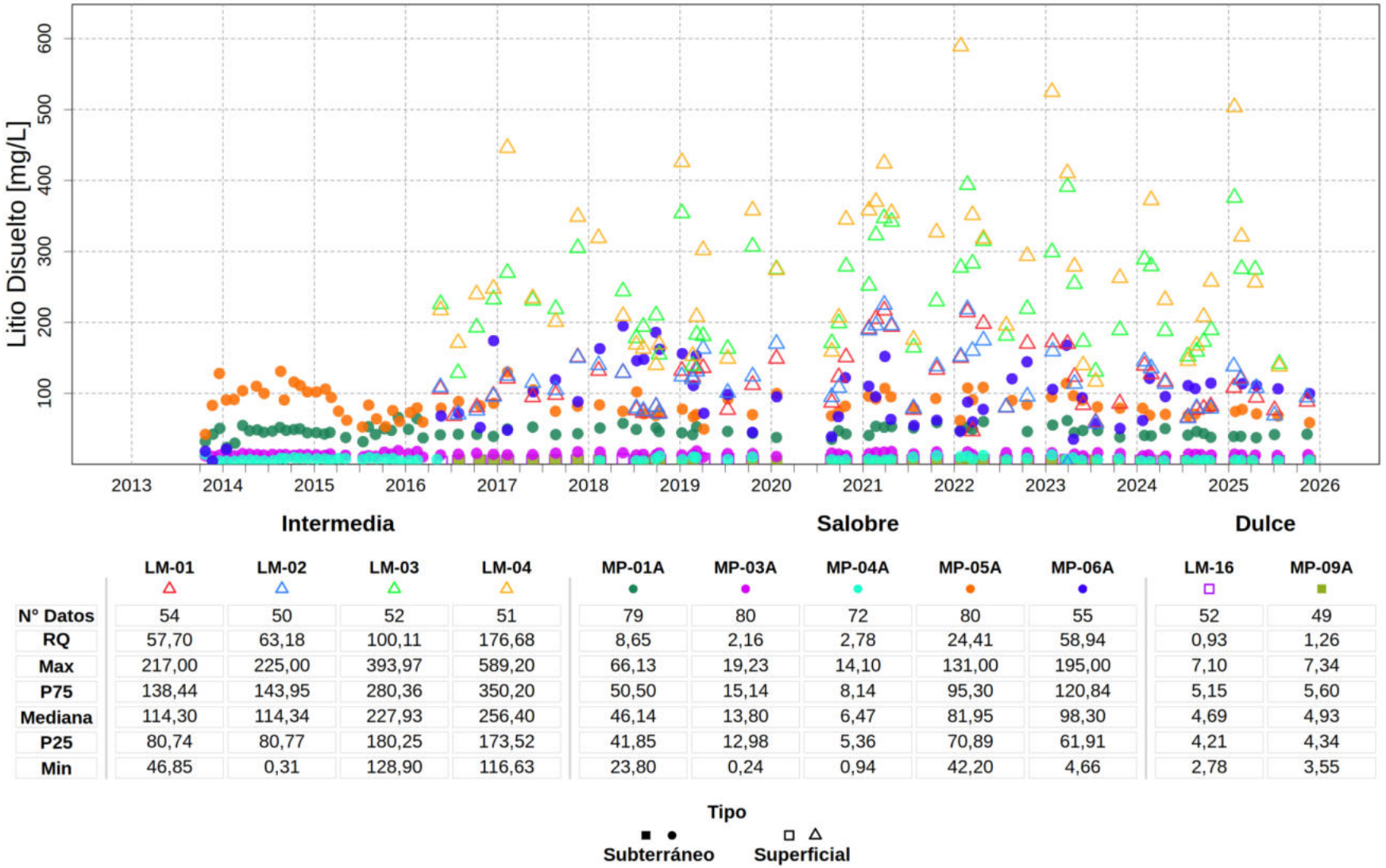
	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	82	82	83	55	82
RQ	202	210	243	183	183
Max	1.076	947	1.097	1.113	954
P75	669	532	784	660	630
Mediana	579	428	679	611	543
P25	467	322	542	478	446
Min	17	29	140	160	57

Tipo
Subterráneo

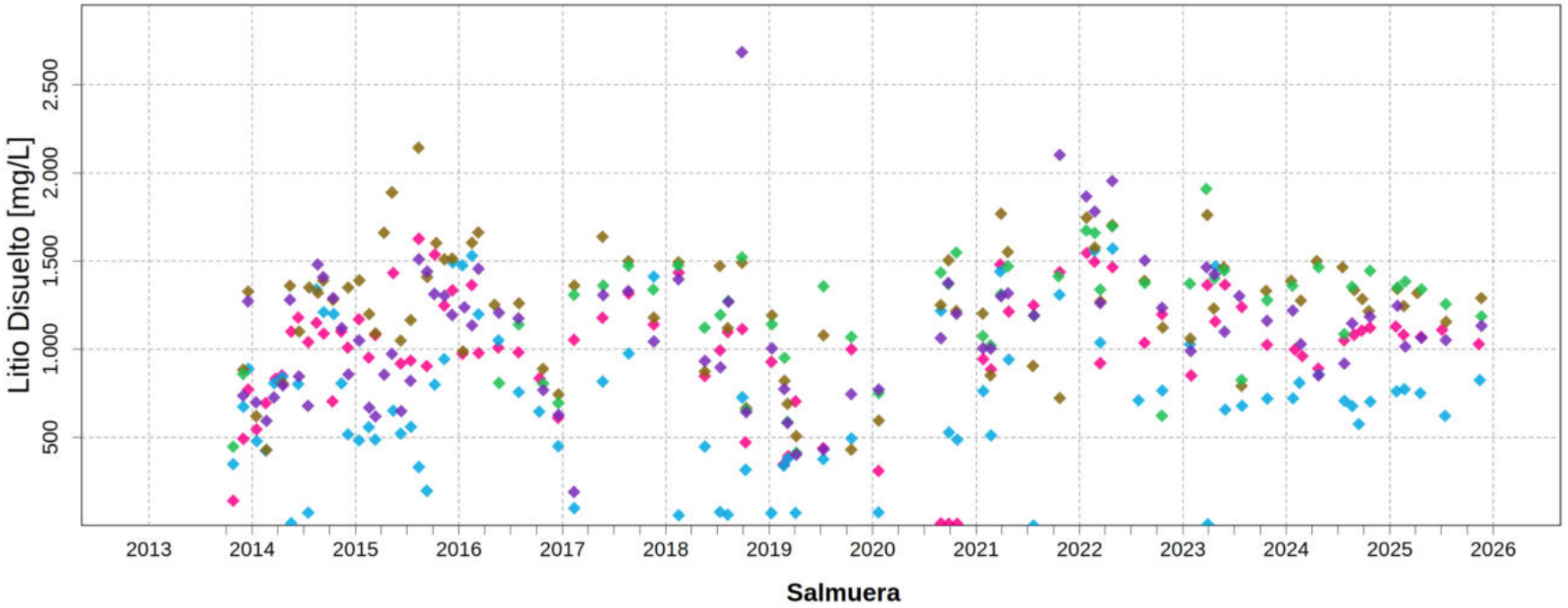
Fuente: Elaboración propia

El litio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas desde 4,63 mg/l en el punto LM-16 y 252,05 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de litio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 4,92 mg/l en el punto MP-09A y 1.338 mg/l en el punto MP-05B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de litio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de litio disuelto se observan en la Figura 6-105.

Figura 6-105 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de litio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	54	50	52	51	79	80	72	80	55	52	49
RQ	57,70	63,18	100,11	176,68	8,65	2,16	2,78	24,41	58,94	0,93	1,26
Max	217,00	225,00	393,97	589,20	66,13	19,23	14,10	131,00	195,00	7,10	7,34
P75	138,44	143,95	280,36	350,20	50,50	15,14	8,14	95,30	120,84	5,15	5,60
Mediana	114,30	114,34	227,93	256,40	46,14	13,80	6,47	81,95	98,30	4,69	4,93
P25	80,74	80,77	180,25	173,52	41,85	12,98	5,36	70,89	61,91	4,21	4,34
Min	46,85	0,31	128,90	116,63	23,80	0,24	0,94	42,20	4,66	2,78	3,55



	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	83	82	81	54	82
RQ	306	423	394	340	453
Max	1.626	1.571	2.143	1.909	2.684
P75	1.174	881	1.472	1.411	1.301
Mediana	1.036	705	1.280	1.324	1.126
P25	868	458	1.078	1.071	847
Min	10	1	429	414	190

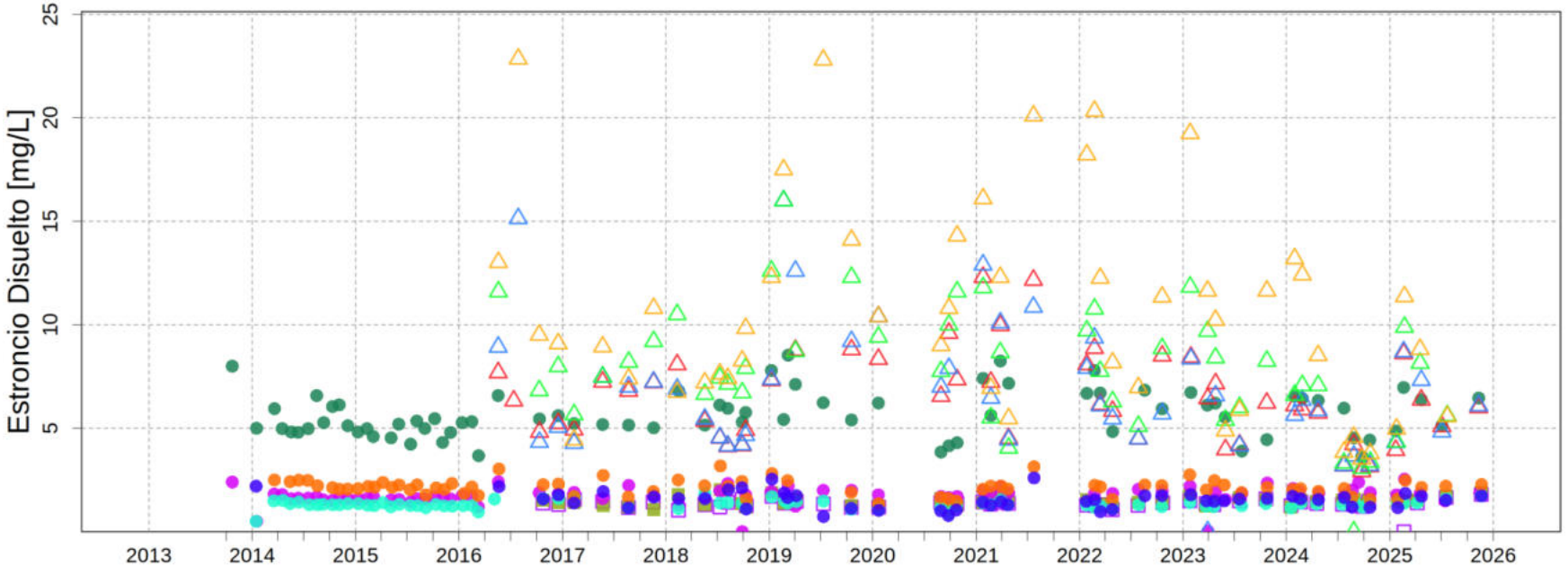
Tipo

Subterráneo

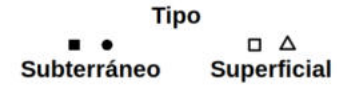
Fuente: Elaboración propia

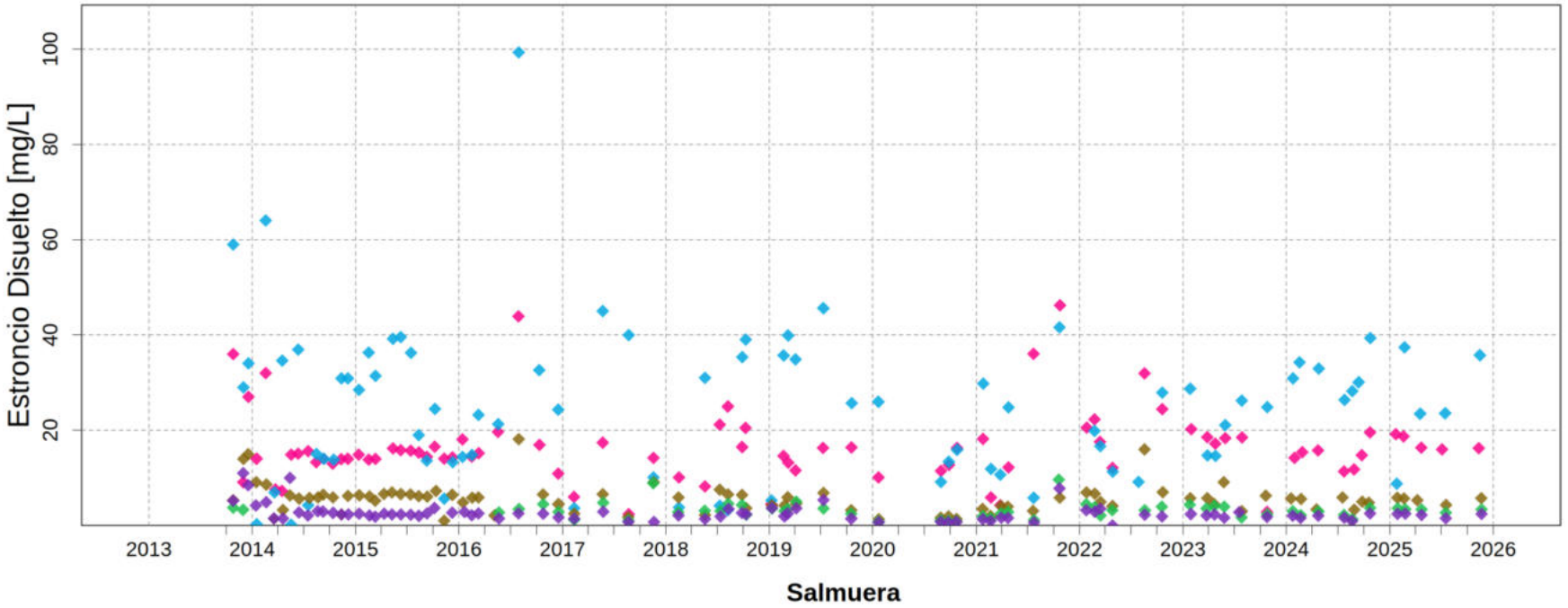
El estroncio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 1,37 mg/l en el punto LM-16 y 9,67 mg/l en el punto LM-04. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de estroncio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas entre 1,34 mg/l en el punto MP-04A y máximos de 26,38 mg/l en el punto MP-03B. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de estroncio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres y dulce. Las concentraciones de estroncio disuelto se observan en la Figura 6-106.

Figura 6-106 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de estroncio disuelto en muestras del sector La Punta-La Brava. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	LM-16	MP-09A
N° Datos	50	47	48	50	77	76	74	70	51	48	47
RQ	3,14	3,62	3,48	5,36	1,40	0,34	0,17	0,33	0,51	0,16	0,26
Max	12,30	16,00	16,00	22,85	8,53	2,54	1,85	3,18	2,60	1,80	2,04
P75	7,98	8,14	9,70	12,39	6,38	1,94	1,40	2,30	1,74	1,44	1,56
Mediana	6,28	6,36	7,83	9,67	5,42	1,77	1,31	2,16	1,58	1,36	1,48
P25	4,84	4,52	6,22	7,03	4,98	1,60	1,23	1,97	1,23	1,28	1,30
Min	2,91	0,01	0,00	3,52	3,63	0,00	0,50	1,35	0,73	0,00	1,05





	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	83	82	84	55	82
RQ	5,17	20,91	2,45	1,44	1,11
Max	46,22	99,32	18,15	9,64	11,00
P75	18,27	34,56	6,50	3,71	2,74
Mediana	15,32	25,29	5,74	3,10	2,31
P25	13,10	13,65	4,06	2,26	1,63
Min	2,40	0,17	1,00	0,85	0,00

Tipo

◆ **Subterráneo**

Fuente: Elaboración propia

6.1.8.2 Sector Peine

La ubicación de los puntos de monitoreo de este sector se presenta en la Figura 5-84 del Capítulo 5.8.2, del presente informe.

Es importante señalar que el punto LM-17 es un limnímetro que se instaló en el área de desborde de la laguna interna y que gran parte del año está seco, por lo que solo puede muestrearse cuando hay lluvia y/o la laguna interna genera desbordes. Sin embargo, cuando ocurre un evento de lluvia mayor el acceso se encuentra restringido por peligro en el acceso al punto.

Los puntos PP-01, PP-02 y PP-03 están definidos como puntos de monitoreo de las variables de niveles freáticos, composición química y posición de la cuña salina y, debido a esto último, los pozos están ranurados completamente. Para el monitoreo de la composición química, la muestra se toma en la parte somera del pozo por lo que es representativa de las aguas salobres-intermedias de este sector.

Se debe hacer una referencia especial a la situación del punto MPS-AB, el cual fue monitoreado con bailer durante el 2019 (por lo general se muestrea con bomba), debido a la imposibilidad de acceder a él con una bomba para toma de muestra profunda, por el estado del terreno posterior al evento de precipitación de dicho año. Este cambio significó que durante el 2019 la muestra no se obtuviera desde la profundidad deseada para este caso (corresponde a punto de muestreo de salmuera) y se tomara de agua más bien somera (intermedia). Esto se evidencia en los resultados fisicoquímicos de este punto durante el 2019.

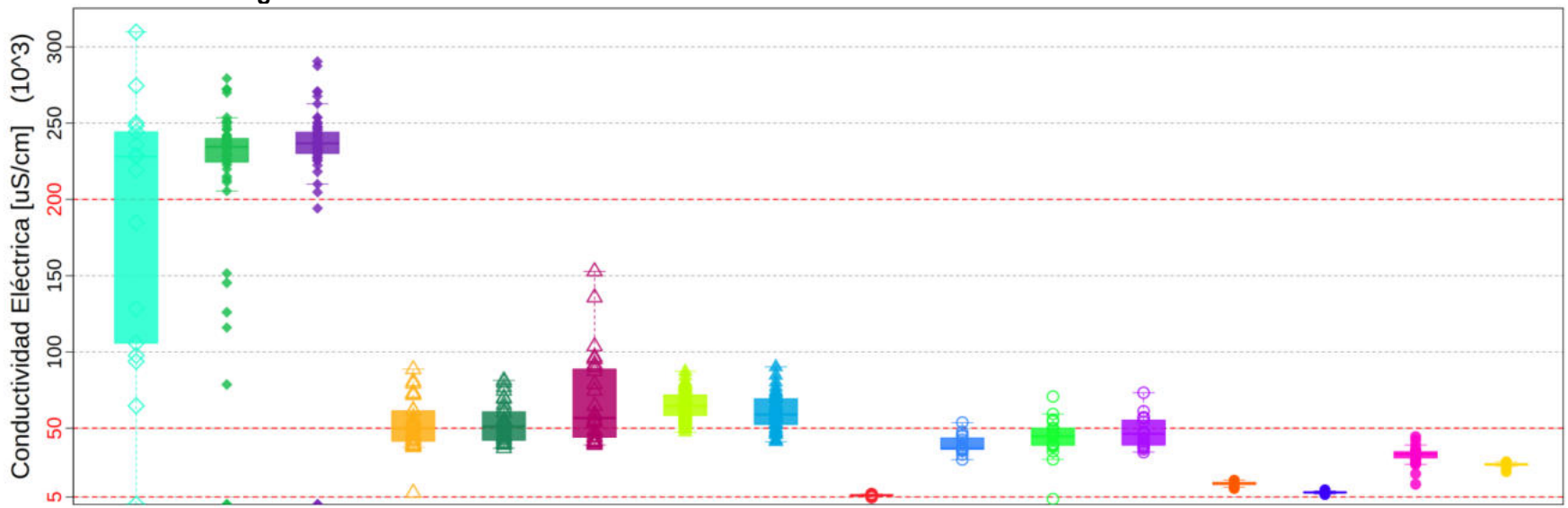
6.1.8.2.1 Parámetros Fisicoquímicos *in situ*

Conductividad eléctrica in situ

Respecto a la CE de terreno del sector Peine, se observan 4 comportamientos en puntos de monitoreo de aguas superficiales. Por un lado, se tienen los puntos LM-05, LM-06 y LM-08, que muestran medianas de CE entre 36.970 µS/cm y 46.370 µS/cm, correspondientes a aguas salobres. Por otro lado, el punto de monitoreo Anterepresa Tilomonte posee CE menores, con una mediana de 6.127 µS/cm, el cual es notoriamente menor al resto de los puntos de monitoreo superficiales, pero aun clasificando como agua salobre. Este punto se ubica al sur del sector Peine, más alejado del Núcleo y donde recibe agua de las quebradas provenientes de la precordillera. Los puntos LM-07, LM-09 y LM-10 poseen medianas de CE entre 50.290 µS/cm y 56.710 µS/cm, por lo cual clasifican como aguas intermedias. Finalmente, se tiene el punto LM-17, el cual posee una mediana de 228.100 µS/cm, clasificando como agua de salmuera.

Respecto a los puntos de monitoreo subterráneos, se destacan 3 comportamientos generales. Por un lado, se tienen los puntos MPS-AB y MPS-CB, los cuáles presentan medianas de CE de 234.600 µS/cm y 237.050 µS/cm, clasificando como aguas de salmuera. Por otro lado, los puntos MPS-AA y PP-02 presentan medianas de CE de 64.920 µS/cm y 59.000 µS/cm respectivamente, lo cual indica que son aguas intermedias. Finalmente, los pozos PP-01, PP-03, MP-07A y MP-08A poseen medianas de CE entre 7.950 µS/cm en el pozo MP-08A y 34.165 µS/cm en el pozo PP-01, por lo cual se consideran aguas salobres. El comportamiento de aguas superficiales y subterráneas de CE se muestra en la Figura 6-107 y Figura 6-108.

Figura 6-107 Estadística de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Peine.



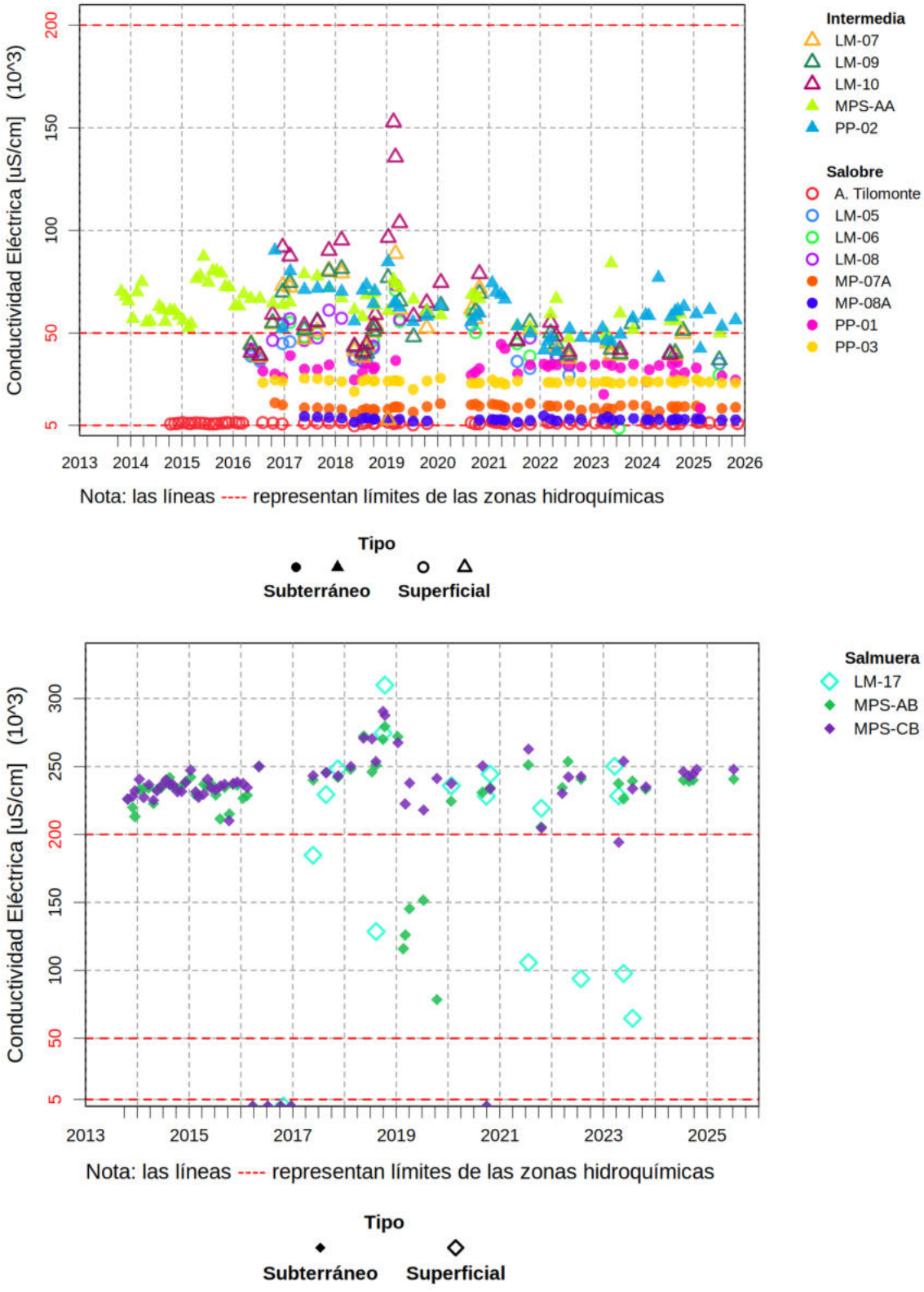
	LM-17	MPS-AB	MPS-CB	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	17	66	66	30	33	28	66	52	65	15	21	19	49	41	43	50
RQ	138.550	15.218	13.457	18.735	18.760	43.808	13.102	16.710	429	7.625	11.410	16.510	1.490	506	4.210	923
Max	309.800	279.300	290.400	88.650	81.350	152.800	87.250	90.240	6.845	53.740	70.800	73.290	15.980	9.653	44.480	27.980
P75	244.300	239.994	243.882	60.332	60.800	88.135	71.472	69.098	6.289	43.705	50.160	55.355	14.550	8.163	34.700	26.671
Mediana	228.100	234.500	236.750	49.975	51.210	56.710	64.705	59.000	6.115	36.960	44.729	46.340	13.770	7.933	33.100	26.335
P25	105.750	224.775	230.425	41.598	42.040	44.328	58.370	52.388	5.860	36.080	38.750	38.845	13.060	7.657	30.490	25.748
Min	200	200	200	7.634	36.880	39.050	47.493	41.120	4.785	29.490	3.623	34.310	10.490	6.521	13.270	21.440
	Salmuera			Intermedia					Salobre							

Nota: las líneas ---- representan límites de las zonas hidroquímicas

Período: oct-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

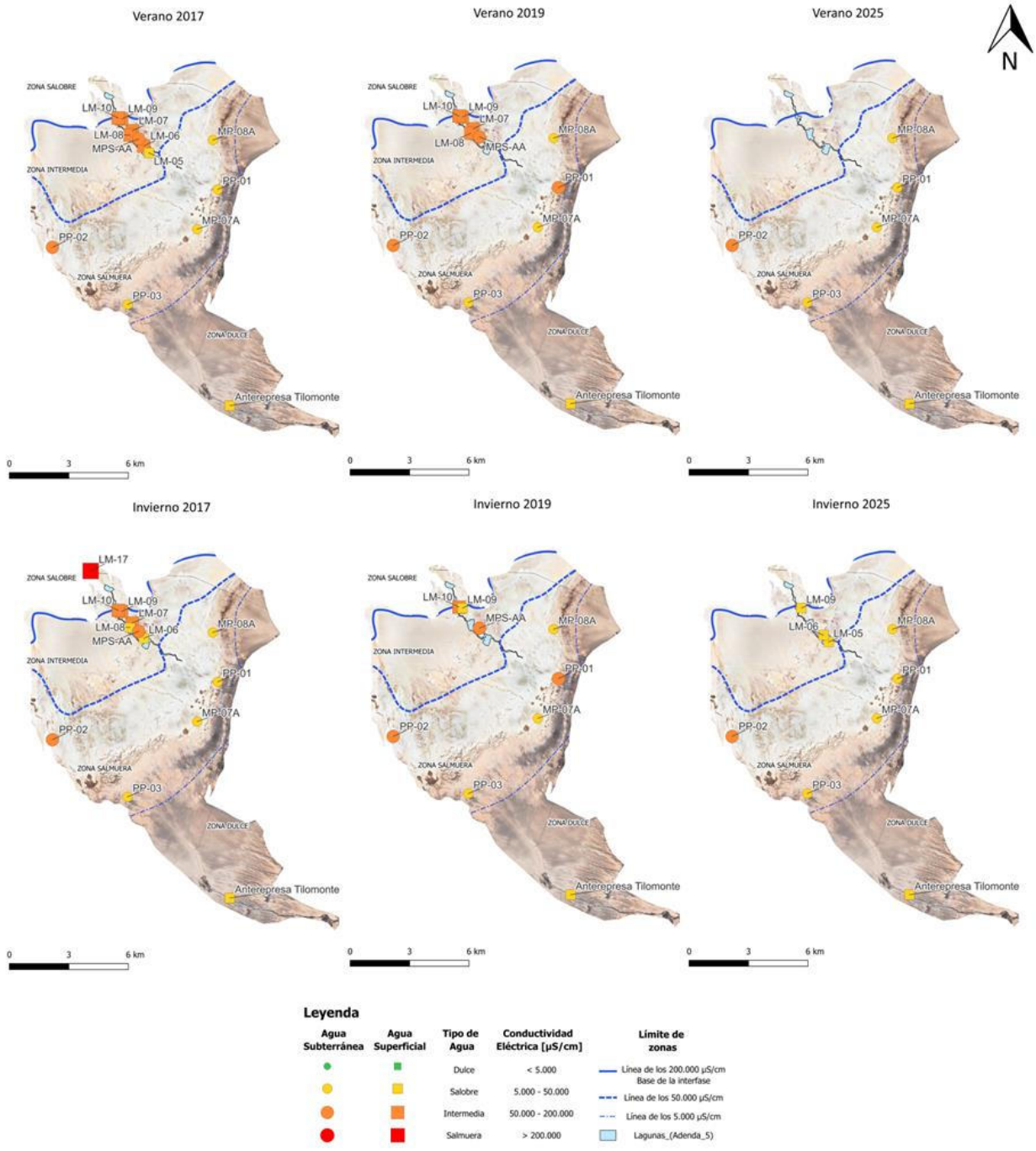
Figura 6-108 Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Peine.



Fuente: Elaboración propia

La variabilidad temporal de la CE de terreno se puede observar en la Figura 6-108 y además en la Figura 6-109. En esta última se observa en planta la ubicación de los puntos y su CE de terreno en invierno/verano para los años 2017, 2019 y 2025. Estos mapas muestran que, más allá de las limitaciones observadas por dificultades en la disponibilidad de datos en algunos puntos de lagunas, en invierno las CE son menores respecto al verano. A través de los años las únicas diferencias apreciables en los mapas ocurren en el punto LM-09 y PP-01. En el caso de LM-09, se observa que su CE disminuye con el tiempo, mientras que en el caso del PP-01, se observa un aumento en su CE en el periodo intermedio (2019 en el mapa) respecto a los años anteriores y posteriores.

Figura 6-109 Variabilidad estacional en sector Peine.



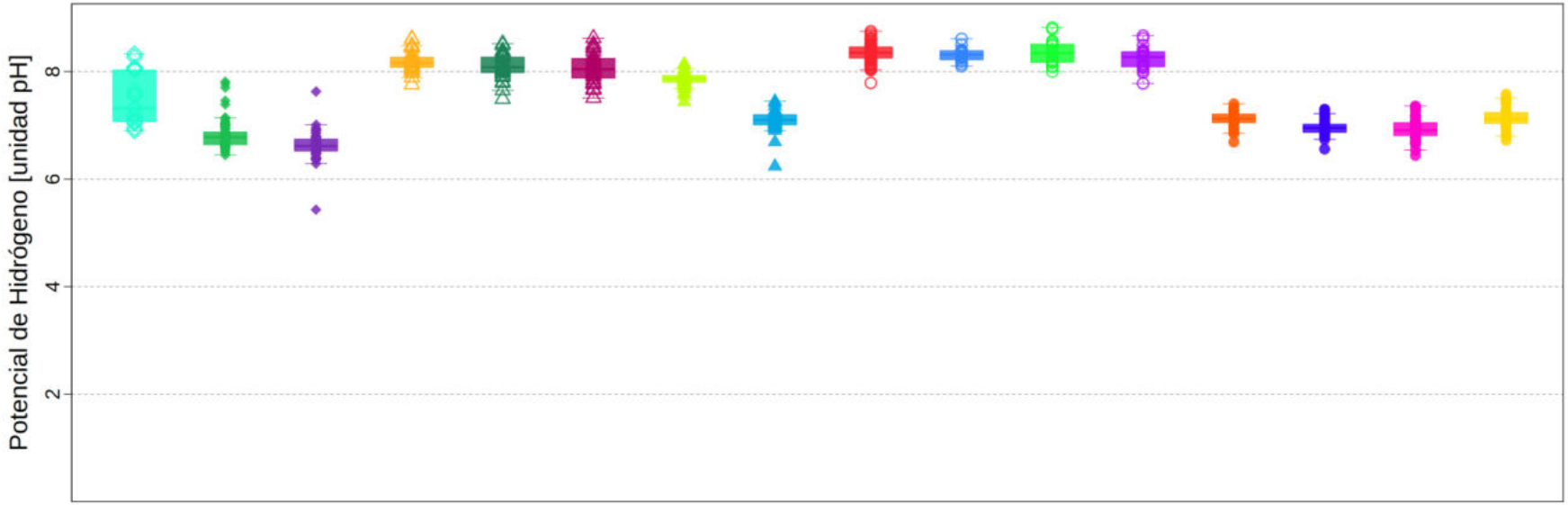
Fuente: Elaboración propia

pH in situ

Los resultados de pH de terreno para el Sector Peine presentan un cierto grado de estacionalidad, no tan claro como la CE, además de mostrar un comportamiento distintivo entre aguas superficiales y subterráneas. Dentro de las aguas superficiales se observan 2 tendencias distintivas. La primera de ellas corresponde a los puntos LM-05, LM-06, LM-07, LM-08, LM-09 y LM-10, clasificados como aguas superficiales intermedias y salobres, las cuales presentan los pH más elevados del sector, con medianas entre 8,04 (LM-10) y 8,35 (Anterepresa Tilomonte), sin una clara distinción entre los distintos tipos de aguas superficiales. El punto LM-17, clasificado como agua superficial de salmuera, posee una mediana de pH de 7,32.

Respecto a las aguas subterráneas, la tendencia general muestra que poseen valores de pH más bajos que las aguas superficiales, con 2 grupos. Por un lado, se tienen los pozos MPS-AB, MPS-CB, PP-01, PP-02, PP-03, MP-07A y MP-08A, los cuales presentan medianas de pH entre 6,62 (MPS-CB) y 7,14 (MP-07A), siendo en particular las aguas subterráneas de salmuera las más bajas del sector. El punto MPS-AA posee pH mayor que el resto de las aguas subterráneas, con una mediana de 7,87. Las tendencias discutidas anteriormente se pueden observar en la Figura 6-110 y Figura 6-111.

Figura 6-110 Estadística del pH de terreno en muestras de sector Peine.

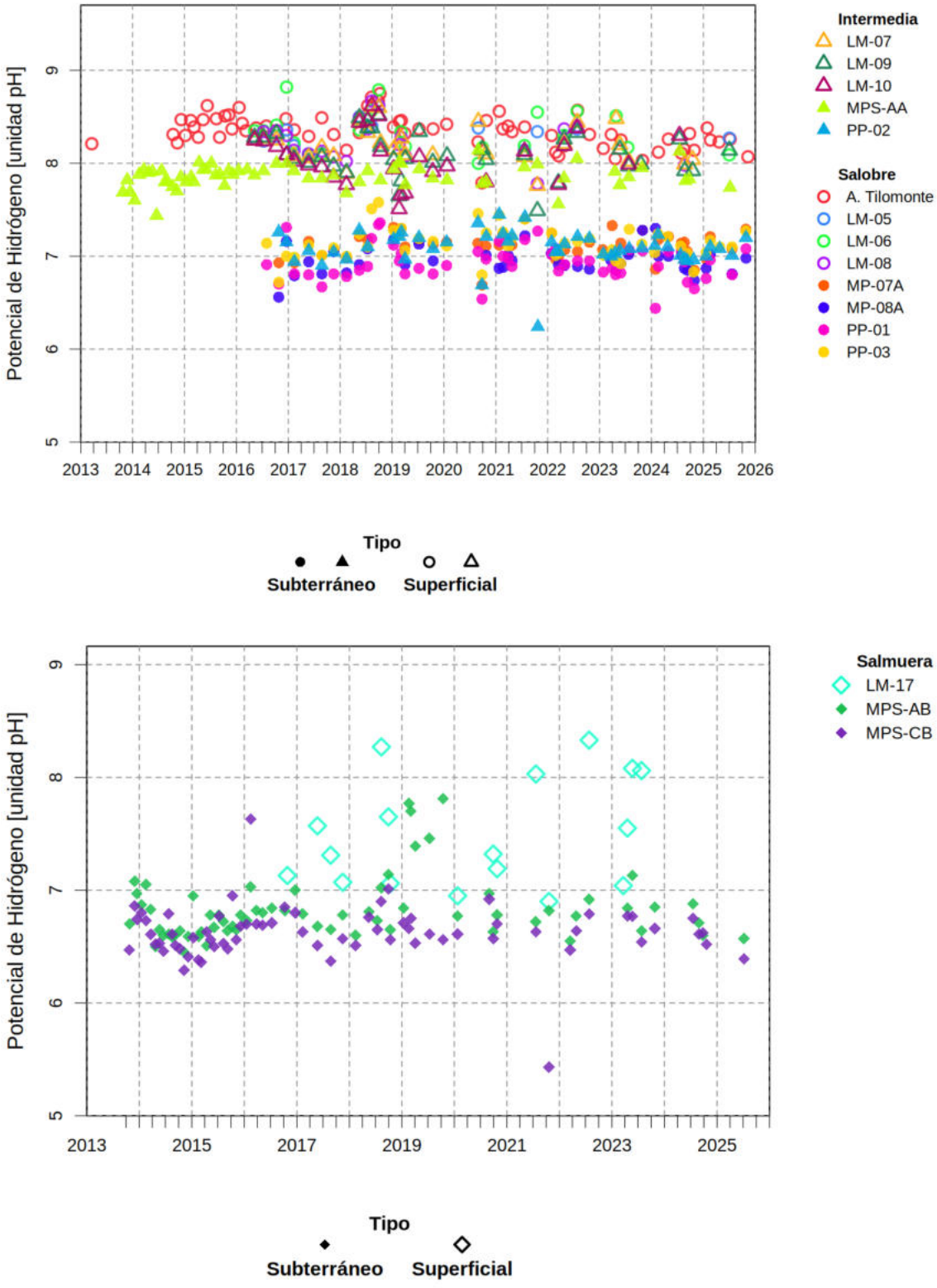


	LM-17	MPS-AB	MPS-CB	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	17	67	68	30	35	28	64	49	69	16	22	20	46	41	52	51
RQ	0,96	0,24	0,22	0,19	0,29	0,35	0,13	0,19	0,21	0,15	0,33	0,28	0,15	0,15	0,24	0,21
Max	8,33	7,81	7,63	8,61	8,52	8,62	8,14	7,45	8,75	8,61	8,82	8,67	7,40	7,30	7,36	7,58
P75	8,03	6,88	6,74	8,27	8,27	8,24	7,93	7,20	8,46	8,38	8,50	8,37	7,20	7,02	7,05	7,24
Mediana	7,32	6,78	6,62	8,16	8,08	8,04	7,87	7,10	8,35	8,31	8,34	8,27	7,12	6,95	6,91	7,12
P25	7,07	6,64	6,52	8,08	7,98	7,89	7,80	7,01	8,25	8,23	8,17	8,09	7,05	6,87	6,81	7,04
Min	6,90	6,45	5,43	7,76	7,49	7,51	7,44	6,24	7,79	8,10	8,00	7,78	6,69	6,56	6,44	6,72
	Salmuera			Intermedia					Salobre							

Período: mar-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-111 Variación temporal del pH de terreno en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.

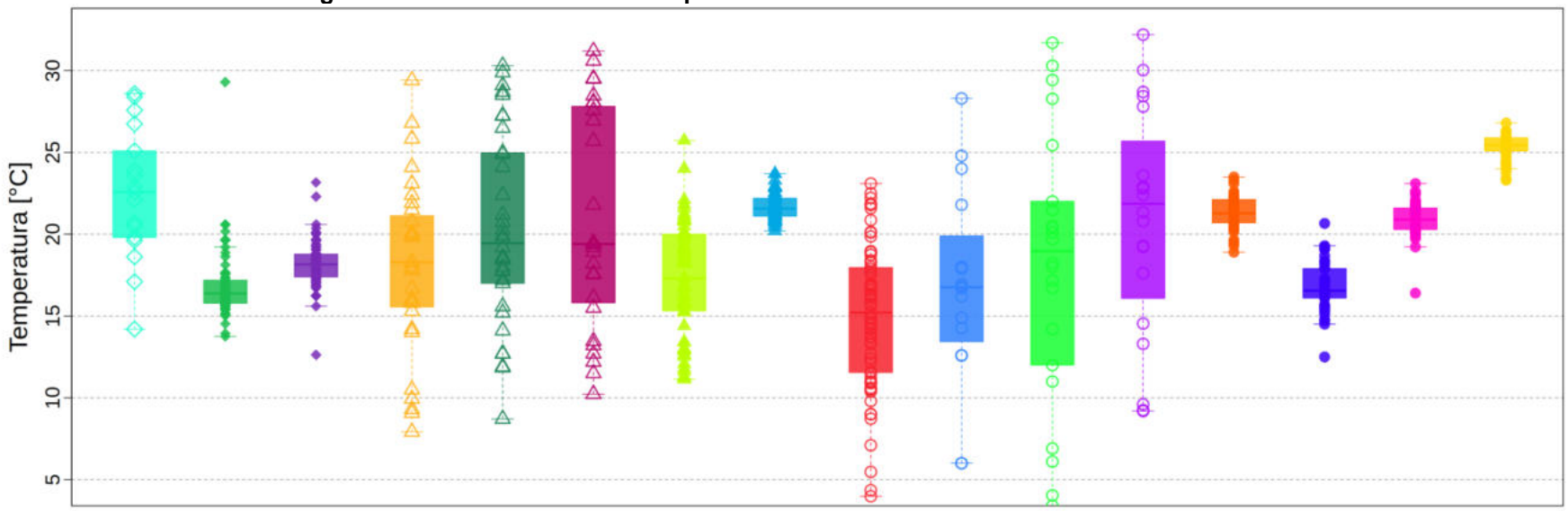


Fuente: Elaboración propia

Temperatura in situ

Los resultados de temperatura de terreno en las muestras del sector Peine indican que existe una variación estacional, con los mínimos detectados en los meses de invierno y los máximos en los meses de verano. Respecto a las aguas superficiales, se puede observar que estas cuentan con alta variabilidad, con medianas entre 15,21 °C (Anterepresa Tilomonte) y 22,58 °C (LM-08), sin una diferencia tan clara respecto al tipo de agua superficial. Respecto a las aguas subterráneas, estas cuentan con mínimos más altos que las aguas superficiales y con una variabilidad que no posee una relación clara respecto a su clasificación, con medianas que van desde 16,38 °C (MPS-AB) y 25,46 °C (PP-03). El comportamiento de la temperatura se puede observar en la Figura 6-112 y Figura 6-113.

Figura 6-112 Estadística de la temperatura de terreno en muestras de sector Peine.

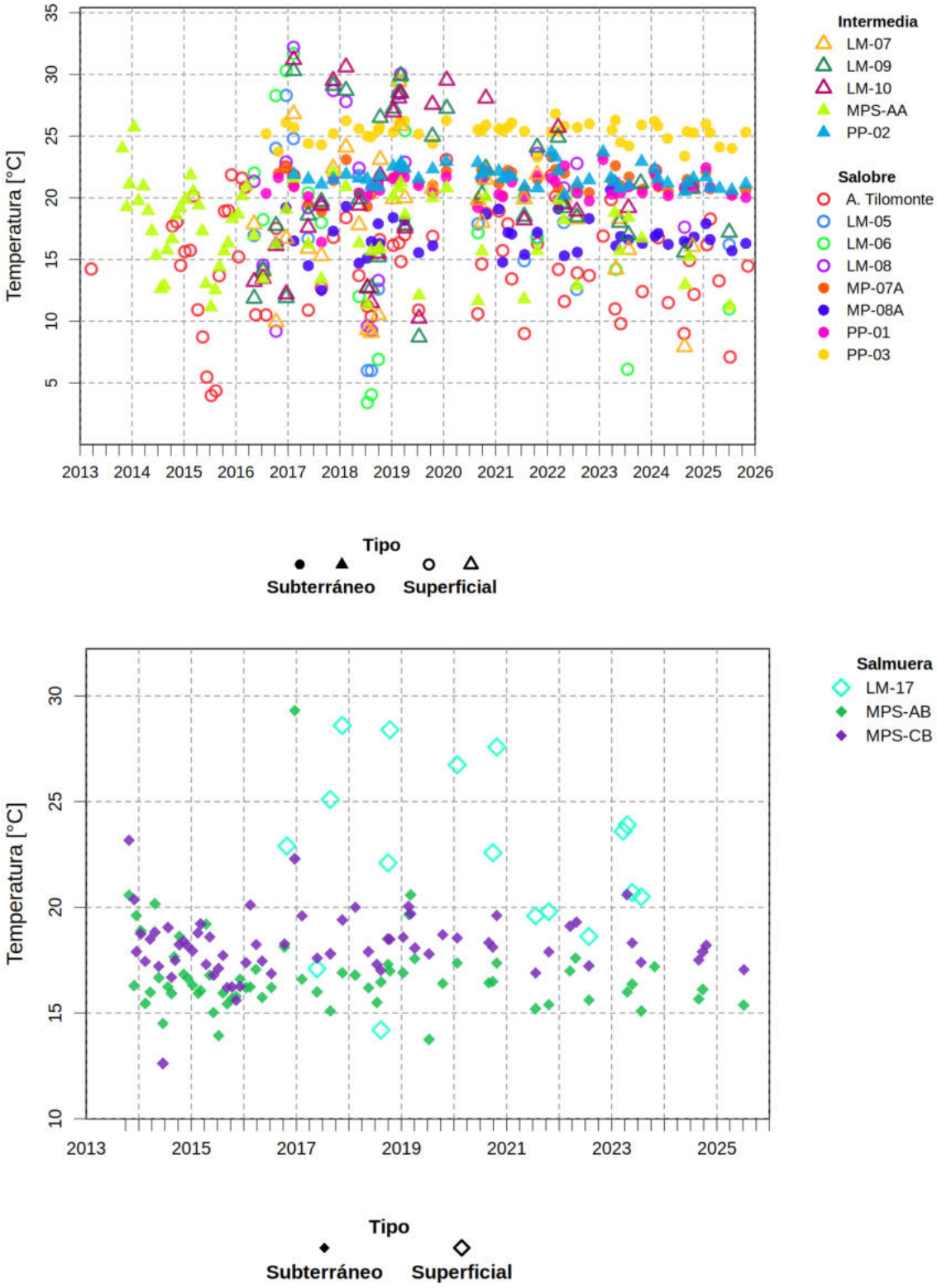


	LM-17	MPS-AB	MPS-CB	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	17	66	66	31	34	27	66	49	71	16	22	20	50	42	49	51
RQ	5,30	1,34	1,38	5,58	7,91	12,01	4,58	1,10	6,41	5,10	9,33	7,80	1,40	1,64	1,31	0,81
Max	28,60	29,30	23,17	29,41	30,30	31,20	25,73	23,70	23,10	28,30	31,70	32,20	23,50	20,66	23,10	26,80
P75	25,10	17,16	18,77	21,13	24,96	27,82	19,98	22,20	17,96	18,95	21,88	24,65	22,11	17,75	21,60	25,90
Mediana	22,58	16,38	18,16	18,28	19,45	19,40	17,31	21,57	15,21	16,75	18,96	21,87	21,29	16,55	20,90	25,43
P25	19,80	15,82	17,39	15,55	17,05	15,81	15,39	21,10	11,55	13,85	12,55	16,85	20,70	16,11	20,29	25,09
Min	14,20	13,75	12,62	7,92	8,71	10,23	11,14	20,20	3,98	6,00	3,40	9,19	18,90	12,50	16,40	23,30
	Salmuera			Intermedia					Salobre							

Período: mar-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-113 Variación temporal de la temperatura de terreno en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

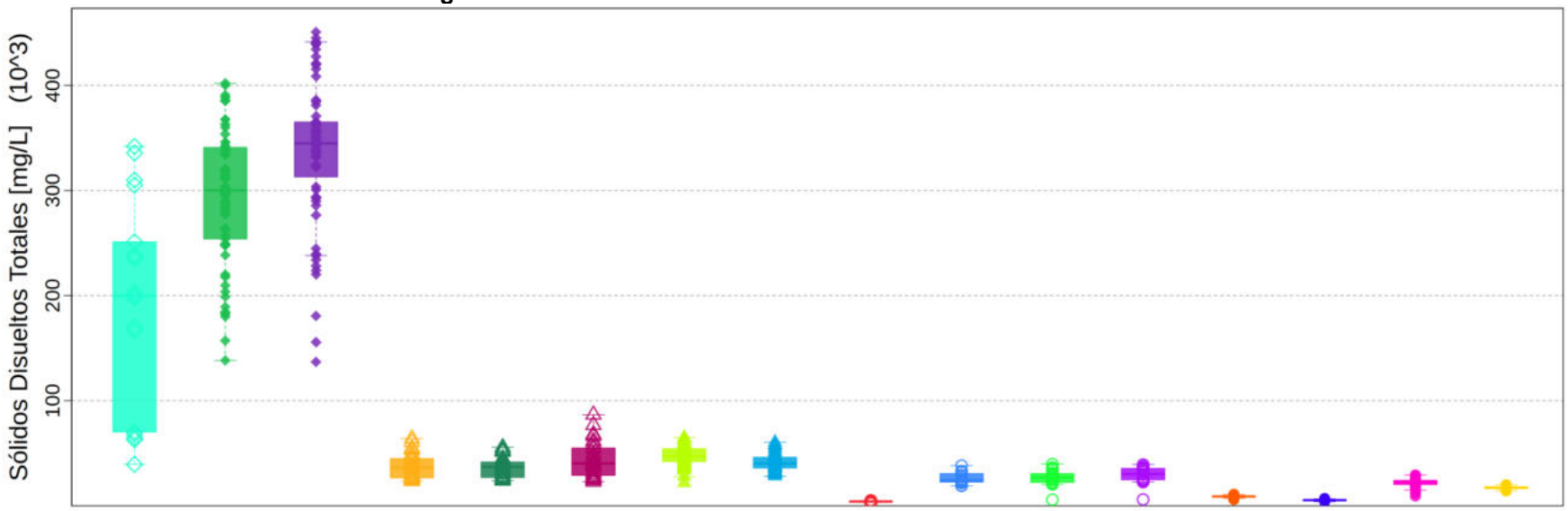
6.1.8.2.2 Parámetros Fisicoquímicos de laboratorio

Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 6-114 y Figura 6-115 se presentan los resultados de laboratorio del análisis de SDT en el Sector Peine. Existe una importante diferencia en los SDT entre las muestras de aguas superficiales y subterráneas, con una clara estacionalidad similar a la observada para CE. Respecto a las aguas superficiales, se observan medianas entre 4.088 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 199.870 mg/l en el punto LM-17, con la muestra superficial de salmuera con valores notoriamente más elevados que las muestras de agua superficial intermedias y salobres, lo cual es consistente con la clasificación de estas aguas a partir de la CE.

Para las aguas subterráneas, se observa que existe un rango más amplio en los SDT con medianas entre 5.340 mg/l en el pozo MP-08A y 344.800 mg/l en el pozo MPS-CB, con las muestras subterráneas de salmuera las que poseen los valores más elevados respecto a aguas subterráneas intermedias y salobres.

Figura 6-114 Estadística de SDT en muestras de sector Peine.

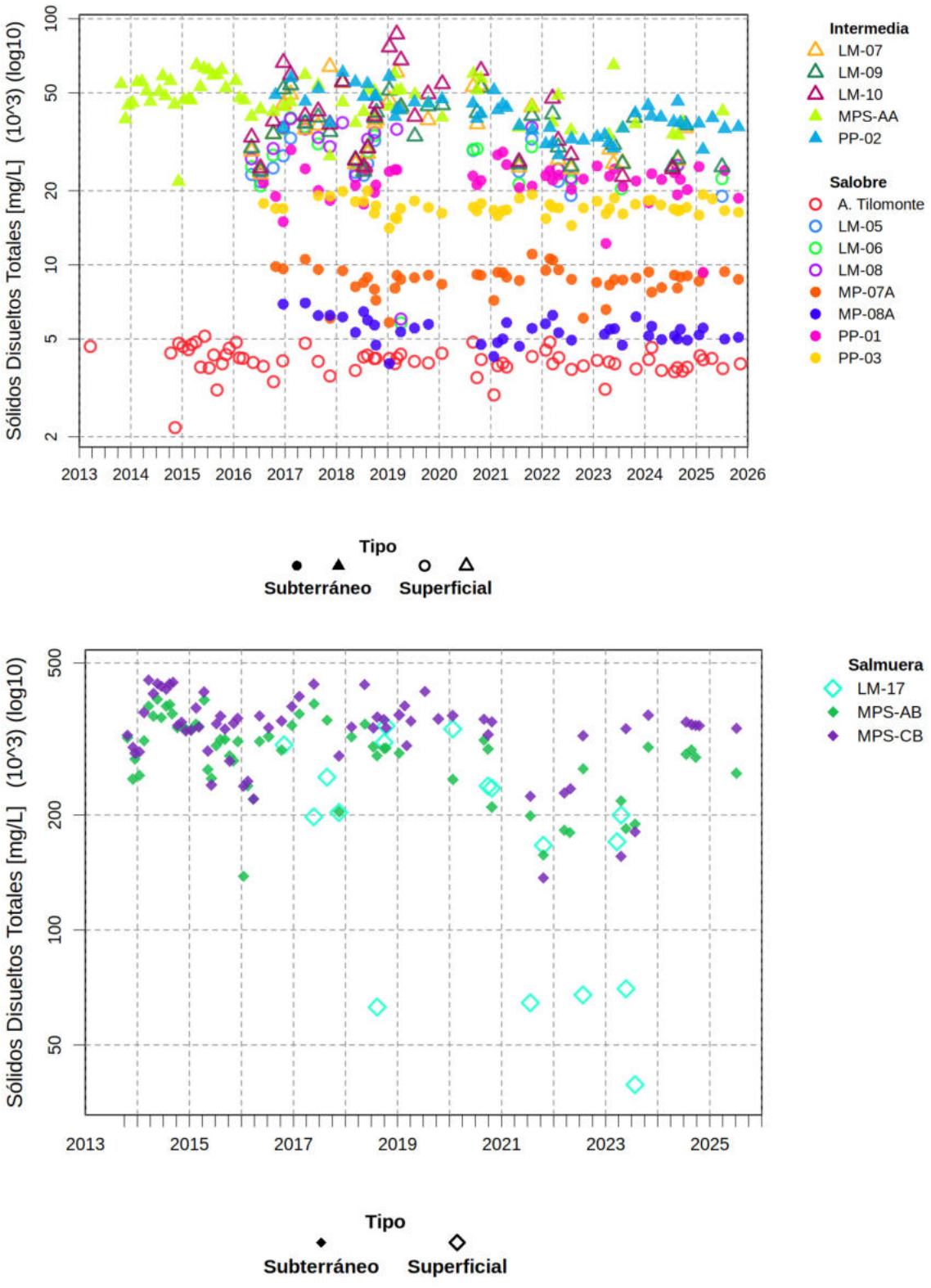


	LM-17	MPS-AB	MPS-CB	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	17	62	67	30	33	27	65	52	71	16	20	19	49	41	46	51
RQ	181.040	85.692	52.250	18.057	14.633	26.000	12.340	10.125	475	7.098	8.128	10.932	1.040	770	3.960	1.545
Max	342.000	401.992	450.794	63.900	55.680	86.667	64.994	60.500	5.130	38.220	39.610	39.260	11.048	7.000	29.350	19.980
P75	251.200	340.382	365.134	44.655	41.633	54.910	54.290	46.100	4.309	29.882	30.402	35.620	9.320	5.760	24.178	18.110
Mediana	199.870	300.150	344.800	36.450	37.000	40.250	47.250	40.148	4.070	24.346	26.985	30.200	8.860	5.340	22.151	17.020
P25	70.160	254.690	312.884	26.598	27.000	28.910	41.950	35.975	3.834	22.785	22.275	24.688	8.280	4.990	20.218	16.565
Min	39.360	138.278	136.900	23.350	23.960	22.820	21.801	27.960	2.180	19.000	5.802	6.020	5.833	3.967	9.310	14.100
	Salmuera			Intermedia					Salobre							

Período: mar-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-115 Variación temporal de SDT en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



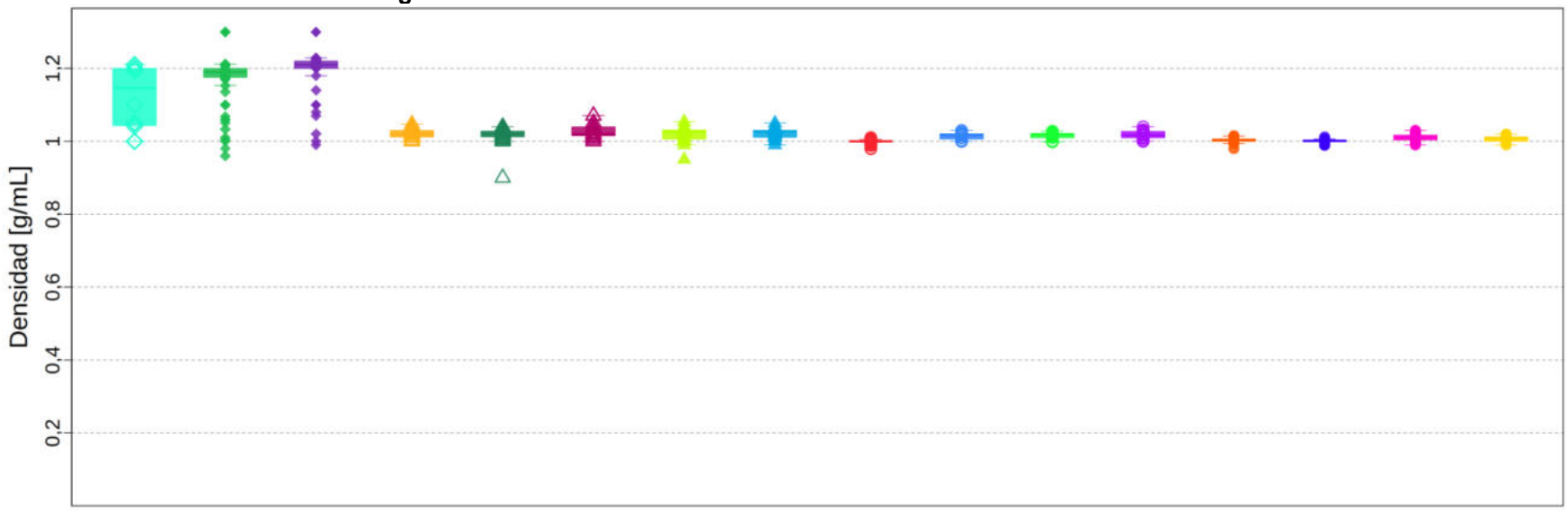
Fuente: Elaboración propia

Densidad

Con respecto a la densidad, se observa que en general esta sigue la misma tendencia que los SDT y CE. Los puntos monitoreados presentan en general leves diferencias relacionadas a la estacionalidad. Respecto a las aguas superficiales, se tienen medianas entre 1 g/ml en el punto Anterepresa Tilomonte y 1,15 g/ml en el punto LM-17, siendo la muestra de agua de salmuera más densa que el resto de las aguas superficiales.

Por parte de las aguas subterráneas, presentan un rango de densidades más amplio que las aguas superficiales, con medianas entre 1 g/ml (MP-07A y MP-08A) y de 1,21 g/ml en el pozo MPS-CB, en donde las muestras subterráneas de salmuera son notoriamente más densas que las aguas subterráneas intermedias y salobres. Estos valores de densidad se observan en la Figura 6-116 y Figura 6-117.

Figura 6-116 Estadística de la densidad en muestras de sector Peine.

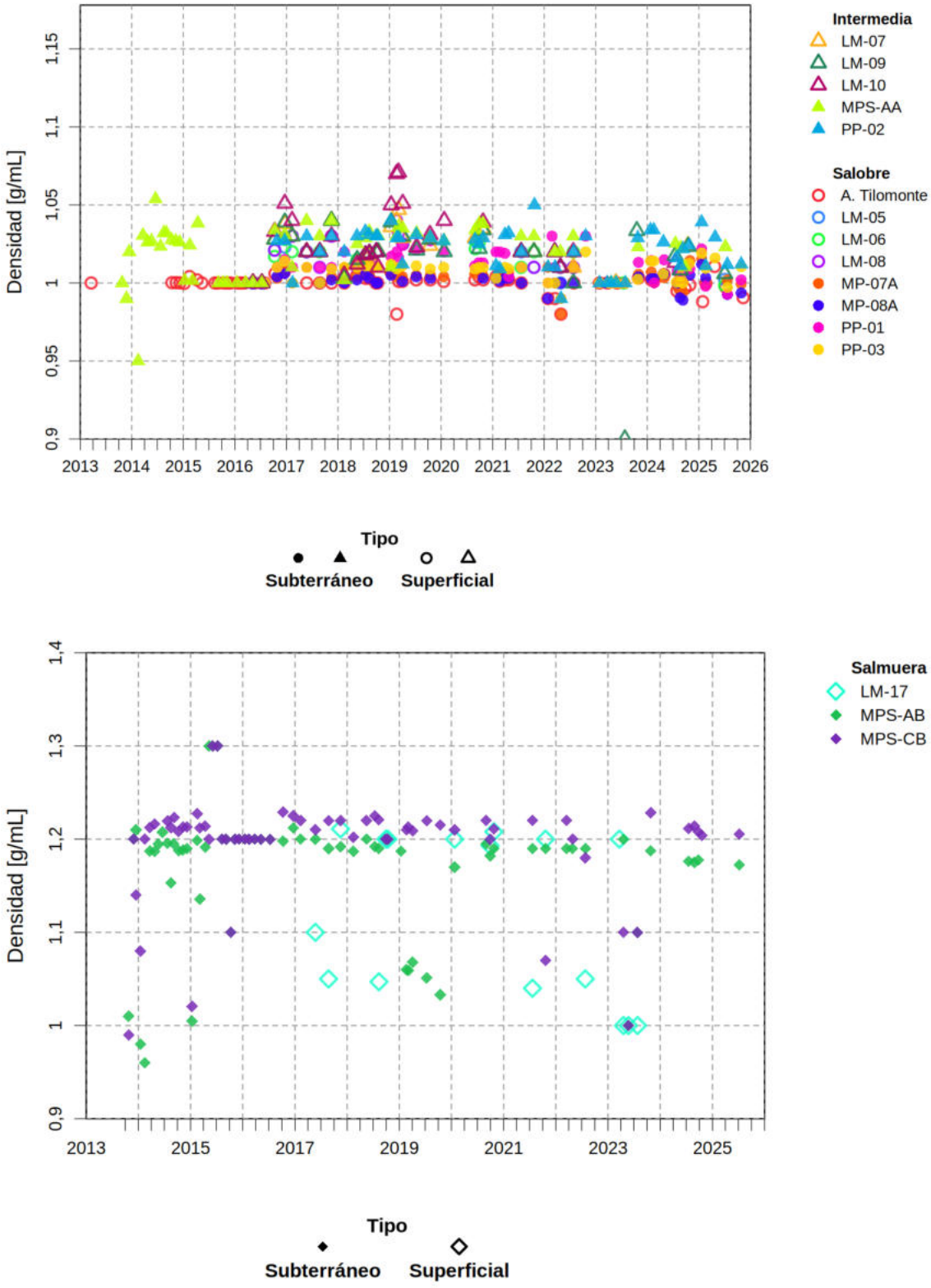


	LM-17	MPS-AB	MPS-CB	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	16	67	65	29	32	27	59	51	66	16	20	20	47	41	50	50
RQ	0,15	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01
Max	1,21	1,30	1,30	1,05	1,04	1,07	1,05	1,05	1,01	1,03	1,03	1,04	1,02	1,01	1,03	1,02
P75	1,20	1,20	1,22	1,03	1,03	1,04	1,03	1,03	1,00	1,02	1,02	1,03	1,01	1,00	1,02	1,01
Mediana	1,15	1,19	1,21	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,00	1,02	1,02	1,02	1,00	1,00	1,01	1,01
P25	1,05	1,18	1,20	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00
Min	1,00	0,96	0,99	1,00	0,90	1,00	0,95	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	0,99	0,99
	Salmuera			Intermedia					Salobre							

Período: mar-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-117 Variación temporal de la densidad en muestras de sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

6.1.8.2.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

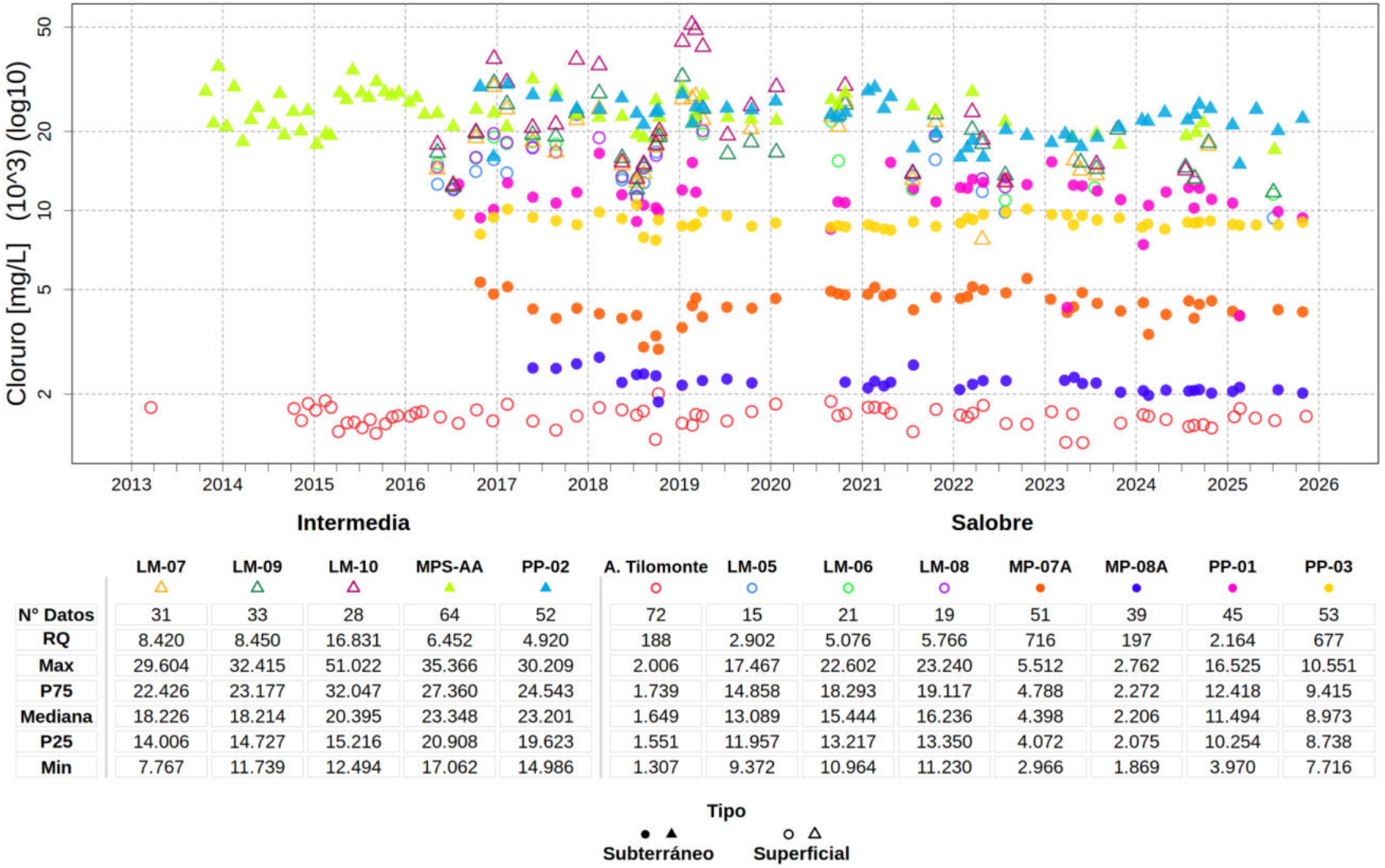
Aniones mayores

Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}). A modo general, los aniones presentan una estacionalidad apreciable en aguas superficiales pero difícil de determinar en aguas subterráneas, a excepción de los puntos PP-XX y MPS-AA, en los cuales si se observa estacionalidad.

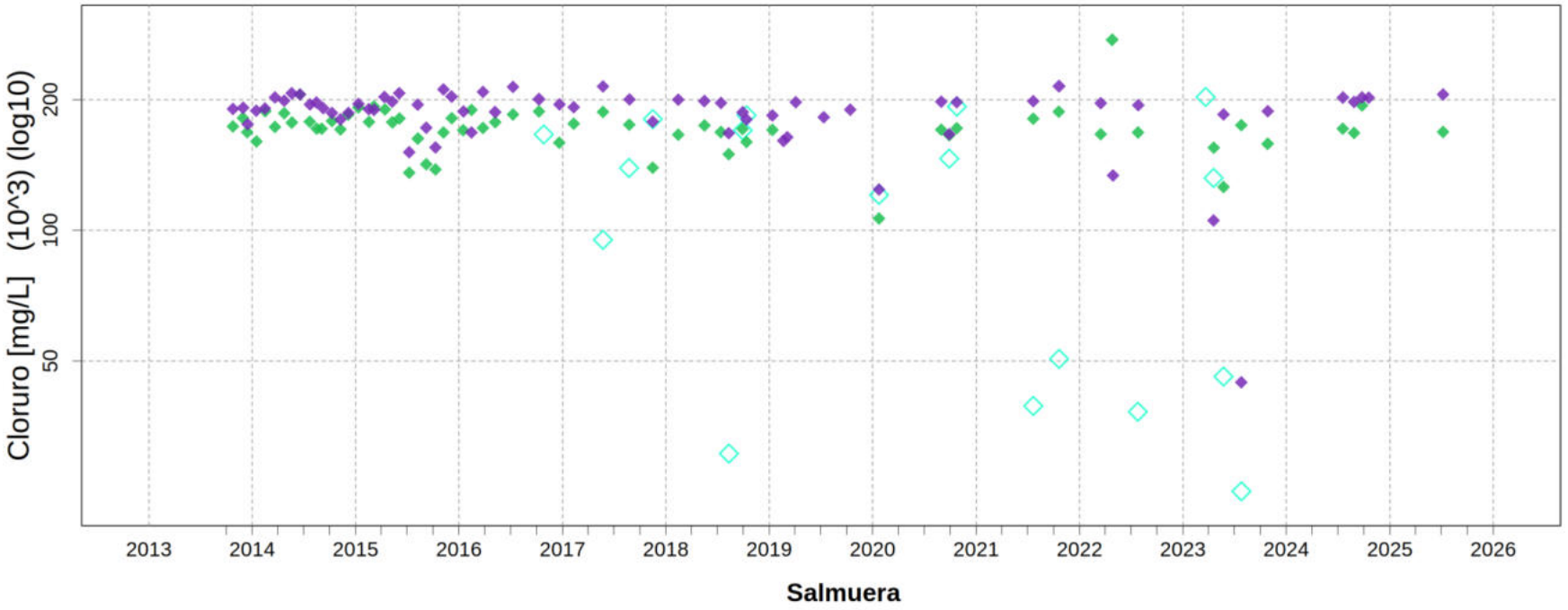
Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores, por lo que responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT, con un rango mucho más amplio en aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales. Dentro de las aguas superficiales, destaca el comportamiento de las aguas intermedias (LM-07, LM-09 y LM-10), las cuales presentan un descenso en sus concentraciones desde 2019 a la fecha. Las aguas superficiales presentan medianas de cloruro entre 1.649 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 132.058 mg/l en el punto LM-17. De forma similar a otros parámetros analizados anteriormente, la muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de cloruro mayores que el resto de las aguas superficiales.

Respecto a las aguas subterráneas, poseen medianas entre 2.195 mg/l en el pozo MP-08A y de 195.094 mg/l en el pozo MPS-CB, con las concentraciones de cloruro notoriamente más altas en muestras subterráneas de salmuera, respecto a las aguas subterráneas salobres e intermedias. La tendencia de las concentraciones de cloruro se observa en la Figura 6-118.

Figura 6-118 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de cloruro en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07 △	LM-09 △	LM-10 △	MPS-AA ▲	PP-02 ▲	A. Tilomonte ○	LM-05 ○	LM-06 ○	LM-08 ○	MP-07A ●	MP-08A ●	PP-01 ●	PP-03 ●
N° Datos	31	33	28	64	52	72	15	21	19	51	39	45	53
RQ	8.420	8.450	16.831	6.452	4.920	188	2.902	5.076	5.766	716	197	2.164	677
Max	29.604	32.415	51.022	35.366	30.209	2.006	17.467	22.602	23.240	5.512	2.762	16.525	10.551
P75	22.426	23.177	32.047	27.360	24.543	1.739	14.858	18.293	19.117	4.788	2.272	12.418	9.415
Mediana	18.226	18.214	20.395	23.348	23.201	1.649	13.089	15.444	16.236	4.398	2.206	11.494	8.973
P25	14.006	14.727	15.216	20.908	19.623	1.551	11.957	13.217	13.350	4.072	2.075	10.254	8.738
Min	7.767	11.739	12.494	17.062	14.986	1.307	9.372	10.964	11.230	2.966	1.869	3.970	7.716

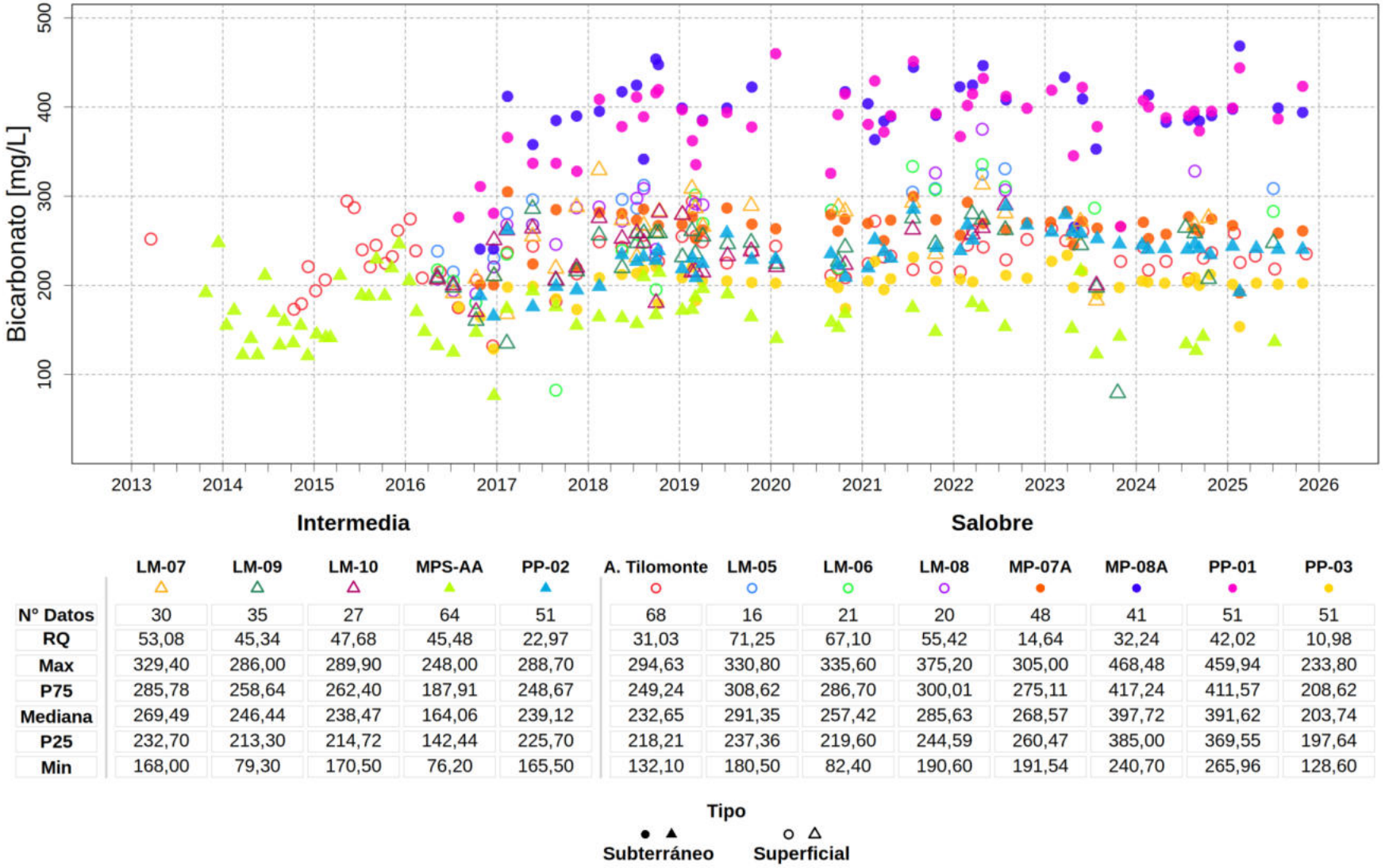


	LM-17	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	17	62	68
RQ	123.959	14.223	16.631
Max	202.917	275.049	214.898
P75	170.000	181.127	200.250
Mediana	132.058	172.066	193.216
P25	46.041	166.904	183.620
Min	25.042	106.435	44.686

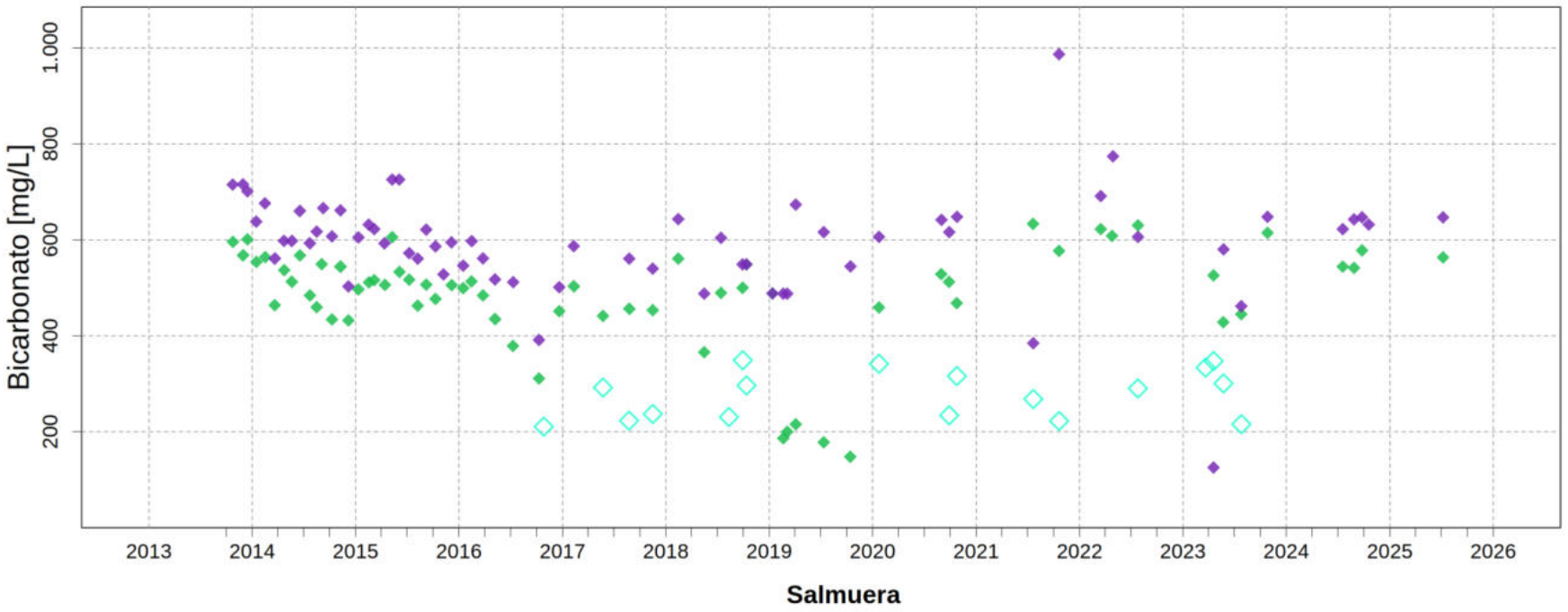
Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de bicarbonatos poseen diferencias entre aguas superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales presentan concentraciones de bicarbonato en general menores, con medianas desde 233 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte a 291 mg/l en el punto LM-05. No se observa una tendencia clara entre los diferentes tipos de aguas superficiales. Las aguas subterráneas poseen medianas desde 164 mg/l en el pozo MPS-AA hasta 606 mg/l en el punto MPS-CB. Las concentraciones de bicarbonato se observan en la Figura 6-119.

Figura 6-119 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	30	35	27	64	51	68	16	21	20	48	41	51	51
RQ	53,08	45,34	47,68	45,48	22,97	31,03	71,25	67,10	55,42	14,64	32,24	42,02	10,98
Max	329,40	286,00	289,90	248,00	288,70	294,63	330,80	335,60	375,20	305,00	468,48	459,94	233,80
P75	285,78	258,64	262,40	187,91	248,67	249,24	308,62	286,70	300,01	275,11	417,24	411,57	208,62
Mediana	269,49	246,44	238,47	164,06	239,12	232,65	291,35	257,42	285,63	268,57	397,72	391,62	203,74
P25	232,70	213,30	214,72	142,44	225,70	218,21	237,36	219,60	244,59	260,47	385,00	369,55	197,64
Min	168,00	79,30	170,50	76,20	165,50	132,10	180,50	82,40	190,60	191,54	240,70	265,96	128,60



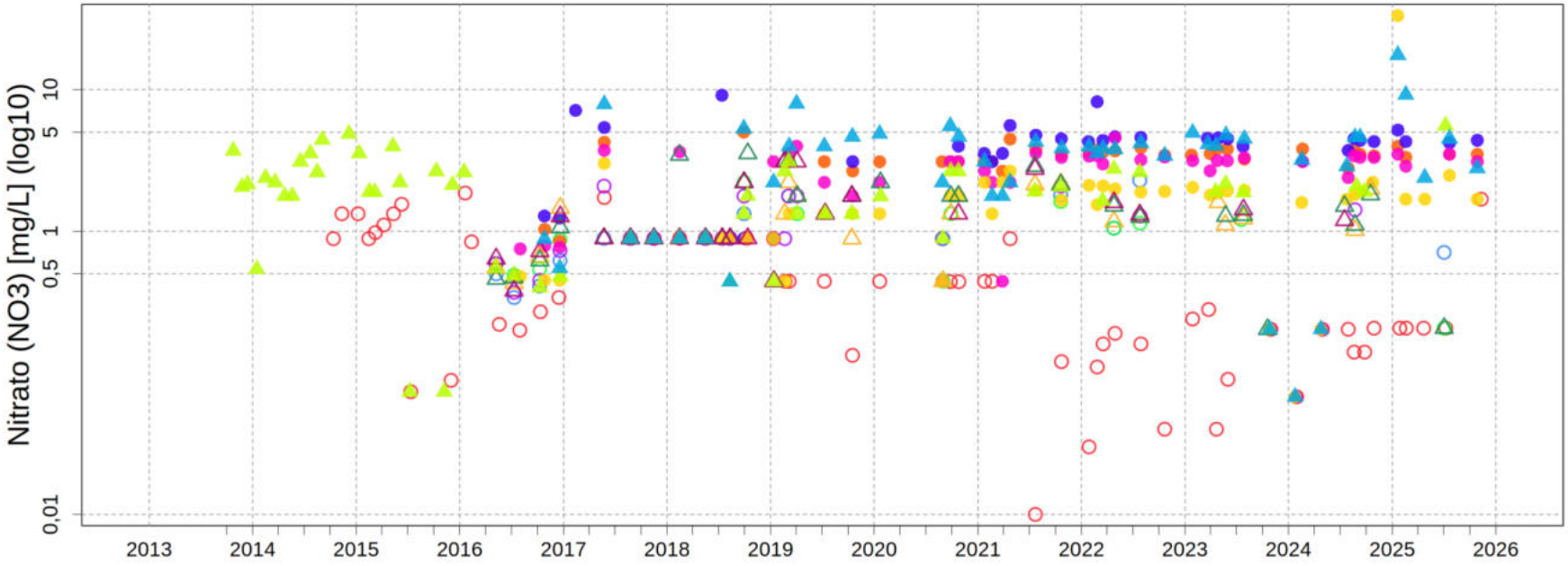
	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	65	66
RQ	85,40	93,00	96,69
Max	348,92	633,20	986,50
P75	315,98	549,00	645,69
Mediana	290,20	506,30	604,51
P25	230,58	456,00	549,00
Min	210,60	147,68	125,00

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

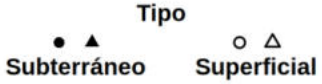
Fuente: Elaboración propia

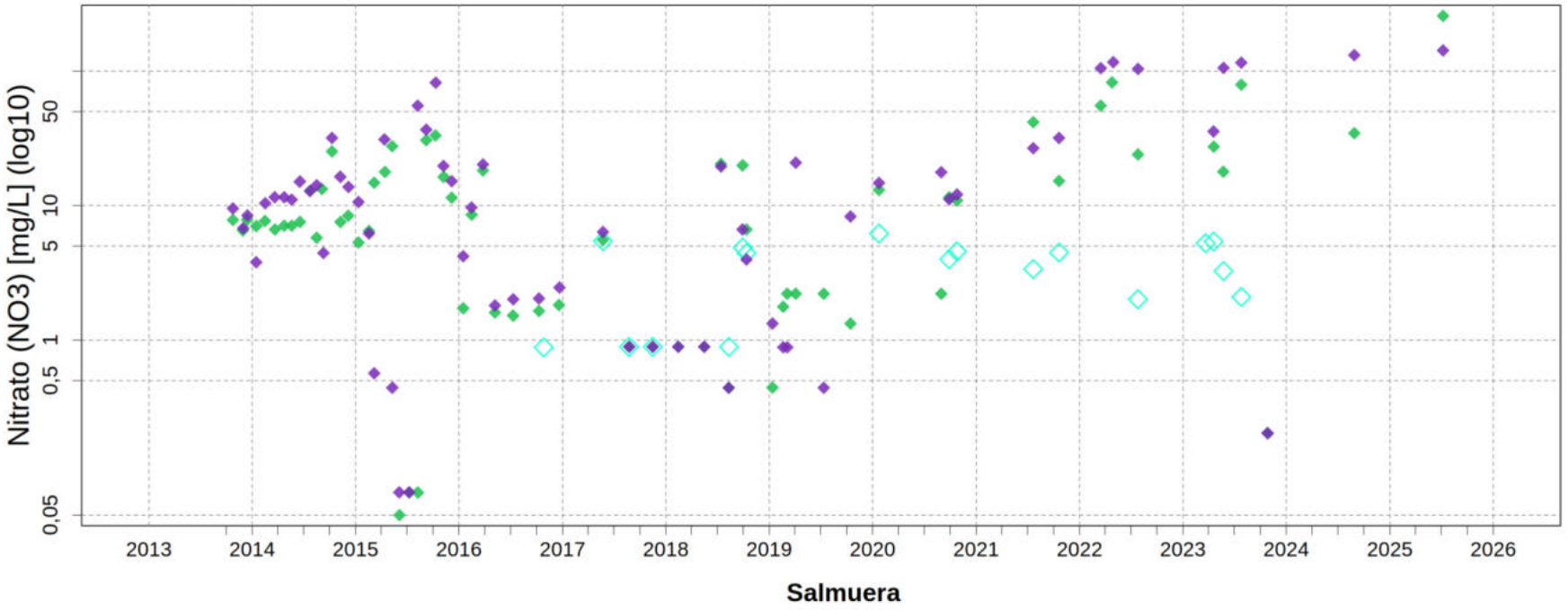
Los valores del nitrato presentan gran variabilidad entre aguas superficiales y subterráneas. En aguas superficiales se tienen concentraciones de nitrato en general menores, con medianas desde 0,44 mg/l (Anterepresa Tilomonte) y 3,99 mg/l en el punto LM-17, con el agua de salmuera con valores notoriamente superiores al resto de aguas superficiales. Respecto a las aguas subterráneas, las medianas varían entre 1,68 mg/l (PP-03) y 11,16 mg/l en el punto MPS-CB. Destacan altas concentraciones de nitrato en aguas subterráneas de salmuera, por sobre el resto de las aguas subterráneas. Las concentraciones de nitrato se observan en la Figura 6-120.

Figura 6-120 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de nitrato en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	28	33	24	56	47	60	13	17	17	46	41	48	48
RQ	0,75	0,93	0,57	1,73	2,61	0,71	0,43	0,74	0,89	1,01	3,29	2,44	1,05
Max	2,21	3,54	3,10	5,58	17,58	1,86	2,28	2,21	2,08	5,00	9,12	4,57	33,29
P75	1,64	1,82	1,46	2,62	4,60	0,89	1,05	1,33	1,77	3,67	4,53	3,33	1,94
Mediana	1,14	1,30	1,04	1,90	3,84	0,39	0,89	0,89	0,89	3,28	4,21	3,10	1,68
P25	0,89	0,89	0,89	0,89	1,99	0,18	0,62	0,59	0,89	2,66	1,24	0,89	0,89
Min	0,43	0,20	0,38	0,07	0,07	0,01	0,34	0,21	0,37	0,07	0,07	0,07	0,07





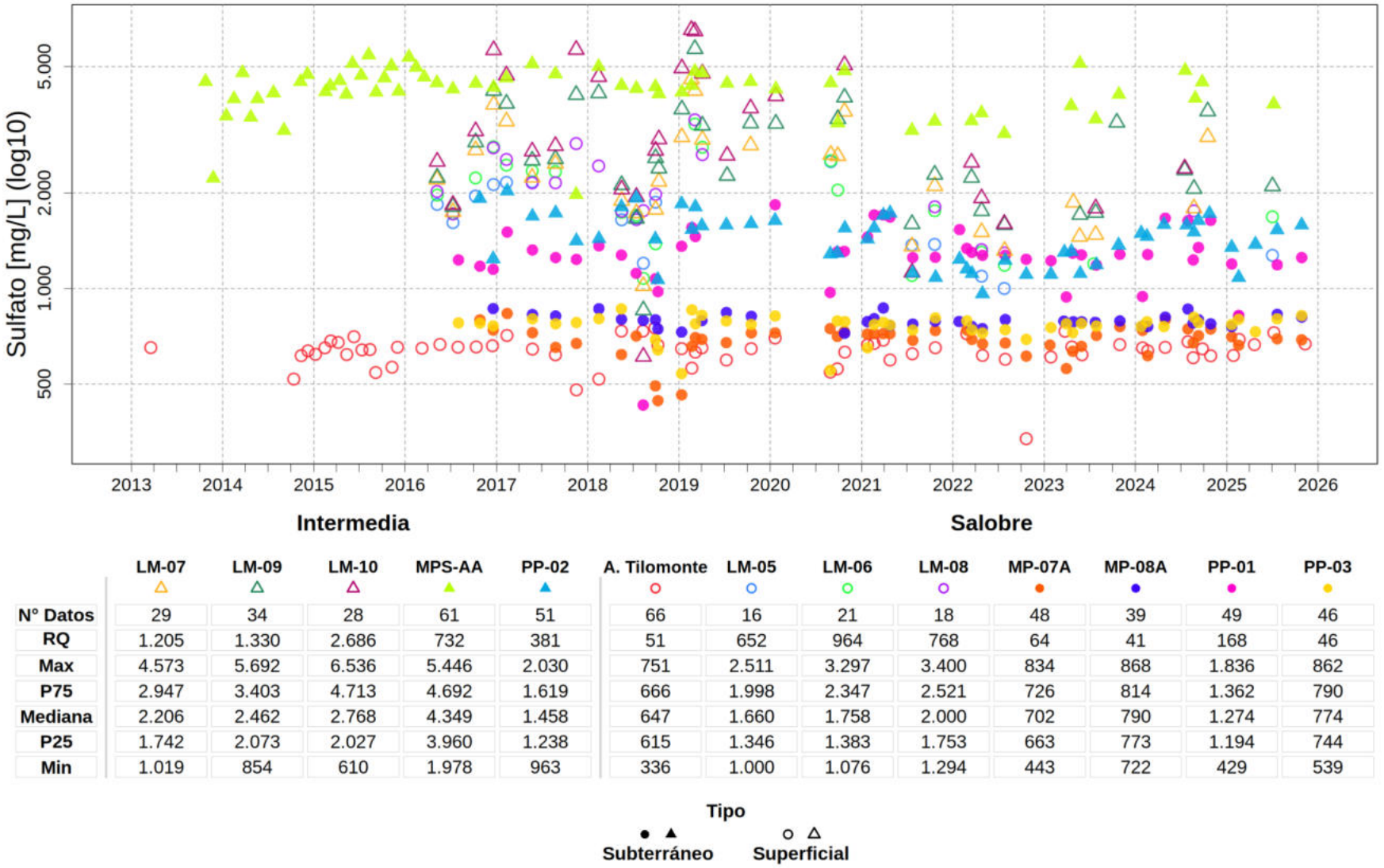
	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	64	64
RQ	2,86	15,93	18,32
Max	6,19	256,90	142,42
P75	4,87	17,74	20,34
Mediana	3,99	7,52	10,84
P25	2,01	1,81	2,02
Min	0,88	0,05	0,07

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

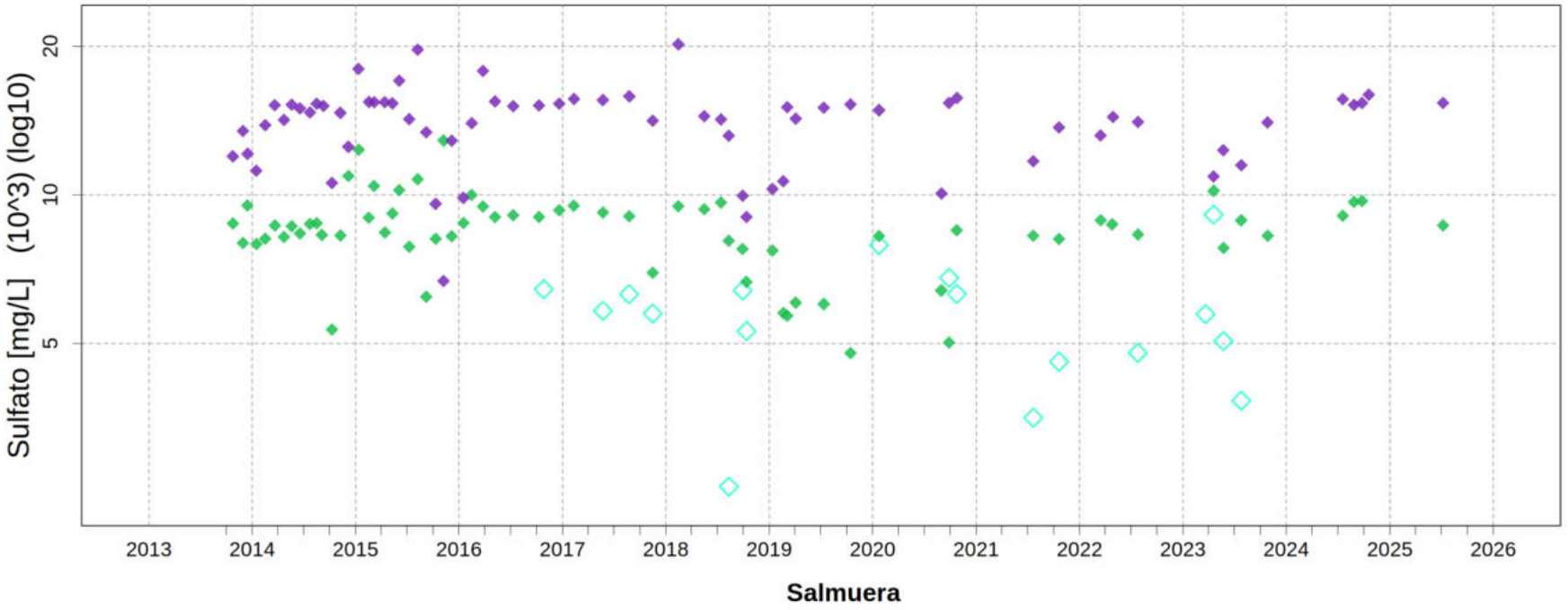
Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sulfatos, al igual que en el caso de los cloruros, existe un rango mucho más amplio en las aguas subterráneas respecto a las aguas superficiales. Las aguas superficiales poseen medianas entre 649 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 5.748 mg/l en el punto LM-17. Se observan concentraciones de sulfato mayores en el agua tipo salmuera respecto a aguas superficiales salobres e intermedias. Respecto a aguas subterráneas, se tienen concentraciones de sulfato con medianas entre 708 mg/l en el punto MP-07A y 14.768 mg/l en el punto MPS-CB, con las concentraciones más altas en las aguas subterráneas de salmuera. Las concentraciones de sulfato se pueden observar en la Figura 6-121.

Figura 6-121 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sulfato en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07 △	LM-09 △	LM-10 △	MPS-AA ▲	PP-02 ▲	A. Tilomonte ○	LM-05 ○	LM-06 ○	LM-08 ○	MP-07A ●	MP-08A ●	PP-01 ●	PP-03 ●
N° Datos	29	34	28	61	51	66	16	21	18	48	39	49	46
RQ	1.205	1.330	2.686	732	381	51	652	964	768	64	41	168	46
Max	4.573	5.692	6.536	5.446	2.030	751	2.511	3.297	3.400	834	868	1.836	862
P75	2.947	3.403	4.713	4.692	1.619	666	1.998	2.347	2.521	726	814	1.362	790
Mediana	2.206	2.462	2.768	4.349	1.458	647	1.660	1.758	2.000	702	790	1.274	774
P25	1.742	2.073	2.027	3.960	1.238	615	1.346	1.383	1.753	663	773	1.194	744
Min	1.019	854	610	1.978	963	336	1.000	1.076	1.294	443	722	429	539



	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	67	68
RQ	1.617	1.227	2.560
Max	9.121	12.874	20.175
P75	6.400	9.260	15.348
Mediana	5.748	8.668	14.546
P25	4.783	8.033	12.788
Min	2.564	4.779	6.695

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

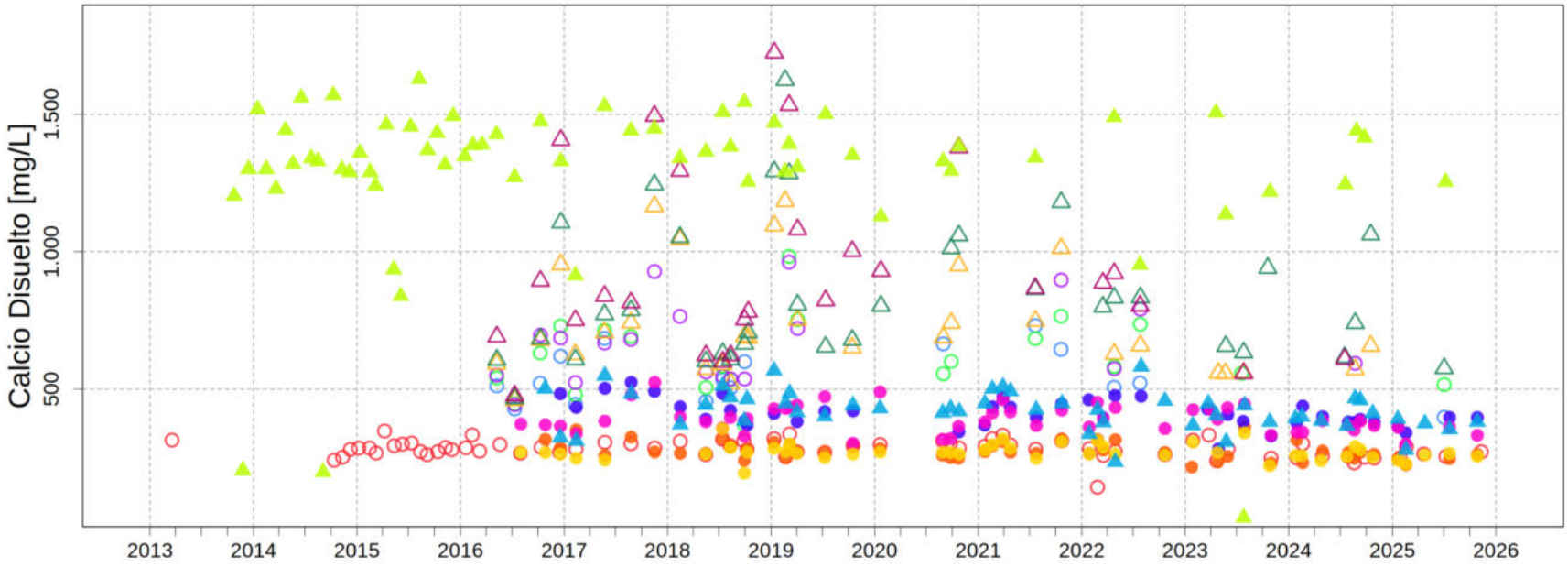
Fuente: Elaboración propia

Cationes mayores

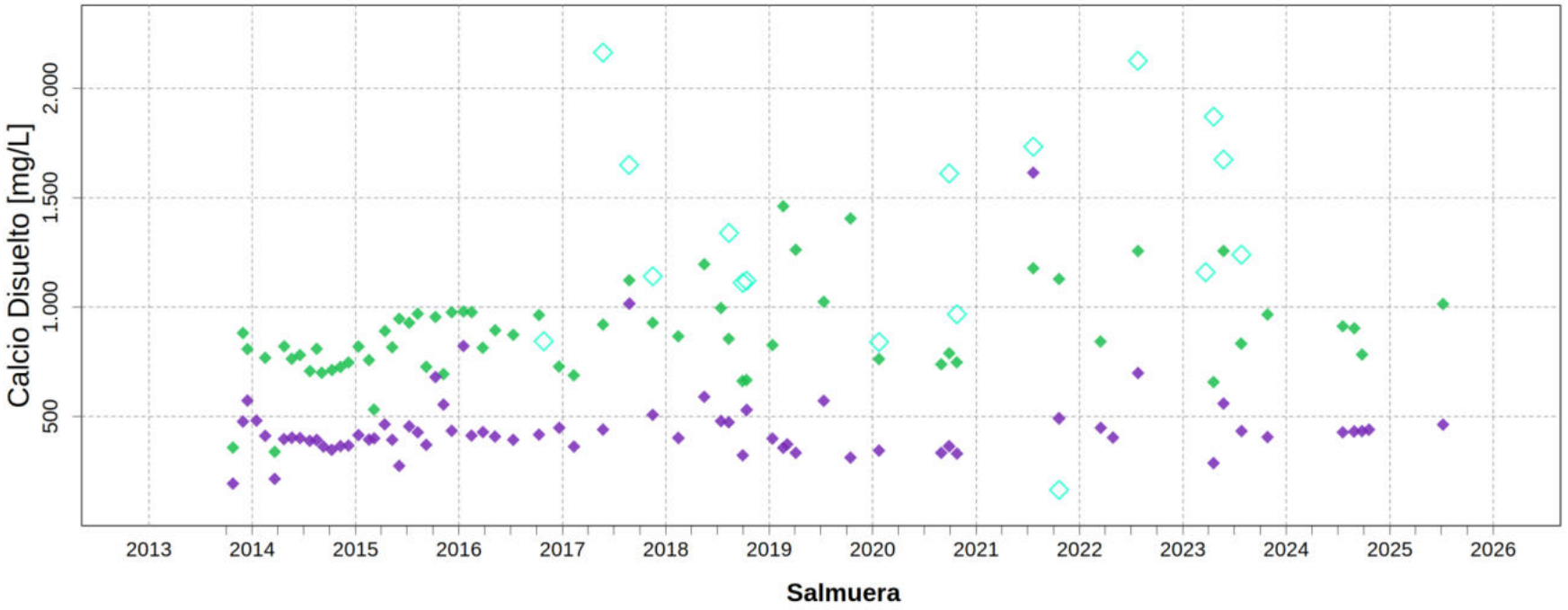
Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}). Una característica común a los cationes considerados es que los pozos que monitorean la salmuera presentan las mayores concentraciones, mientras que los pozos correspondientes a aguas salobres e intermedias presentan valores semejantes a las concentraciones de las aguas superficiales, a excepción de las concentraciones de calcio disuelto en aguas subterráneas de salmuera, las cuales presentan concentraciones similares al resto de puntos analizados. De forma similar a los aniones, los cationes presentan una estacionalidad en aguas superficiales y en ocasiones en los puntos MPS-AA y PP-XX (en particular PP-02). La concentración de cationes (y de otros elementos también) ocurre debido a procesos de concentración como lo son la evaporación, naturalmente afectando mayormente a las aguas superficiales, además que los puntos ubicados en la zona lagunar corresponde a la descarga del sistema.

Las concentraciones de calcio disuelto muestran un rango de variación para las aguas superficiales con medianas desde 282 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 1.239 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de calcio disuelto mayores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro similar, con medianas desde 270 mg/l en el punto MP-07A y 1.349 mg/l en el punto MPS-AA. Las concentraciones de calcio disuelto se observan en la Figura 6-122.

Figura 6-122 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de calcio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	30	35	27	65	51	71	16	21	19	49	42	51	47
RQ	161	389	321	170	81	39	134	179	194	39	57	68	28
Max	1.184	1.624	1.724	1.628	583	348	731	983	962	363	525	525	357
P75	751	1.032	1.042	1.442	462	302	626	714	743	294	438	428	285
Mediana	683	787	839	1.342	425	284	522	584	668	271	404	384	267
P25	591	644	721	1.271	382	263	493	535	549	255	381	360	257
Min	460	467	477	33	236	144	398	371	443	217	283	301	195



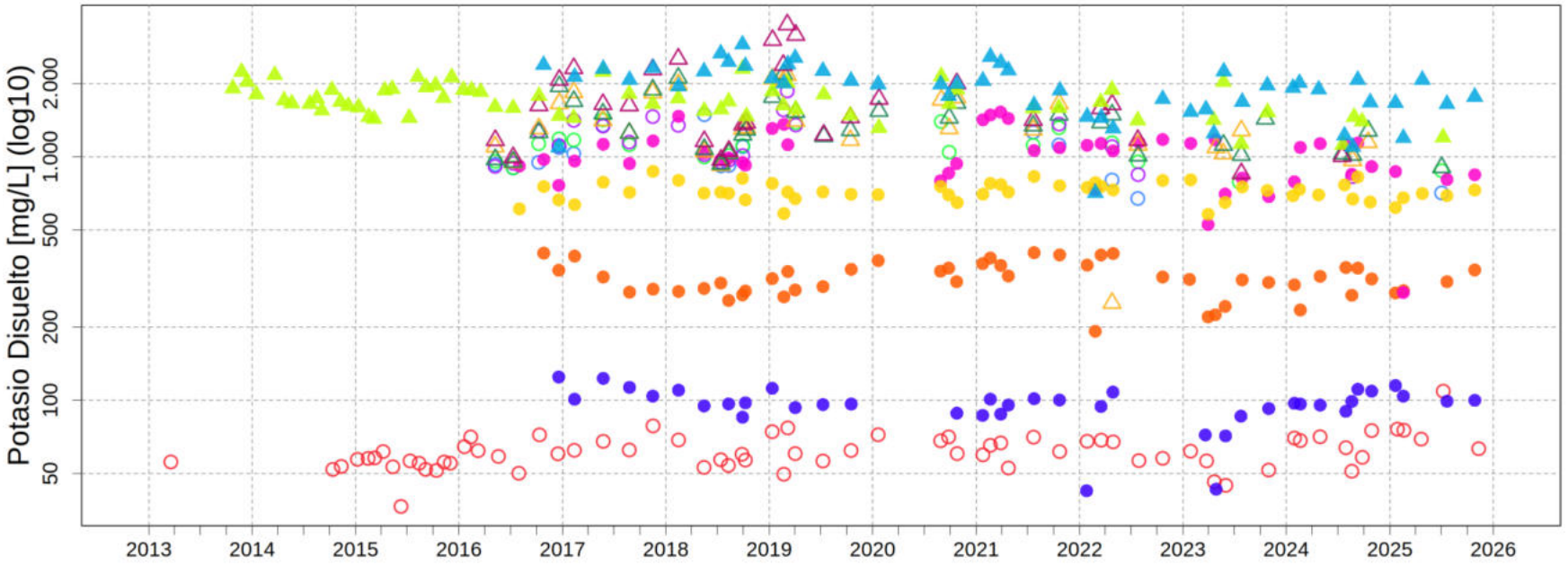
	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	64	68
RQ	563	220	97
Max	2.164	1.461	1.614
P75	1.674	967	466
Mediana	1.240	838	411
P25	1.111	747	369
Min	164	338	192

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

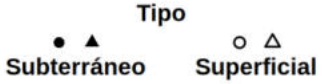
Fuente: Elaboración propia

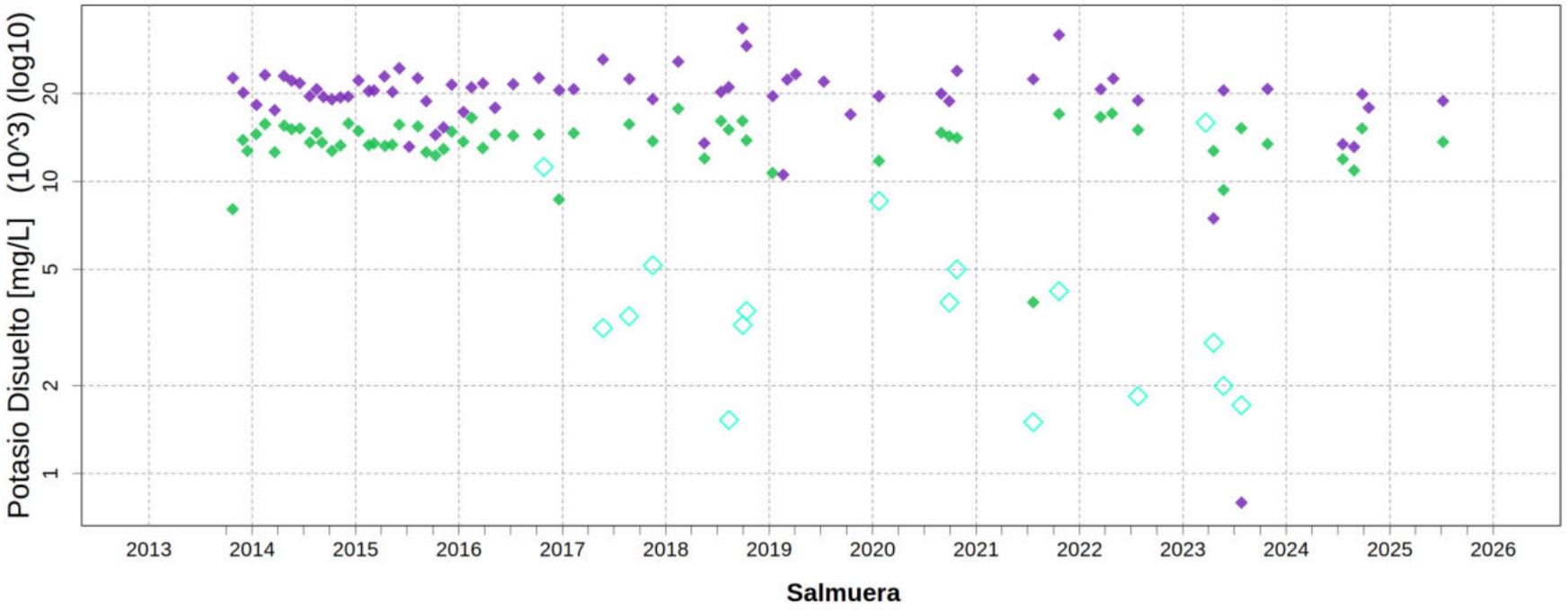
El potasio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 61 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 3.455 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de potasio disuelto mayores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores de medianas entre 97 mg/l en el punto MP-08A y 20.254 mg/l en el punto MPS-CB. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de potasio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres e intermedia. Las concentraciones de potasio disuelto se observan en la Figura 6-123.

Figura 6-123 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de potasio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	31	34	28	64	51	70	15	20	20	50	40	48	51
RQ	590	478	954	341	594	13	201	219	389	68	12	282	78
Max	2.164	2.188	3.494	2.298	2.895	109	1.490	1.418	1.865	404	125	1.527	872
P75	1.686	1.521	2.124	1.882	2.249	68	1.110	1.176	1.354	349	104	1.137	764
Mediana	1.301	1.288	1.603	1.680	1.989	60	949	1.114	1.131	314	97	1.013	717
P25	1.097	1.044	1.170	1.541	1.656	56	909	957	965	281	92	855	686
Min	251	905	854	1.122	711	37	674	789	829	192	42	277	581





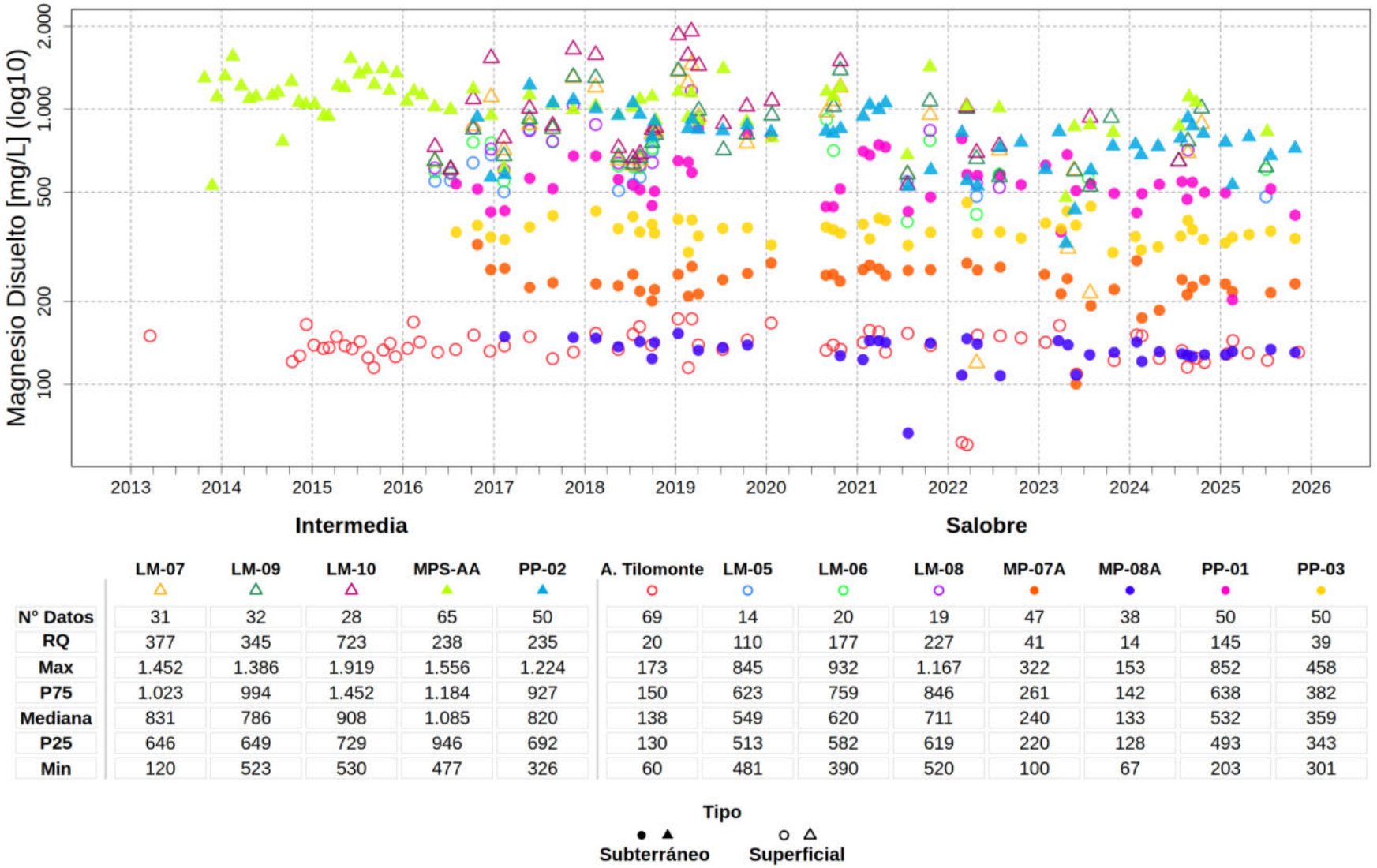
	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	60	67
RQ	3.006	2.319	3.500
Max	15.892	17.730	33.420
P75	5.002	15.173	22.357
Mediana	3.455	13.974	20.496
P25	1.996	12.854	18.856
Min	1.499	3.857	795

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

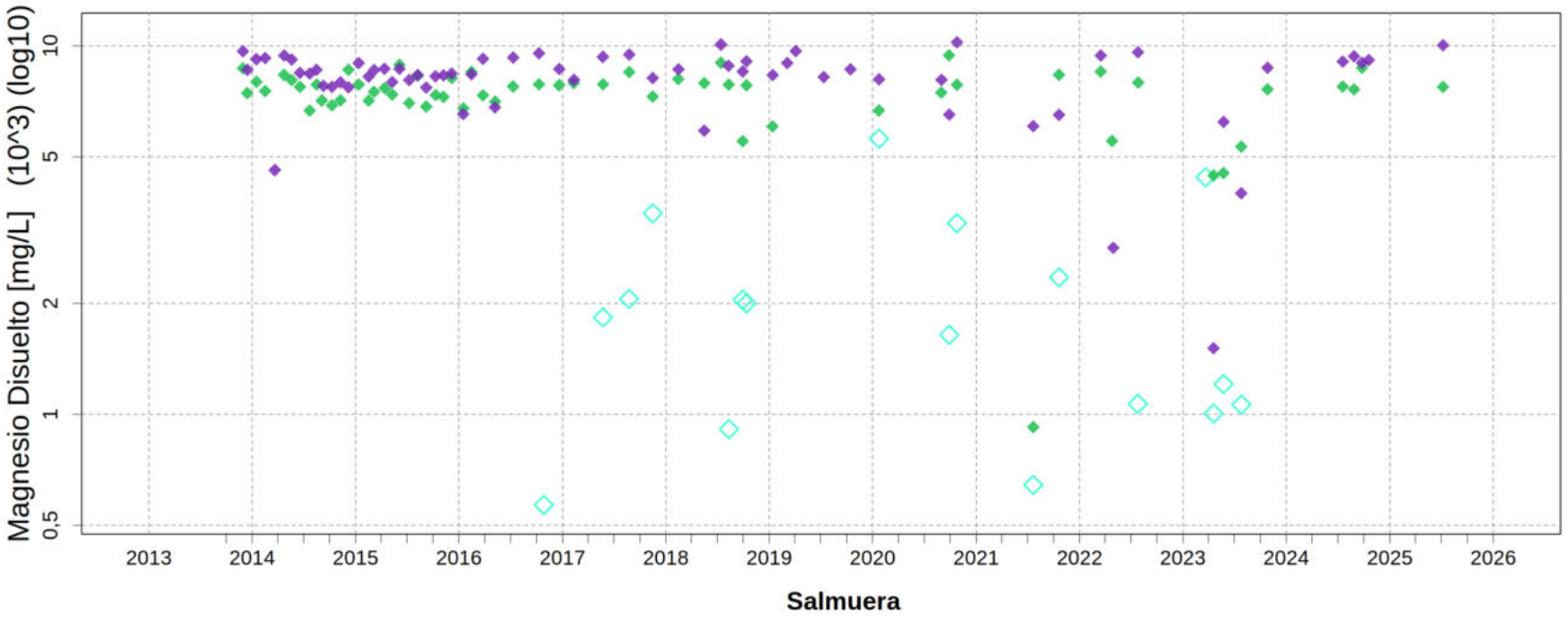
Fuente: Elaboración propia

El magnesio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 137 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 1.832 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de magnesio disuelto mayores que el resto de las aguas superficiales. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas entre 133 mg/l en el punto MP-08A y 8.608 mg/l en el punto MPS-CB. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de magnesio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres e intermedias. Las concentraciones de magnesio disuelto se observan en la Figura 6-124.

Figura 6-124 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de magnesio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07 △	LM-09 △	LM-10 △	MPS-AA ▲	PP-02 ▲	A. Tilomonte ○	LM-05 ○	LM-06 ○	LM-08 ○	MP-07A ●	MP-08A ●	PP-01 ●	PP-03 ●
N° Datos	31	32	28	65	50	69	14	20	19	47	38	50	50
RQ	377	345	723	238	235	20	110	177	227	41	14	145	39
Max	1.452	1.386	1.919	1.556	1.224	173	845	932	1.167	322	153	852	458
P75	1.023	994	1.452	1.184	927	150	623	759	846	261	142	638	382
Mediana	831	786	908	1.085	820	138	549	620	711	240	133	532	359
P25	646	649	729	946	692	130	513	582	619	220	128	493	343
Min	120	523	530	477	326	60	481	390	520	100	67	203	301



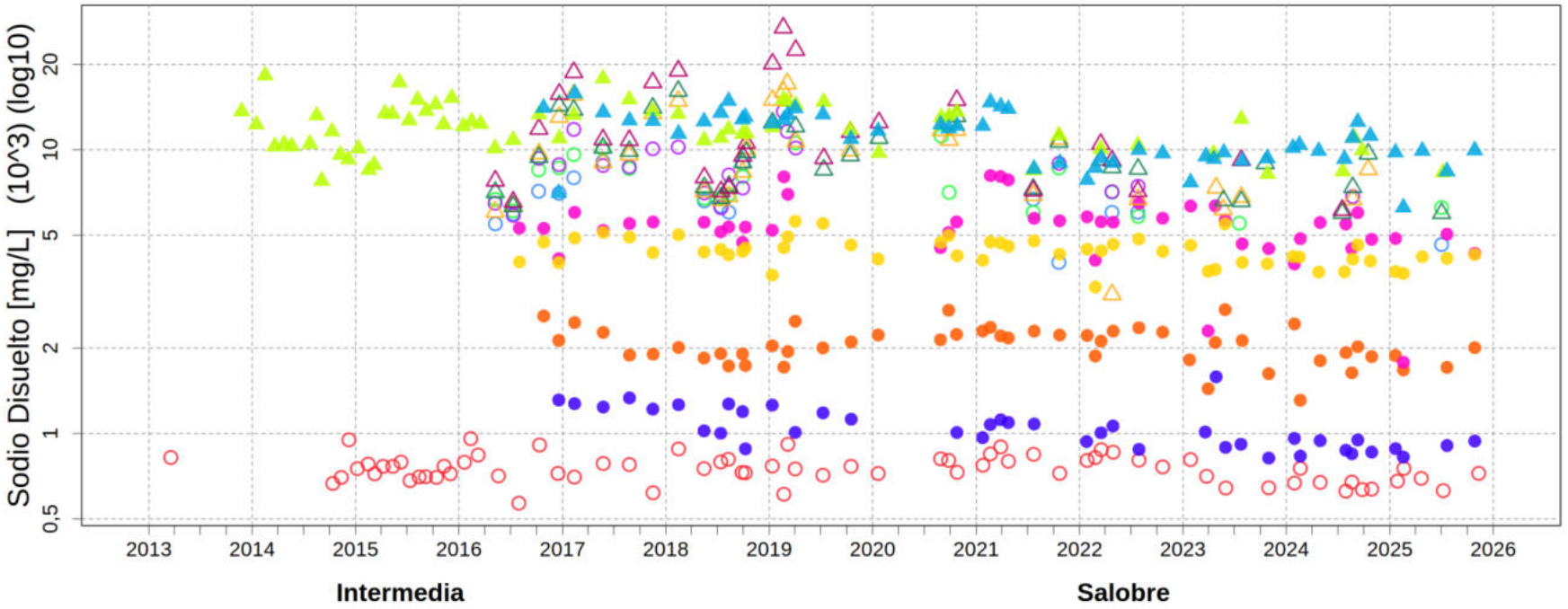
	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	60	66
RQ	1.291	896	1.181
Max	5.599	9.423	10.220
P75	2.354	8.004	9.174
Mediana	1.832	7.739	8.557
P25	1.063	7.108	7.994
Min	568	923	1.512

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

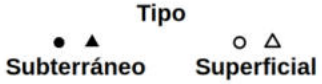
Fuente: Elaboración propia

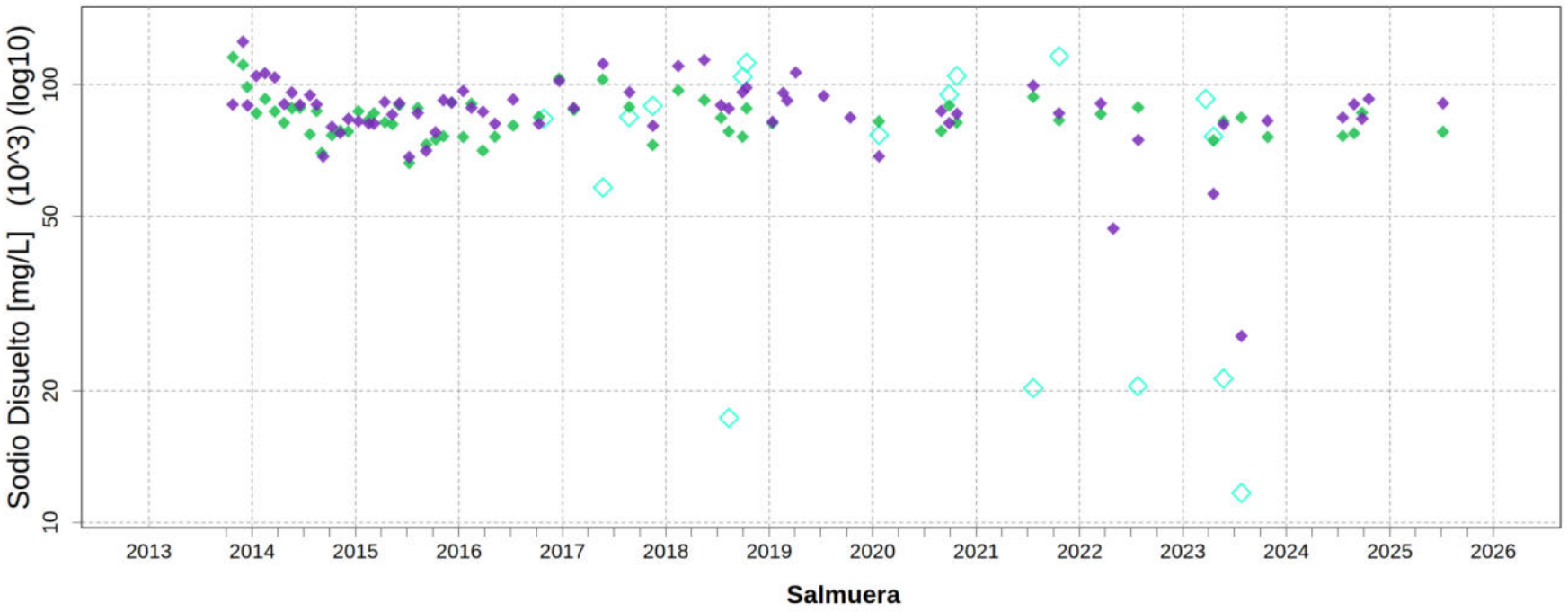
El sodio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 750 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 83.663 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de sodio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres e intermedias. Las aguas subterráneas presentan un espectro similar, con medianas entre 1.002 mg/l en el punto MP-08A y 89.626 mg/l en el punto MPS-CB. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de sodio disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres e intermedias. Las concentraciones de sodio disuelto se observan en la Figura 6-125.

Figura 6-125 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sodio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	31	33	27	62	52	71	15	20	20	51	41	46	53
RQ	4.888	3.620	7.464	3.149	3.433	103	1.100	2.056	2.999	382	276	897	635
Max	17.112	16.110	26.920	18.288	15.820	959	9.088	11.170	13.640	2.733	1.585	8.110	5.599
P75	11.720	10.990	15.343	13.440	12.778	804	7.081	8.629	10.096	2.254	1.183	5.737	4.715
Mediana	9.608	9.222	10.549	11.895	11.117	752	6.319	7.081	8.754	2.037	1.008	5.409	4.384
P25	6.832	7.370	7.879	10.291	9.345	701	5.981	6.573	7.098	1.871	907	4.840	4.080
Min	3.091	5.974	6.128	7.780	6.268	568	4.009	5.511	5.871	1.309	819	1.783	3.282





	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	61	68
RQ	73.546	11.184	12.660
Max	116.070	115.492	125.235
P75	94.850	88.600	94.272
Mediana	83.663	83.300	89.053
P25	21.304	77.416	81.612
Min	11.681	66.159	26.661

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

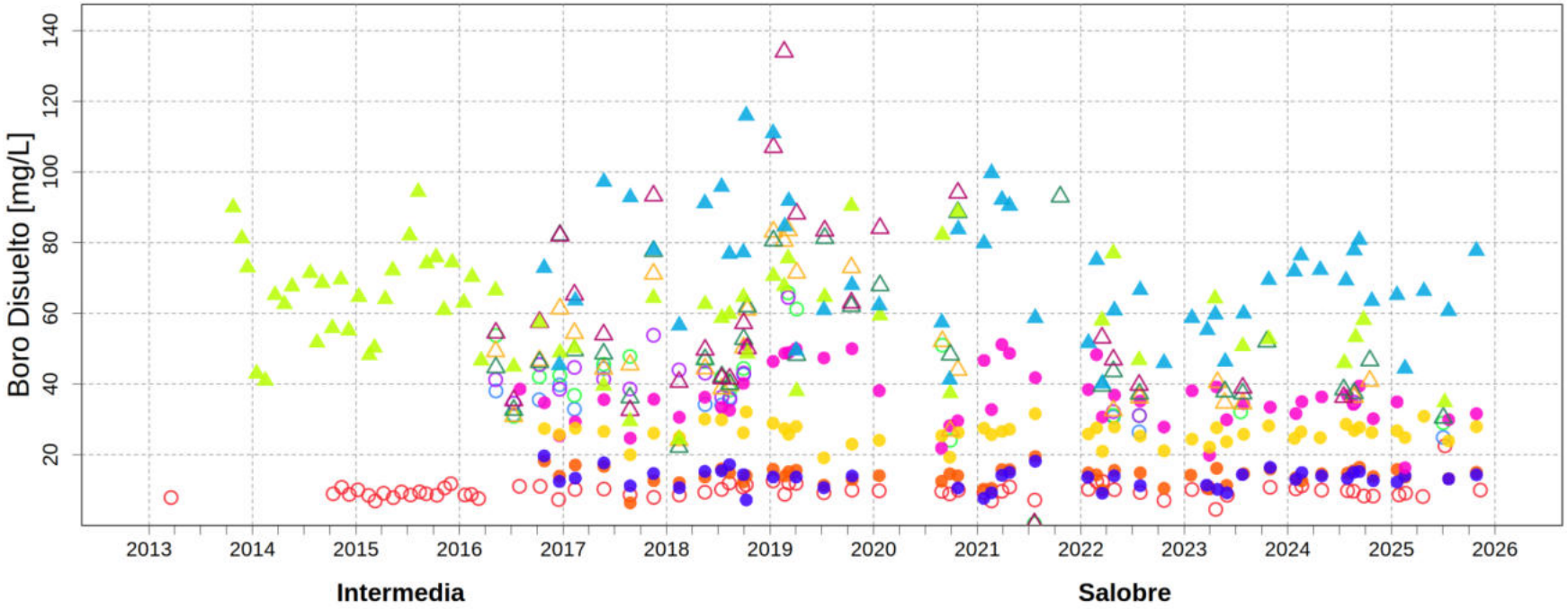
Fuente: Elaboración propia

6.1.8.2.4 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

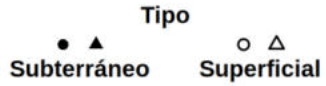
Los elementos minoritarios y trazas que se analizan corresponden a Boro (B^{3+}), Litio (Li^{+}) y Estroncio (Sr^{2+}). Estos presentan una estacionalidad clara en aguas superficiales y no tan evidente en aguas subterráneas, a excepción de las aguas de salmuera, MPS-AA y los puntos PP-XX (en particular PP-02), que si muestran cierta estacionalidad.

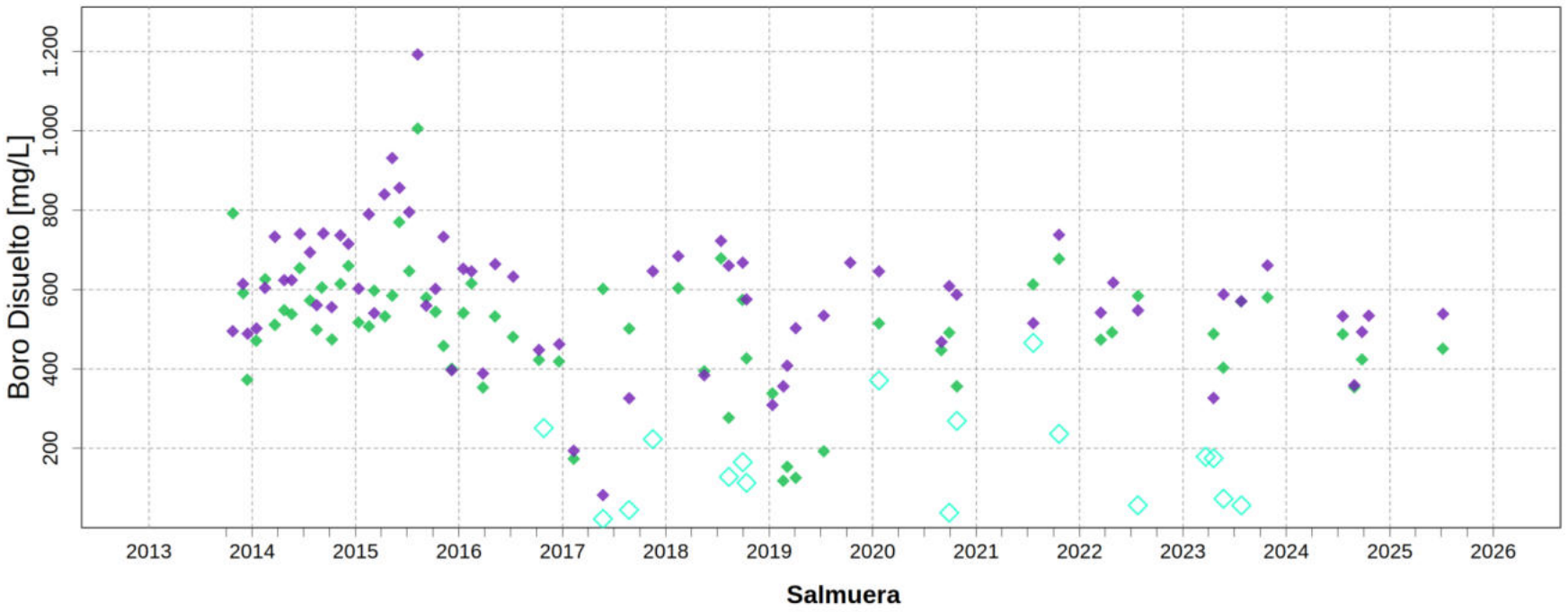
El boro disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 9,68 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 165 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de boro disuelto mayores que las aguas superficiales salobres e intermedias. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas de 14 mg/l en el punto MP-08A y 581 mg/l en el punto MPS-CB. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de boro disuelto notoriamente superiores a las de aguas subterráneas salobres e intermedias. Las concentraciones de boro disuelto se observan en la Figura 6-126.

Figura 6-126 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de boro disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	30	33	27	62	51	70	14	20	17	50	42	51	50
RQ	23,13	24,02	41,63	20,33	21,08	1,92	6,70	15,63	8,40	2,82	3,60	9,19	2,76
Max	83,50	93,00	134,00	94,38	116,00	22,53	44,40	65,80	64,50	19,50	19,66	51,20	32,10
P75	59,35	61,90	82,68	70,55	80,27	10,54	37,59	46,75	44,00	15,59	14,90	39,83	27,61
Mediana	44,35	46,66	54,00	62,60	69,33	9,58	34,15	42,03	41,25	14,29	13,70	35,22	26,31
P25	36,22	37,88	41,05	50,22	59,19	8,62	30,88	31,12	35,60	12,77	11,30	30,64	24,85
Min	0,50	0,50	0,50	24,40	40,19	4,56	0,50	0,50	31,12	6,40	7,25	16,31	19,10





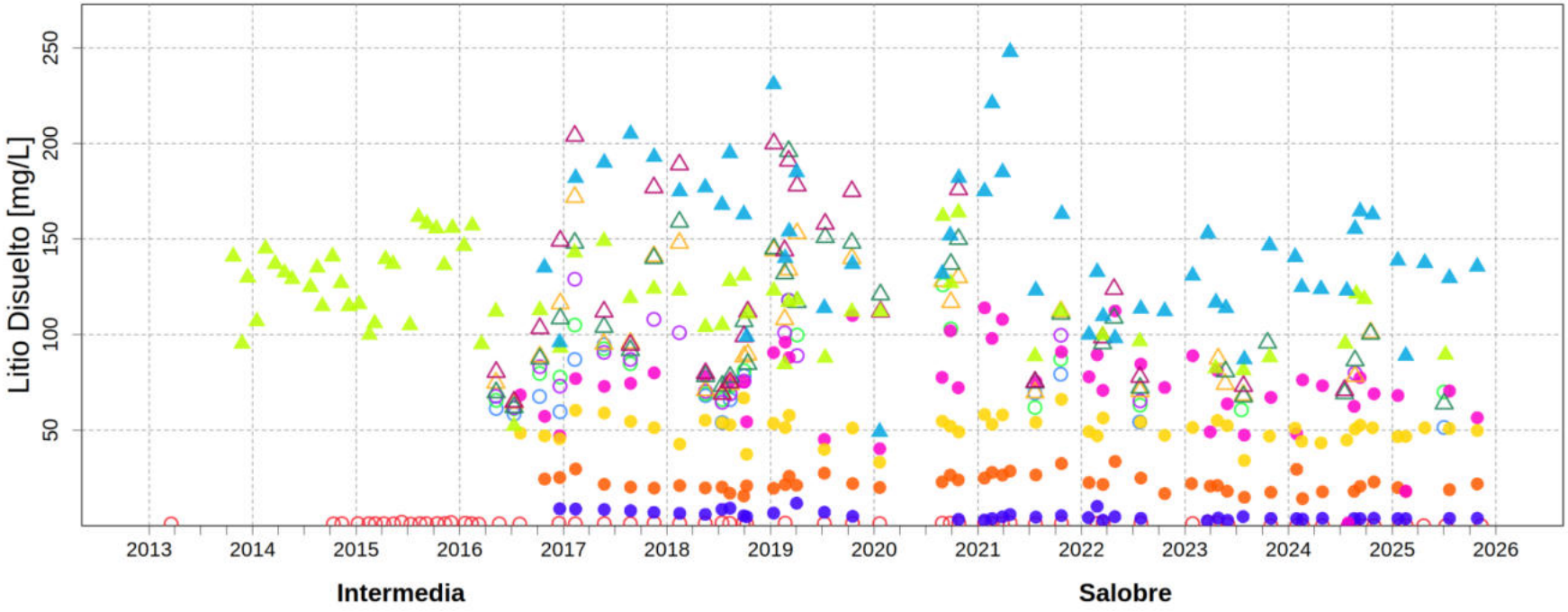
	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	65	68
RQ	180	167	168
Max	466	1.006	1.193
P75	236	591	668
Mediana	165	511	594
P25	56	424	500
Min	22	118	82

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

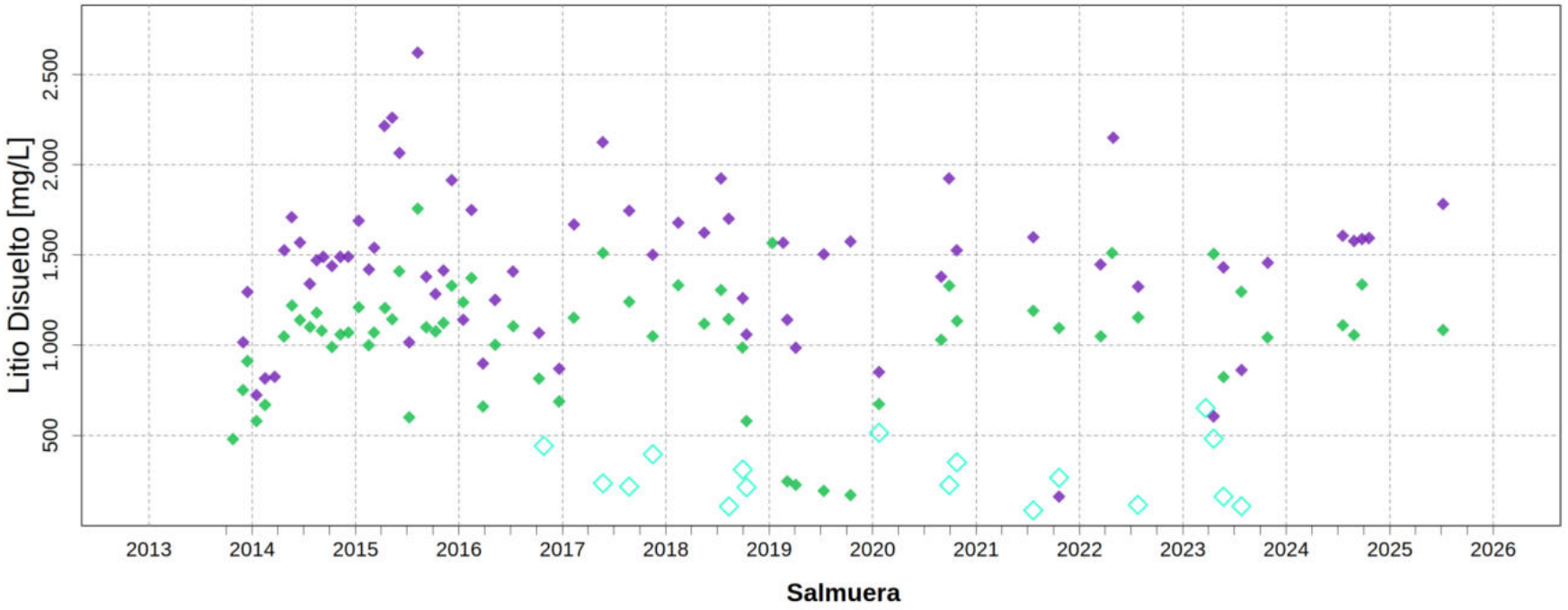
Fuente: Elaboración propia

El litio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas desde 1,1 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 235 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de litio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres e intermedias. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores mínimos de 3,9 mg/l en el punto MP-08A y 1.496 mg/l en el punto MPS-CB. Las muestras subterráneas de salmuera poseen concentraciones de litio disuelto notoriamente superiores a las aguas subterráneas salobres e intermedias. Las concentraciones de litio disuelto se observan en la Figura 6-127.

Figura 6-127 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de litio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	30	35	28	63	52	64	14	20	19	49	43	48	49
RQ	55,17	56,50	95,94	32,21	53,53	0,42	17,47	28,50	30,68	5,25	2,81	21,94	7,18
Max	172,00	196,00	204,00	164,00	248,00	1,87	94,70	126,00	129,00	33,63	11,80	114,00	66,80
P75	129,50	134,50	175,25	136,71	175,00	1,29	76,23	94,40	100,33	24,95	6,54	85,42	54,19
Mediana	95,35	100,40	112,00	118,70	139,40	1,10	66,82	78,74	83,23	21,60	4,49	74,85	51,25
P25	74,33	78,00	79,31	104,50	121,47	0,87	58,76	65,90	69,65	19,70	3,73	63,48	47,01
Min	64,34	61,99	64,84	52,29	49,20	0,00	51,44	60,67	61,74	14,15	0,36	1,47	33,20



	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	65	66
RQ	235	223	404
Max	652	1.756	2.621
P75	396	1.210	1.658
Mediana	235	1.095	1.490
P25	161	987	1.254
Min	85	170	162

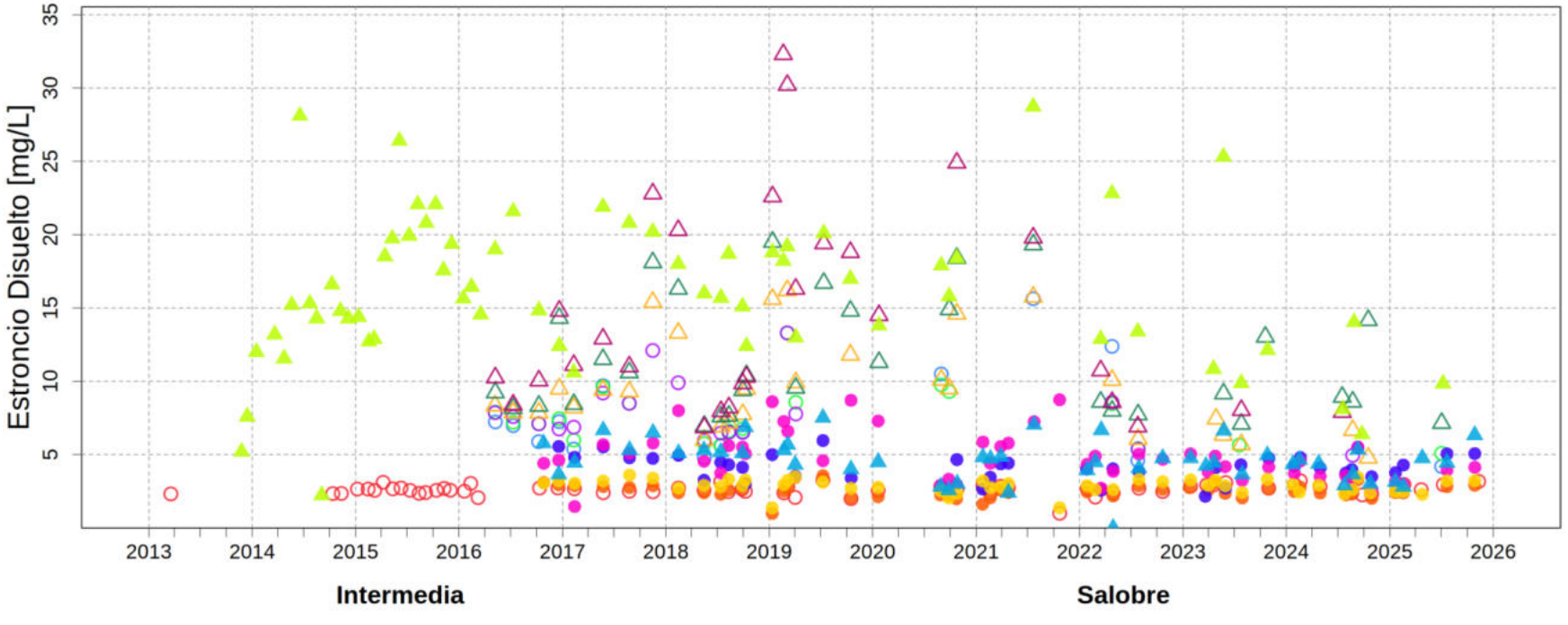
Tipo

◆ Subterráneo ◇ Superficial

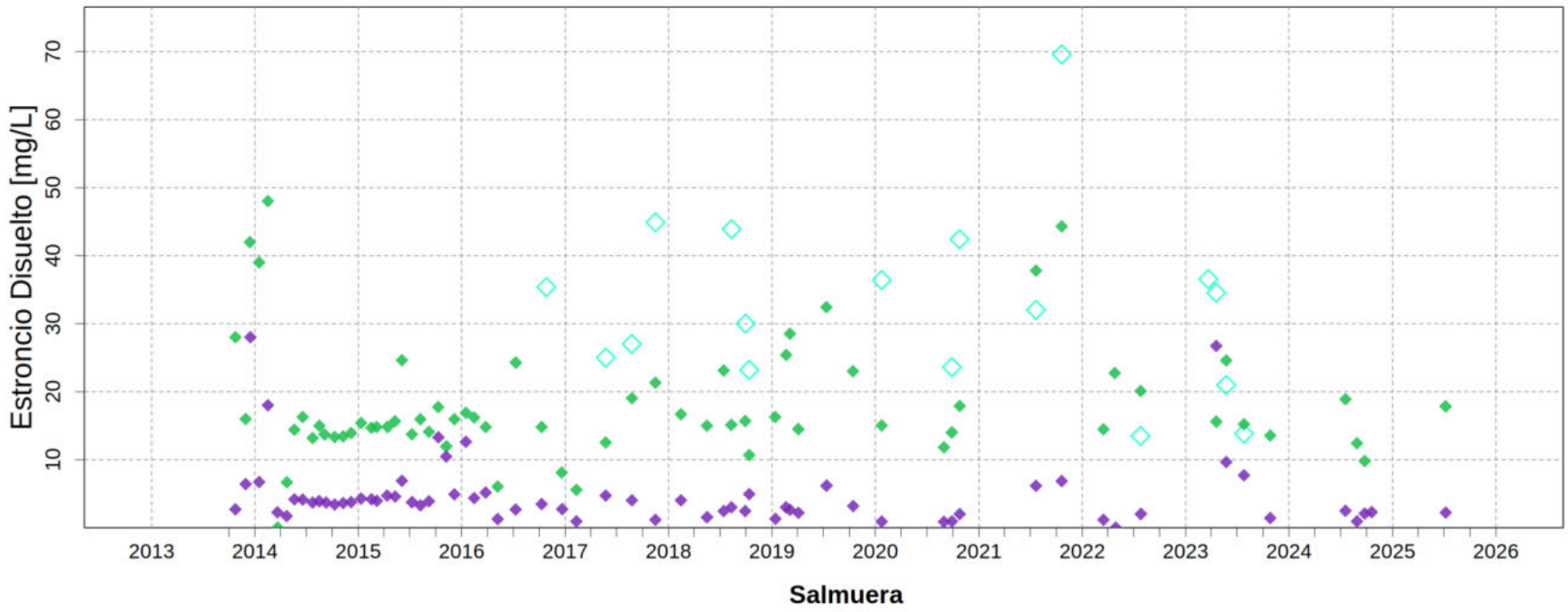
Fuente: Elaboración propia

El estroncio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 2,67 mg/l en el punto Anterepresa Tilomonte y 32,03 mg/l en el punto LM-17. La muestra superficial de salmuera presenta concentraciones de estroncio disuelto mayores que las aguas superficiales salobres e intermedias. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con medianas entre 2,54 mg/l en el punto MP-07A y 15,67 mg/l en el punto MPS-AA. Las concentraciones de estroncio disuelto se observan en la Figura 6-128.

Figura 6-128 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de estroncio disuelto en muestras del sector Peine. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-07	LM-09	LM-10	MPS-AA	PP-02	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-08	MP-07A	MP-08A	PP-01	PP-03
N° Datos	29	32	28	64	49	66	15	19	18	48	40	50	50
RQ	2,96	6,16	10,97	6,34	1,39	0,38	2,98	2,67	2,03	0,53	1,09	1,87	0,60
Max	16,20	19,50	32,30	28,74	7,51	3,26	15,63	13,30	13,30	3,56	5,96	8,74	3,60
P75	10,10	14,43	19,50	19,24	5,32	2,80	8,47	8,54	8,55	2,82	4,79	5,60	3,21
Mediana	9,30	9,46	11,05	15,67	4,65	2,65	6,55	7,20	7,35	2,54	4,25	4,57	2,91
P25	7,14	8,28	8,53	12,90	3,93	2,42	5,50	5,87	6,52	2,29	3,69	3,73	2,61
Min	4,78	6,95	6,85	2,24	0,00	1,00	4,19	5,09	4,95	0,99	2,16	1,46	1,37



	LM-17 ◇	MPS-AB ◆	MPS-CB ◆
N° Datos	17	67	68
RQ	12,96	5,73	2,57
Max	69,58	48,00	28,00
P75	36,56	19,55	4,76
Mediana	32,03	15,40	3,66
P25	23,60	13,82	2,20
Min	13,48	0,01	0,00

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

Fuente: Elaboración propia

6.1.8.3 Sector Norte y Borde Este

La ubicación de los puntos de monitoreo de este sector se presenta en la Figura 5-106 del Capítulo 5.8.3, del presente informe.

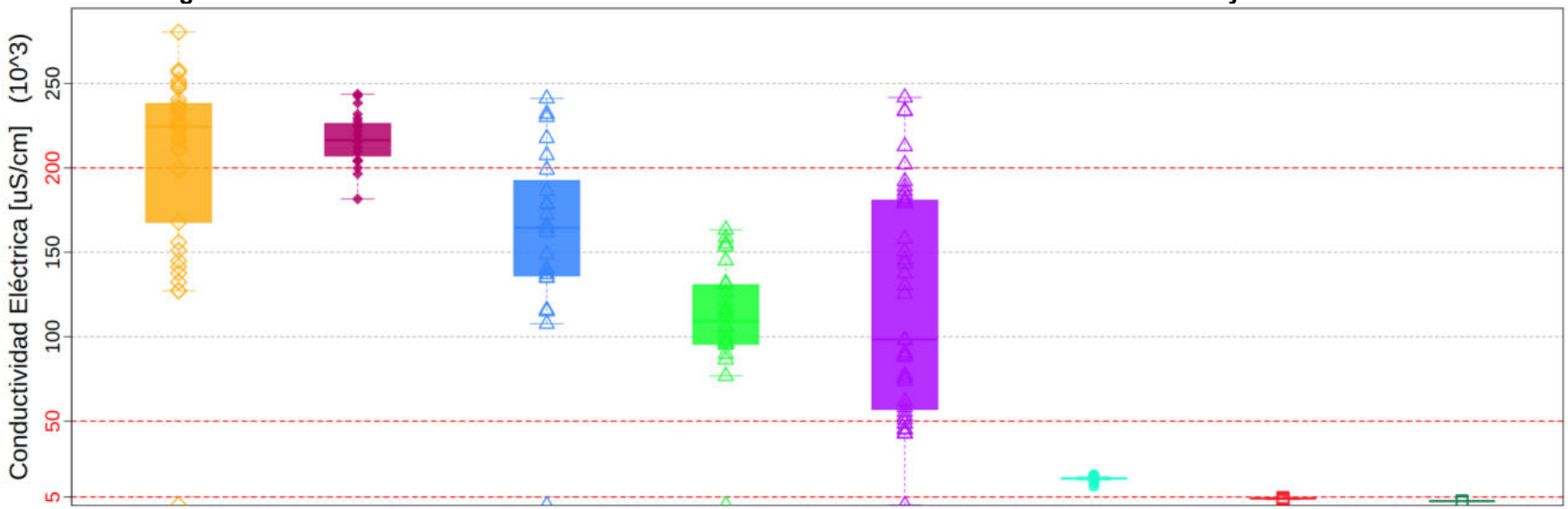
6.1.8.3.1 Parámetros Fisicoquímicos *in situ*

Conductividad eléctrica in situ

La CE de terreno histórica del sector Norte y Borde Este muestra una marcada diferencia entre las aguas superficiales de lagunas y vertientes, con 3 tendencias principales. La primera de ellas está representada por el punto LM-13, con una mediana de CE de 225.100 µS/cm lo cual la clasifica como agua de salmuera. El segundo comportamiento de aguas superficiales comprende los puntos LM-11, LM-12 y LM-14, lo cuales poseen medianas de CE entre 98.400 µS/cm (LM-14) y 165.400 µS/cm (LM-11), por lo cual se consideran aguas intermedias. Finalmente, se tiene el agua de Vertiente Peine y Quebrada Camar, con medianas de CE de 4.302 µS/cm y 2.579 µS/cm respectivamente, por lo cual se consideran aguas superficiales dulces.

Respecto a las muestras de aguas subterráneas, se tienen 2 puntos con diferencias marcadas entre ellos. Por un lado, se tiene el pozo MP-12A con una mediana de CE de 16.040 µS/cm, clasificándose como agua salobre. Por otro lado, el punto BA-31 posee una mediana de CE de 216.454 µS/cm, clasificándose como agua de salmuera. El comportamiento de las muestras superficiales y subterráneas se detalla en la Figura 6-129 y Figura 6-130.

Figura 6-129 Estadística de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este.



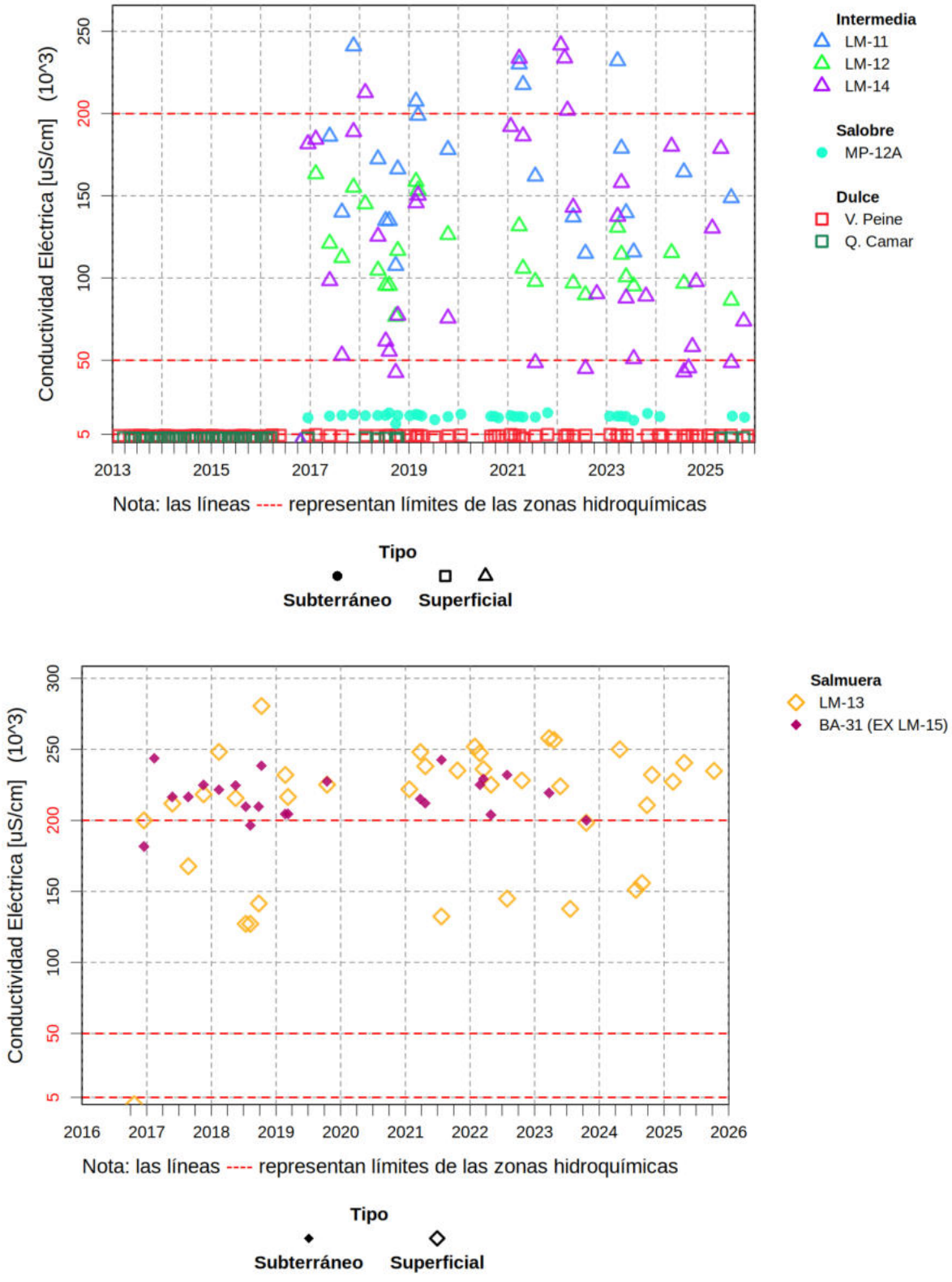
	LM-13	BA-31 (EX LM-15)	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	38	23	23	26	39	35	83	45
RQ	62.250	19.250	56.550	33.902	123.995	760	338	129
Max	280.500	243.693	241.100	163.361	241.700	18.090	4.797	2.889
P75	237.600	226.300	192.550	129.700	180.850	16.460	4.272	2.646
Mediana	224.550	216.454	164.500	109.150	98.400	16.000	4.157	2.578
P25	175.350	207.050	136.000	95.798	56.855	15.700	3.933	2.517
Min	200	181.600	200	200	200	11.410	2.645	1.854
	Salmuera		Intermedia			Salobre	Dulce	

Nota: las líneas ---- representan límites de las zonas hidroquímicas

Período: feb-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

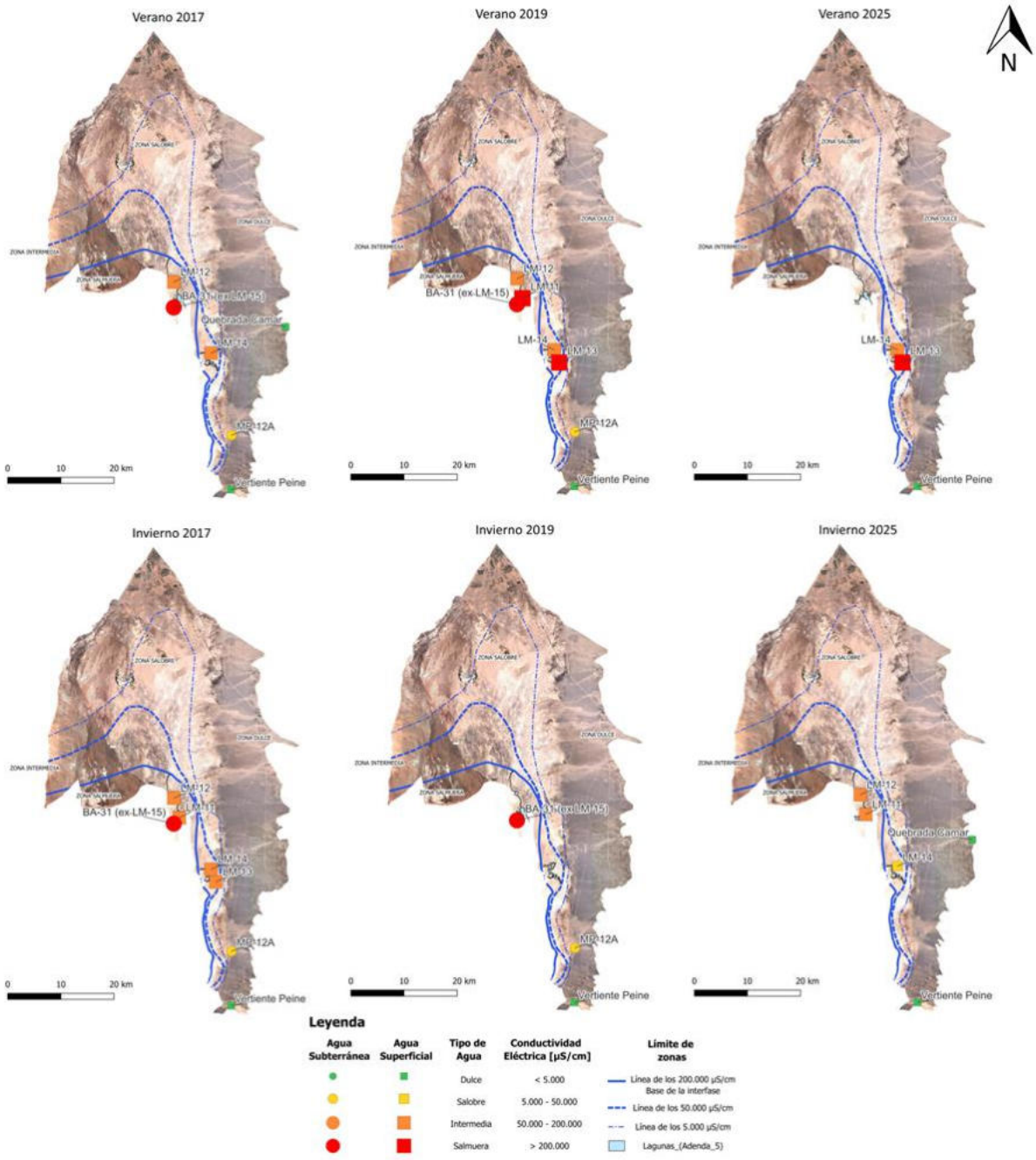
Figura 6-130 Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

La variabilidad temporal de la CE de terreno se puede observar en la Figura 6-130 y además en la Figura 6-131. En esta última se observa en planta la ubicación de los puntos y su CE de terreno en invierno/verano para los años 2017, 2019 y 2025. Dada las limitaciones de muestreo a lo largo de los años, no es fácil ver diferencias notorias estacionales. Considerando esta situación, a través de los años la única diferencia en los mapas ocurre en el punto LM-14 para el año 2025, el cual muestra una disminución en su CE respecto a 2017.

Figura 6-131 Variabilidad estacional en sector Norte y Borde Este.



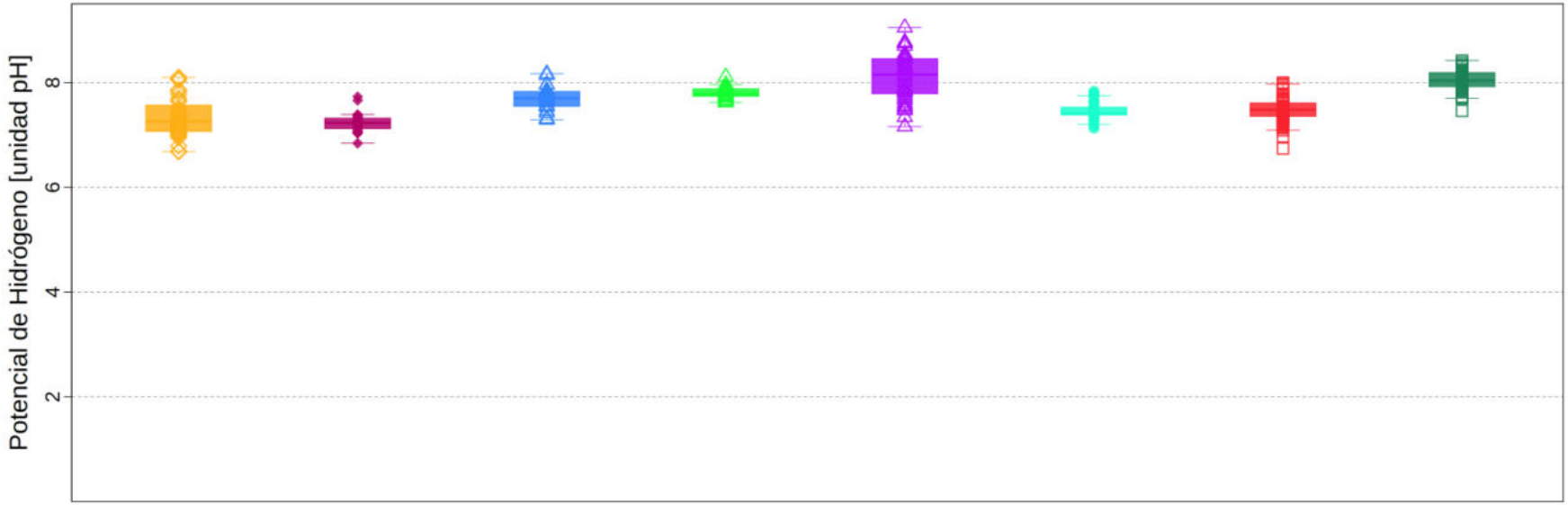
Fuente: Elaboración propia

pH in situ

Los resultados de pH de terreno para el Sector Norte y Borde Este muestran un cierto grado de estacionalidad y presentan un comportamiento similar entre aguas superficiales y subterráneas. Dentro de las aguas superficiales se observan 2 tendencias distintivas. La primera de ellas corresponde a los puntos LM-11, LM-12, LM-14, Vertiente Peine y Quebrada Camar, clasificados como aguas superficiales intermedias y dulces, las cuales presentan los pH más elevados del sector, con medianas entre 7,48 (Vertiente Peine) y 8,15 (LM-14). El punto LM-13, clasificado como agua superficial de salmuera, posee una mediana de pH de 7,26.

Respecto a las aguas subterráneas, la tendencia general muestra que poseen valores de pH más bajos que las aguas superficiales intermedias y dulces, similar a lo observado en el agua superficial de salmuera. Se tienen medianas entre 7,23 (BA-31, agua subterránea de salmuera) y 7,45 (MP-12A, agua subterránea salobre). Las tendencias discutidas anteriormente se pueden observar en la Figura 6-132 y Figura 6-133.

Figura 6-132 Estadística del pH de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este.

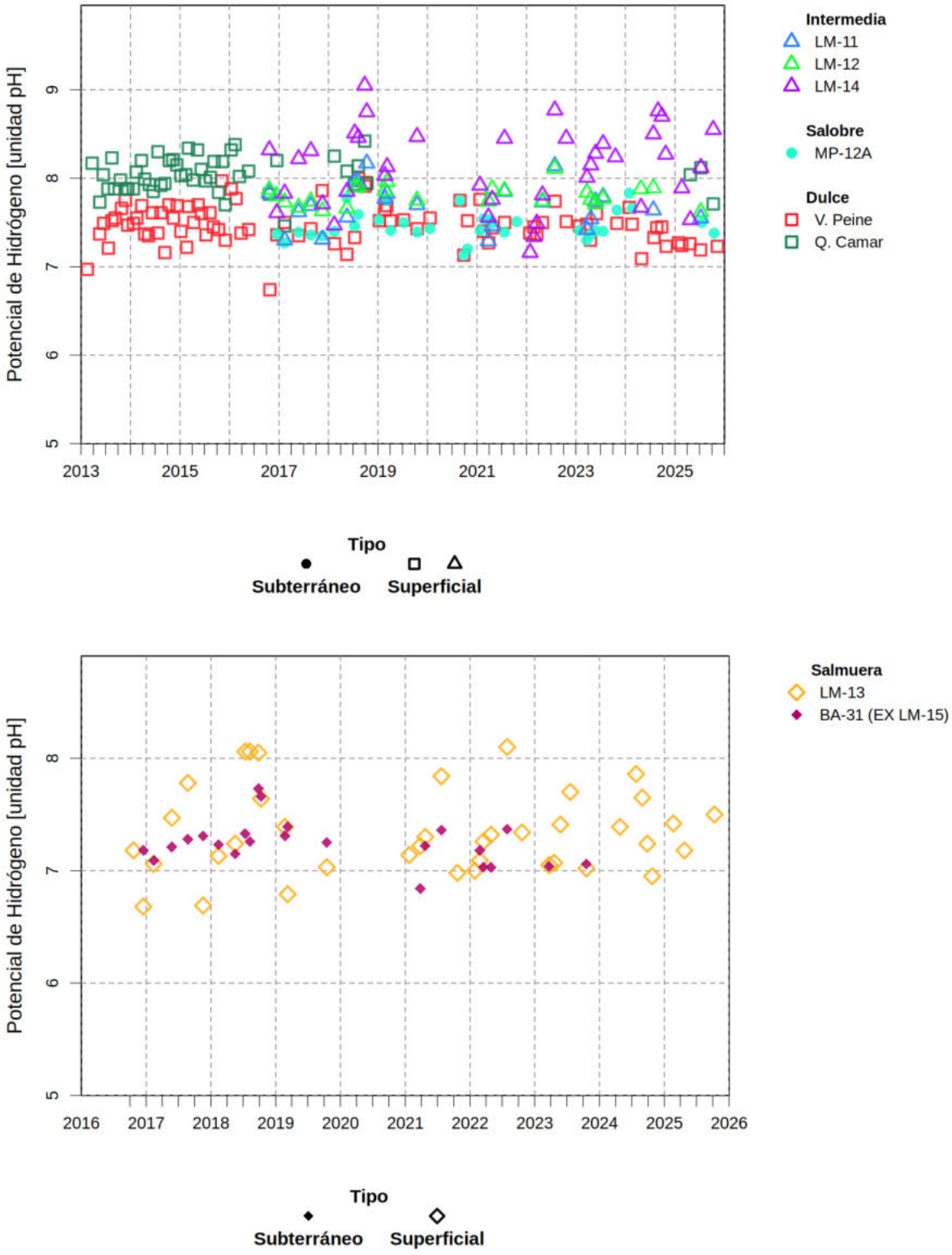


	LM-13	BA-31 (EX LM-15)	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	39	23	23	24	39	34	87	49
RQ	0,51	0,20	0,29	0,14	0,67	0,15	0,25	0,27
Max	8,10	7,73	8,17	8,11	9,05	7,83	8,00	8,42
P75	7,57	7,32	7,83	7,88	8,46	7,53	7,61	8,19
Mediana	7,26	7,23	7,70	7,79	8,15	7,41	7,48	8,04
P25	7,06	7,12	7,54	7,74	7,79	7,38	7,36	7,92
Min	6,68	6,84	7,29	7,62	7,16	7,13	6,74	7,46
	Salmuera		Intermedia			Salobre	Dulce	

Período: feb-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-133 Variación temporal del pH de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.

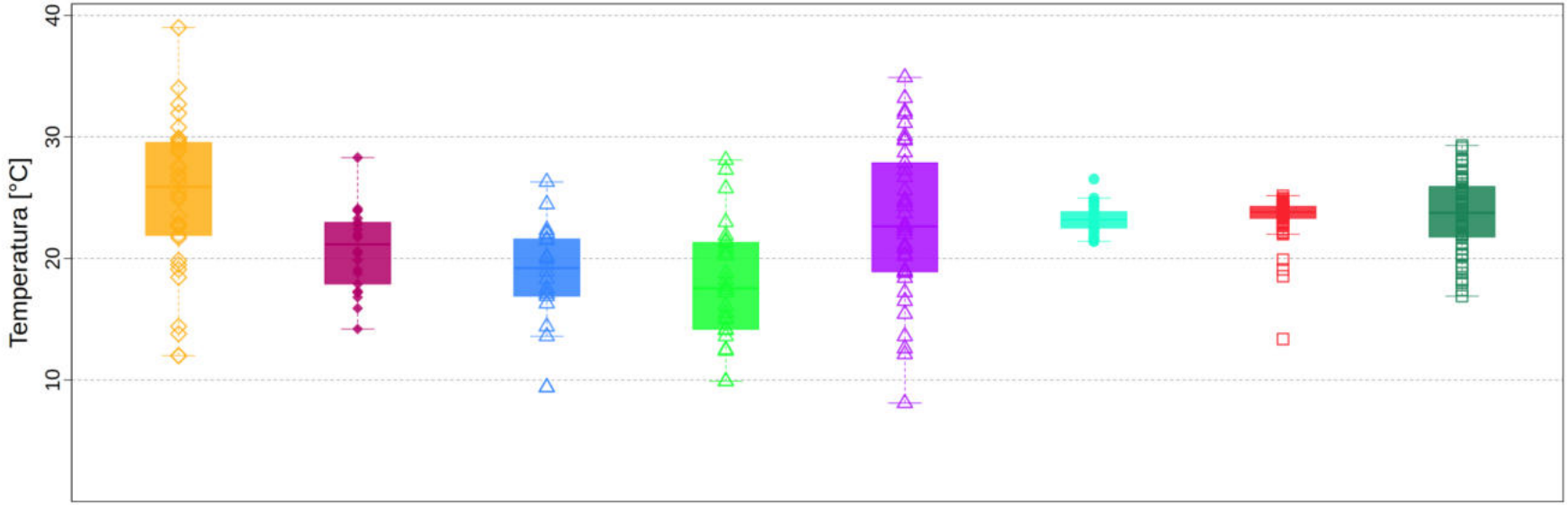


Fuente: Elaboración propia

Temperatura in situ

Los resultados de temperatura de terreno en las muestras del sector Norte y Borde Este indican que existe una variación estacional, con los mínimos detectados en los meses de invierno y los máximos en los meses de verano. Respecto a las aguas superficiales intermedias y dulces, presentan medianas entre 17,67 °C (LM-12) y 23,89 °C (Vertiente Peine). El agua superficial de salmuera (LM-13) presenta temperaturas levemente más elevadas, con una mediana de 25,89 °C. Respecto a las aguas subterráneas, estas cuentan con medianas que van desde 21,16 °C (BA-31) y 23,2 °C (MP-12A). El comportamiento de la temperatura se puede observar en la Figura 6-134 y Figura 6-135.

Figura 6-134 Estadística de la temperatura de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este.

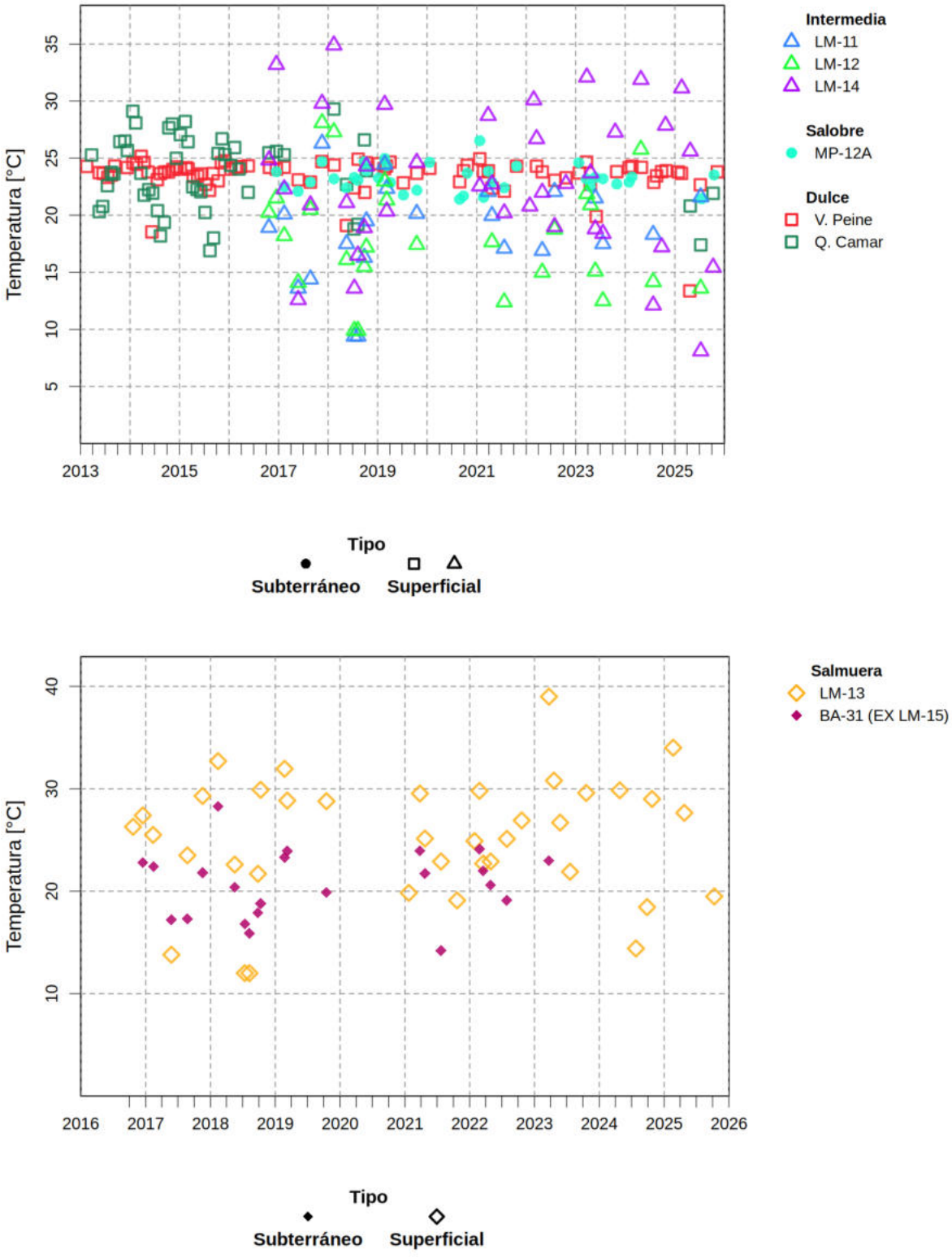


	LM-13	BA-31 (EX LM-15)	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	38	22	22	26	38	37	84	49
RQ	7,41	4,80	4,63	6,84	8,80	1,35	0,97	4,17
Max	39,00	28,30	26,30	28,10	34,90	26,53	25,16	29,30
P75	29,48	22,93	21,58	21,21	27,72	23,85	24,29	25,93
Mediana	25,89	21,16	19,21	17,55	22,64	23,20	23,82	23,76
P25	22,07	18,12	16,95	14,38	18,92	22,50	23,31	21,76
Min	12,00	14,20	9,40	9,90	8,10	21,40	13,37	16,90
	Salmuera		Intermedia			Salobre	Dulce	

Período: feb-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-135 Variación temporal de la temperatura de terreno en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

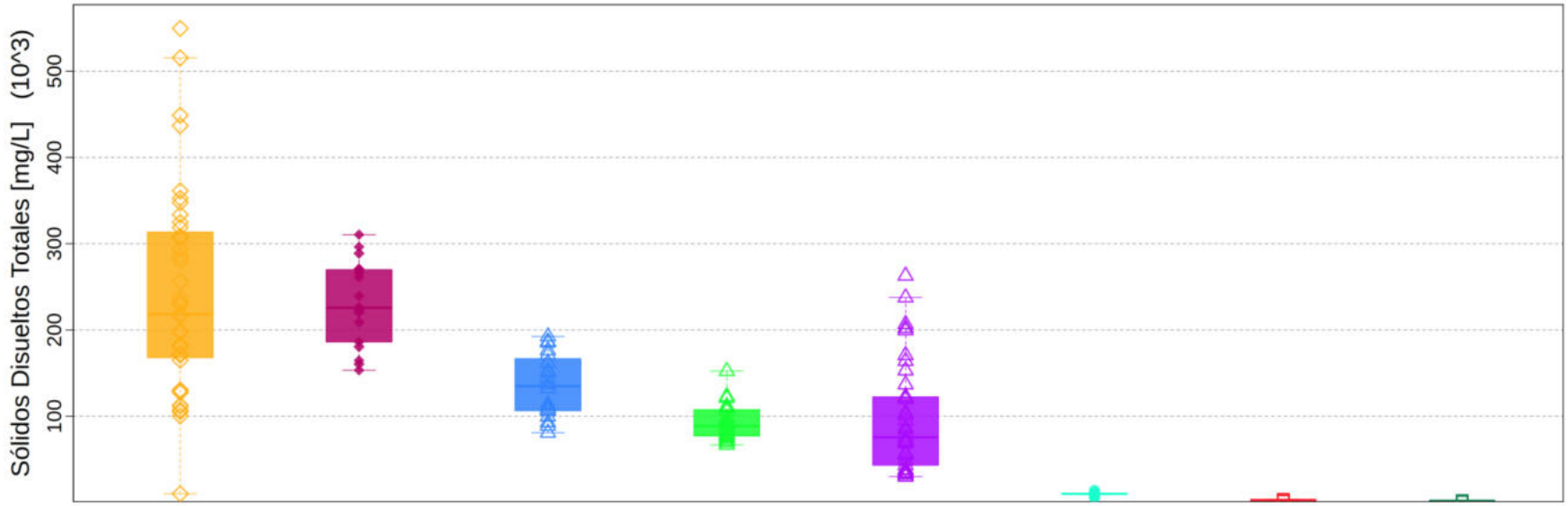
6.1.8.3.2 Parámetros Fisicoquímicos de laboratorio

Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 6-136 y Figura 6-137 se presentan los resultados de laboratorio del análisis de SDT en el Sector Norte y Borde Este. Existe una clara estacionalidad la cual es más pronunciada para las muestras con SDT elevados. Respecto a las aguas superficiales, se observan medianas entre 1.984 mg/l en el punto Quebrada Camar y 144.200 mg/l en el punto LM-11, con las muestras superficiales intermedias con valores más elevados que las muestras de agua dulce, lo cual es consistente con la clasificación de estas aguas a partir de la CE.

Para las aguas subterráneas, se observa que existe un rango similar en los SDT, con medianas entre 10.120 mg/l en el pozo MP-12A y 225.616 mg/l en el pozo BA-31, con la muestra subterránea de salmuera la que posee los valores más elevados. Las muestras presentan un grado de estacionalidad, similar a lo observado en CE.

Figura 6-136 Estadística de SDT en muestras de sector Norte y Borde Este.

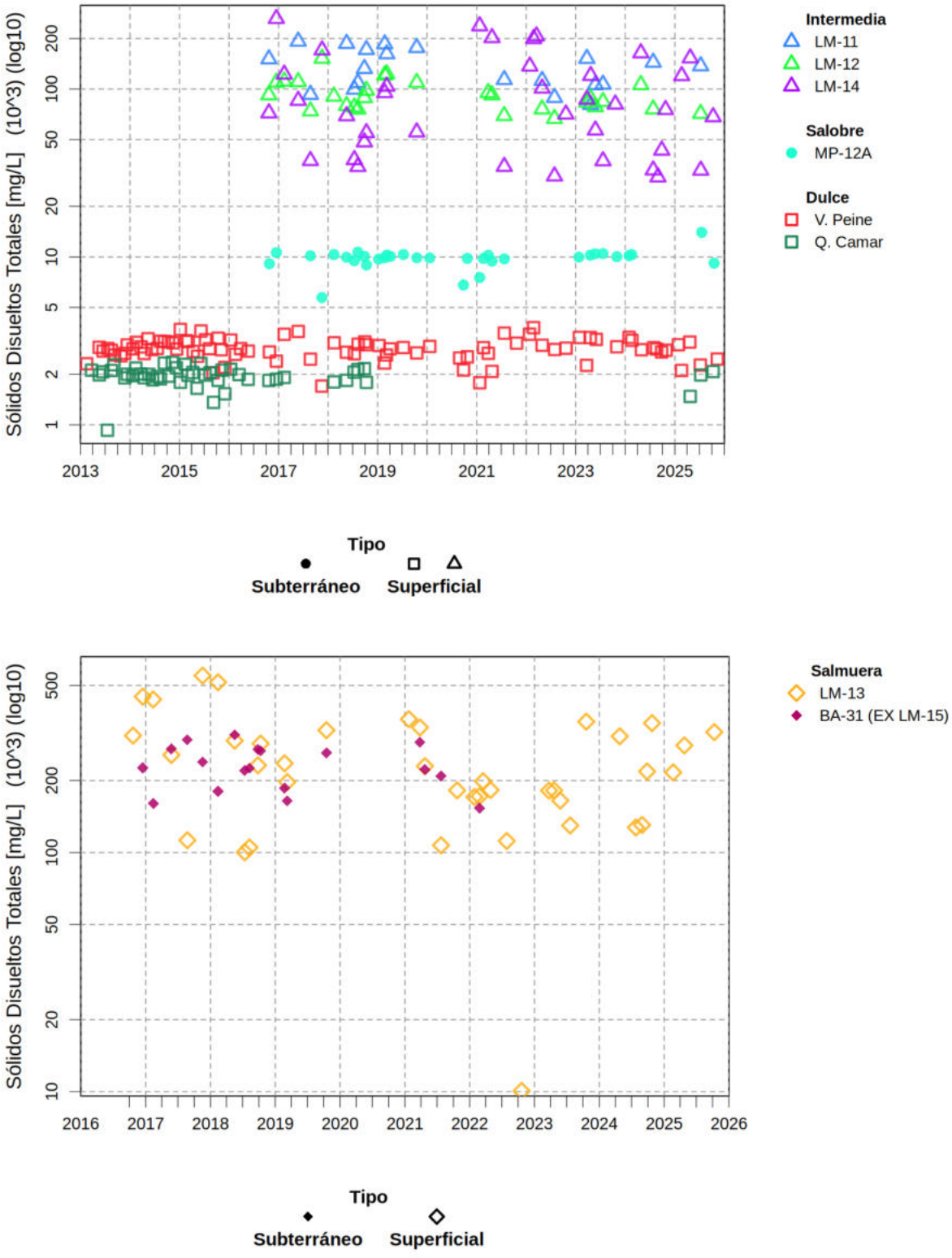


	LM-13	BA-31 (EX LM-15)	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	39	18	20	27	37	33	87	47
RQ	145.781	77.184	57.802	30.686	79.310	560	461	252
Max	549.500	310.400	192.467	152.300	262.800	14.000	3.790	2.356
P75	313.600	268.907	164.325	107.666	122.470	10.260	3.116	2.112
Mediana	218.300	225.616	134.834	88.720	75.400	9.972	2.844	1.980
P25	167.819	191.722	106.522	76.980	43.160	9.700	2.655	1.860
Min	10.060	153.360	80.790	66.710	29.920	5.733	1.700	928
	Salmuera		Intermedia			Salobre	Dulce	

Período: feb-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-137 Variación temporal de SDT en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



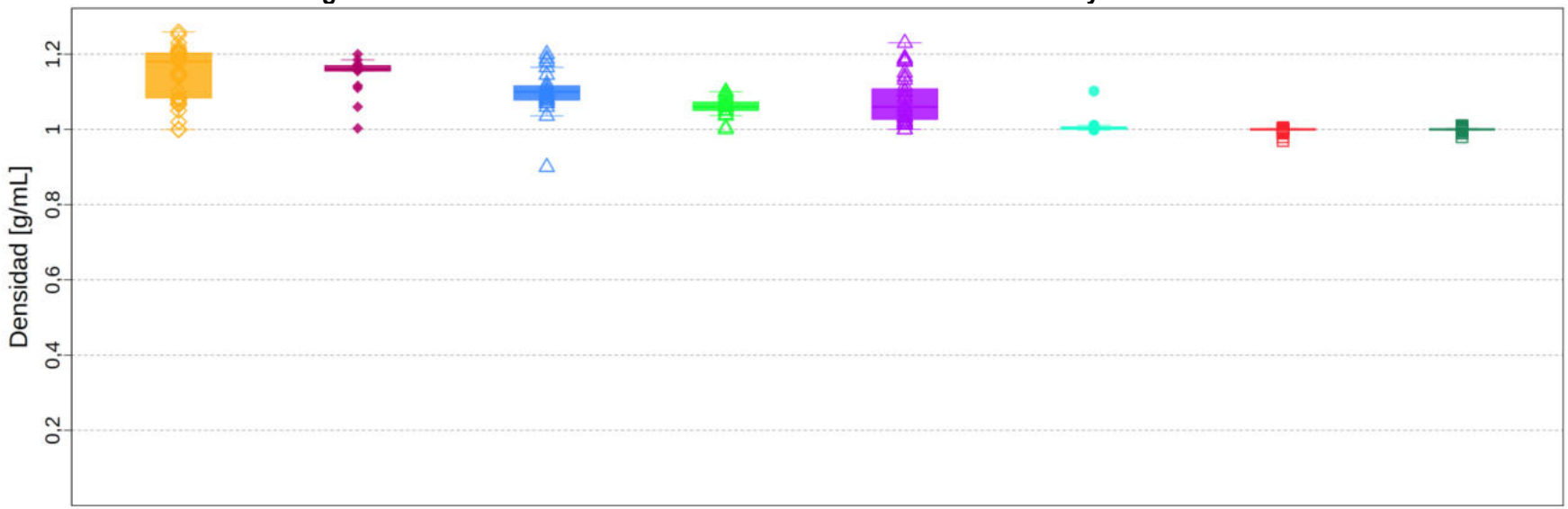
Fuente: Elaboración propia

Densidad

Con respecto a la densidad, se observa que en general esta sigue la misma tendencia que los SDT y CE. Los puntos monitoreados presentan en general leves diferencias relacionadas a la estacionalidad. Respecto a las aguas superficiales, se tienen medianas entre 1 g/ml (Vertiente Peine y Quebrada Camar) y 1,18 g/ml en el punto LM-13, siendo la muestra de agua superficial de salmueras más densas que las aguas superficiales intermedias, las que a su vez son más densas que las muestras superficiales de agua dulce.

Por parte de las aguas subterráneas, presentan medianas entre 1 g/ml en el pozo MP-12A y de 1,16 g/ml en el pozo BA-31, en donde la muestra subterránea de salmuera es notoriamente más densa que el agua subterránea salobre. Estos valores de densidad se observan en la Figura 6-138 y Figura 6-139.

Figura 6-138 Estadística de la densidad en muestras de sector Norte y Borde Este.

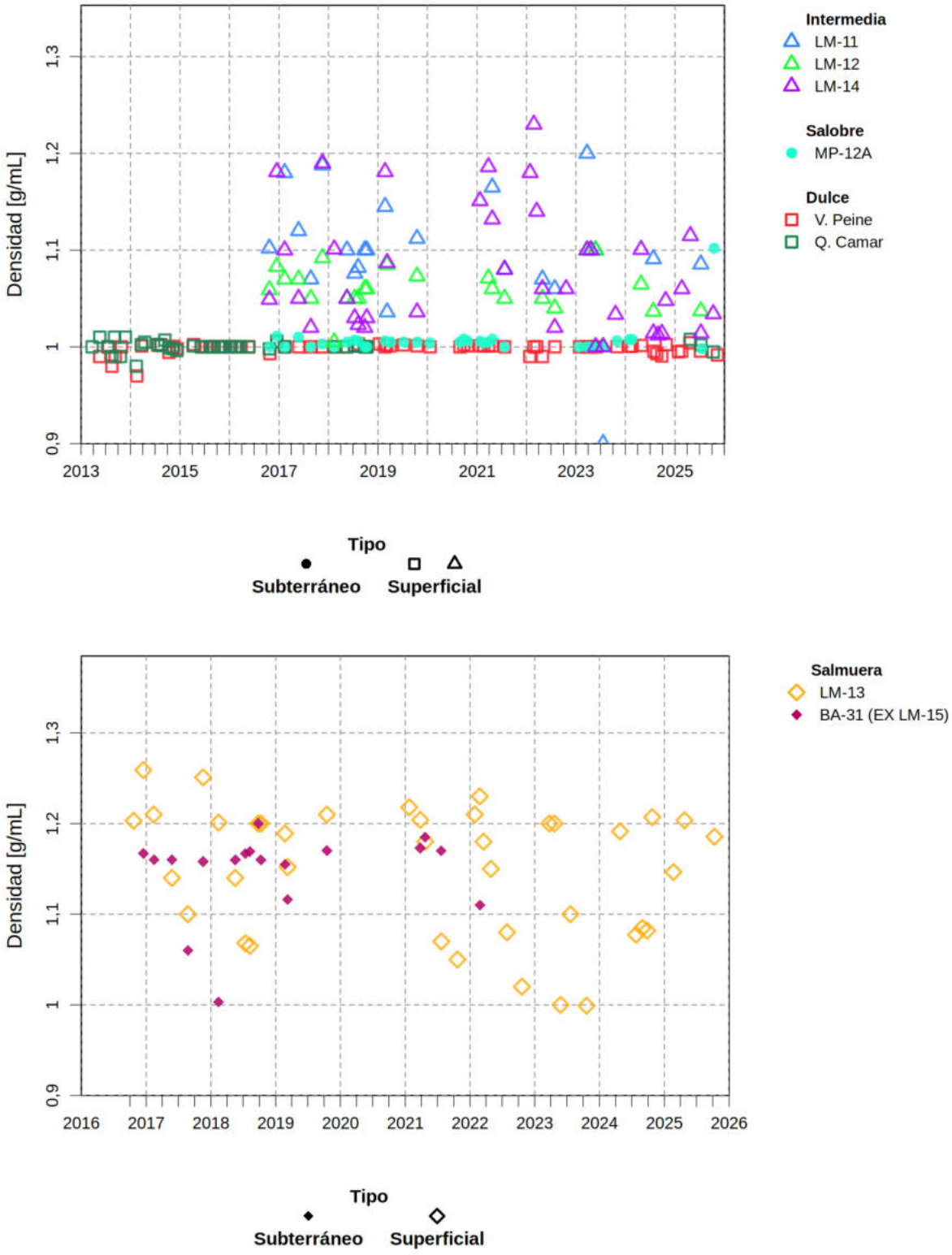


	LM-13	BA-31 (EX LM-15)	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	39	18	23	26	39	35	73	39
RQ	0,12	0,01	0,04	0,02	0,08	0,01	0,00	0,00
Max	1,26	1,20	1,20	1,10	1,23	1,10	1,00	1,01
P75	1,20	1,17	1,12	1,07	1,11	1,01	1,00	1,00
Mediana	1,18	1,16	1,10	1,06	1,06	1,00	1,00	1,00
P25	1,08	1,16	1,08	1,05	1,03	1,00	1,00	1,00
Min	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	0,97	0,98
	Salmuera		Intermedia			Salobre	Dulce	

Período: mar-2013 - nov-2025

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-139 Variación temporal de la densidad en muestras de sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



Fuente: Elaboración propia

6.1.8.3.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

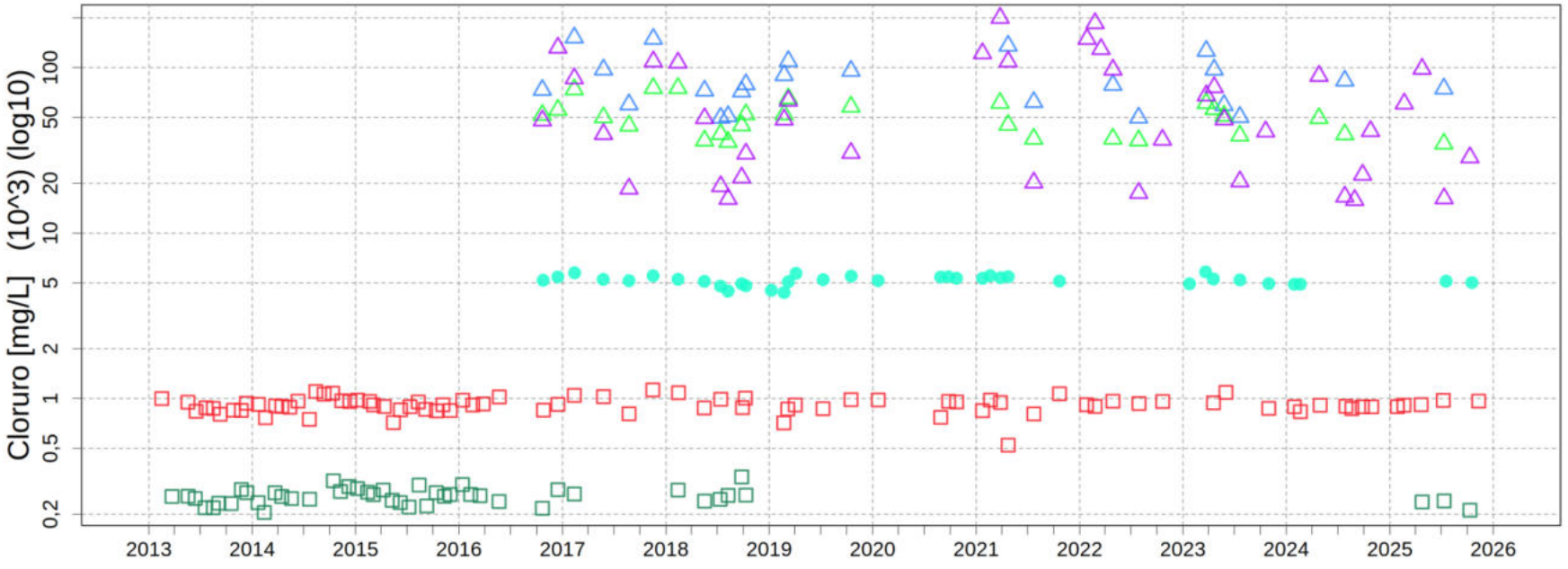
Aniones mayores

Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}). A modo general, los aniones presentan una estacionalidad apreciable en aguas superficiales pero difícil de determinar en aguas subterráneas.

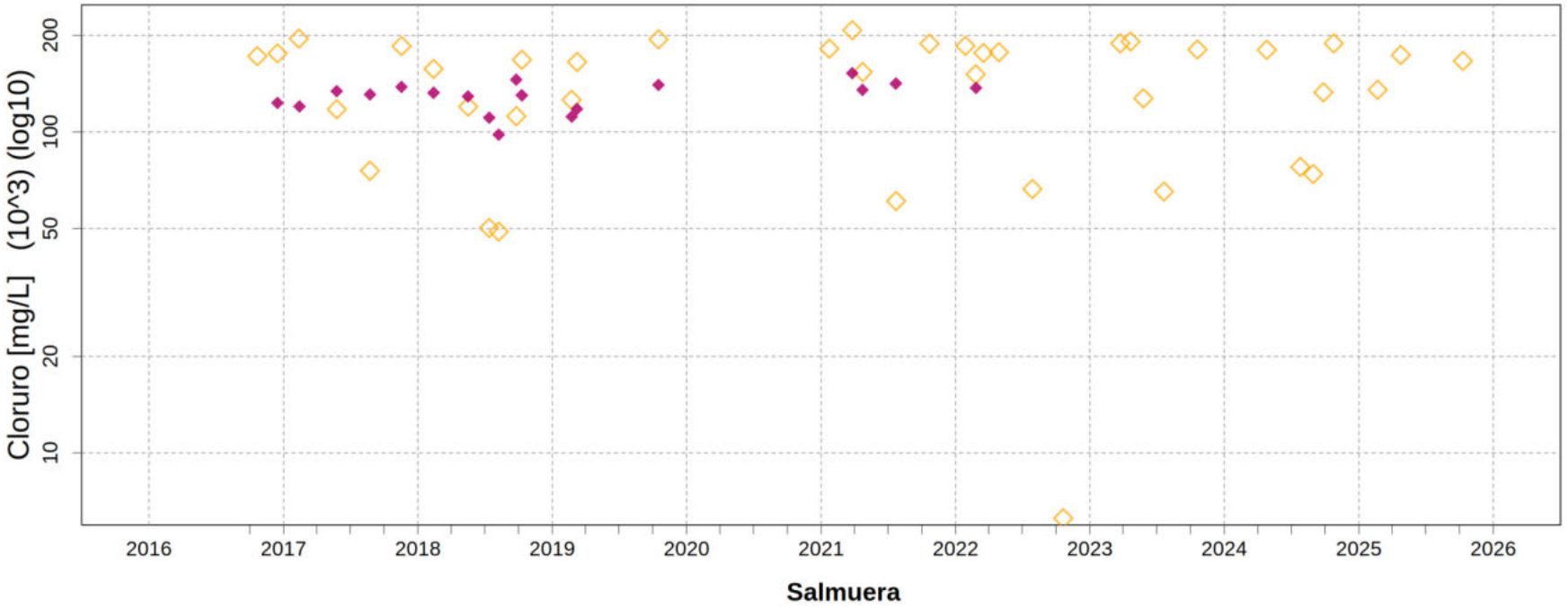
Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores, por lo que responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT. Las aguas superficiales presentan medianas de cloruro entre 257 mg/l en el punto Quebrada Camar y 161.178 mg/l en el punto LM-13. De forma similar a otros parámetros analizados anteriormente, la muestra superficial de salmuera presenta las concentraciones más elevadas, seguido de las aguas superficiales intermedias y finalmente las aguas superficiales dulces.

Respecto a las aguas subterráneas, poseen mínimos de 1.033 mg/l en el pozo MP-09A y máximos de 199.300 mg/l en el pozo MP-04B, con las concentraciones de cloruro notoriamente más altas en muestras subterráneas de salmuera, respecto a las aguas subterráneas salobres y dulce. La tendencia de las concentraciones de cloruro se observa en la Figura 6-140.

Figura 6-140 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de cloruro en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	23	27	39	36	83	46
RQ	36.386	17.880	75.727	483	96	34
Max	152.046	75.259	199.938	5.829	1.128	336
P75	97.335	57.072	97.821	5.433	965	271
Mediana	78.693	50.091	48.513	5.200	915	257
P25	60.948	39.192	22.093	4.950	869	238
Min	49.735	34.733	15.844	4.374	523	205

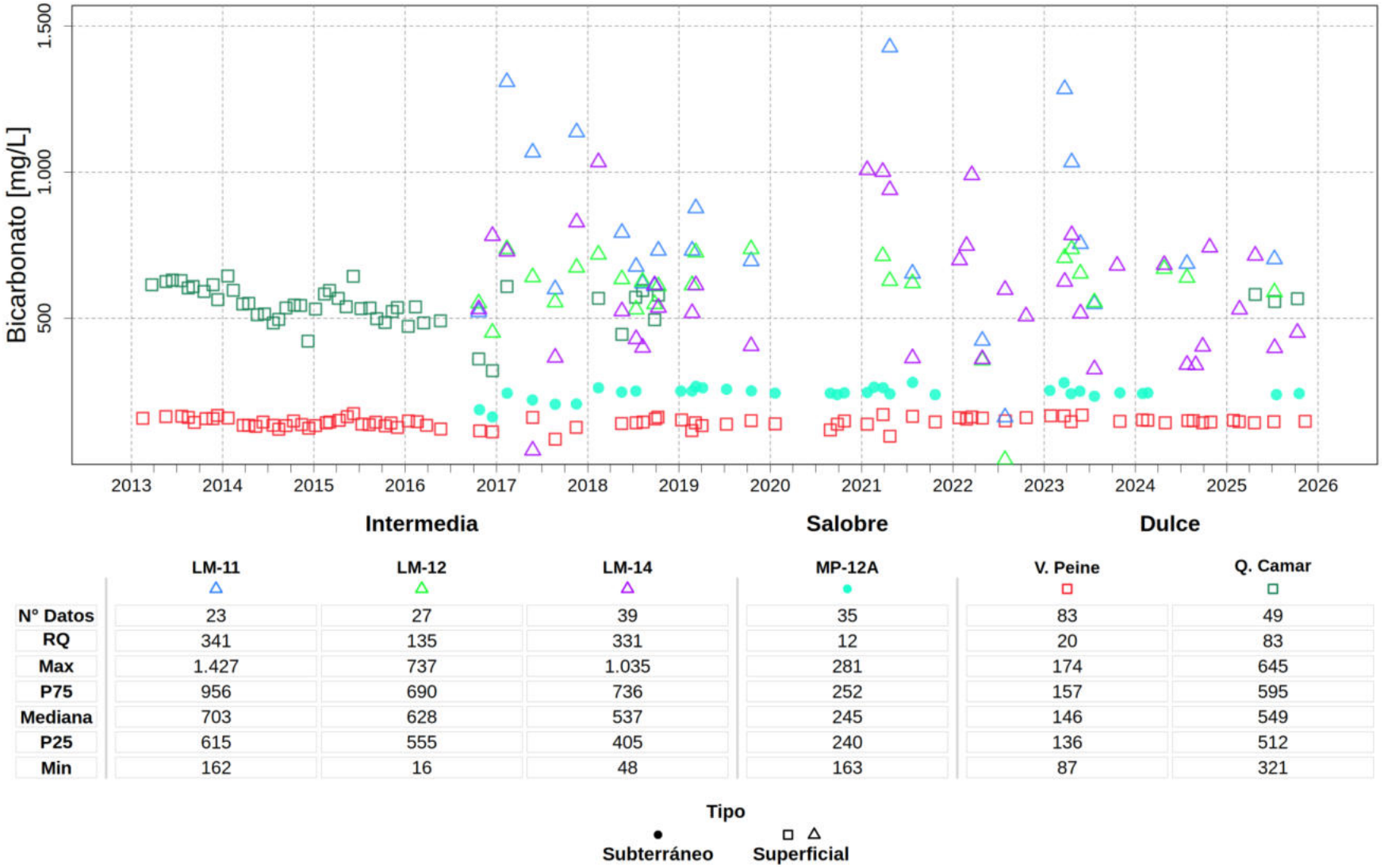


	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	18
RQ	66.367	16.972
Max	207.436	152.453
P75	181.186	137.773
Mediana	165.199	131.659
P25	114.818	120.801
Min	6.258	98.170

Fuente: Elaboración propia

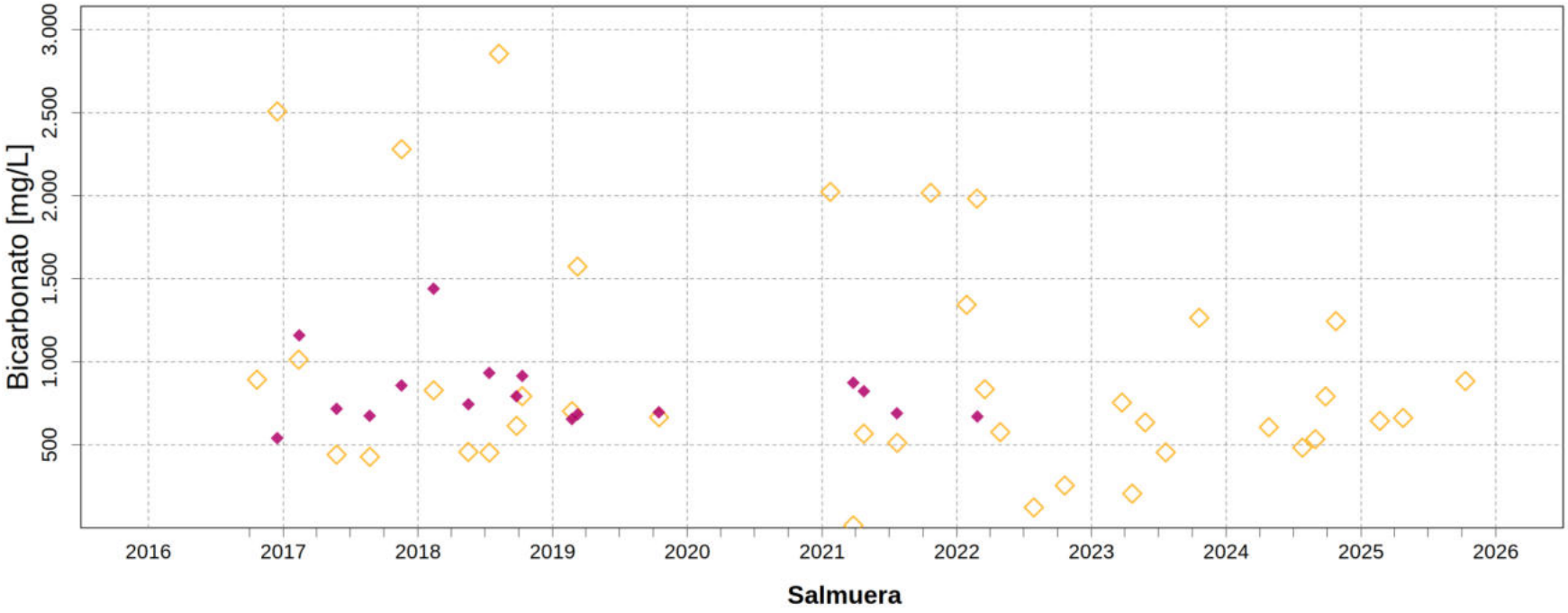
Las concentraciones de bicarbonatos en aguas superficiales presentan concentraciones de bicarbonato con medianas desde 146 mg/l en el punto vertiente Peine a 702 mg/l en el punto LM-11. Las aguas superficiales intermedias presentan concentraciones de bicarbonato mayores que las de Vertiente Peine y similares a las de Quebrada Camar y LM-13. Las aguas subterráneas poseen medianas desde 245 mg/l en el pozo MP-12A hasta 744 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de bicarbonato se observan en la Figura 6-141.

Figura 6-141 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de bicarbonato en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	23	27	39	35	83	49
RQ	341	135	331	12	20	83
Max	1.427	737	1.035	281	174	645
P75	956	690	736	252	157	595
Mediana	703	628	537	245	146	549
P25	615	555	405	240	136	512
Min	162	16	48	163	87	321

Tipo
Subterráneo
Superficial



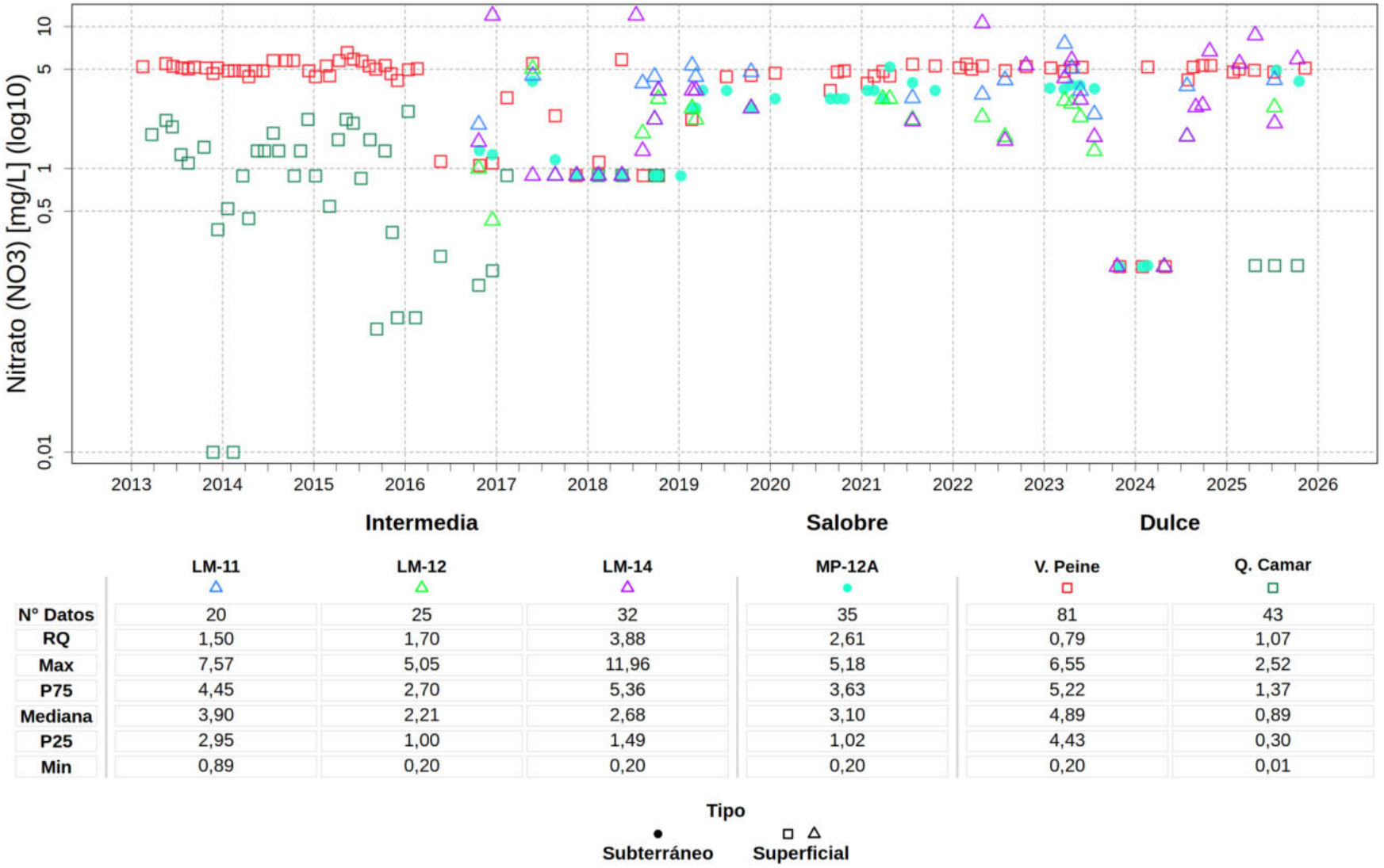
	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	17
RQ	631	190
Max	2.855	1.440
P75	1.129	875
Mediana	666	744
P25	498	684
Min	15	542

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

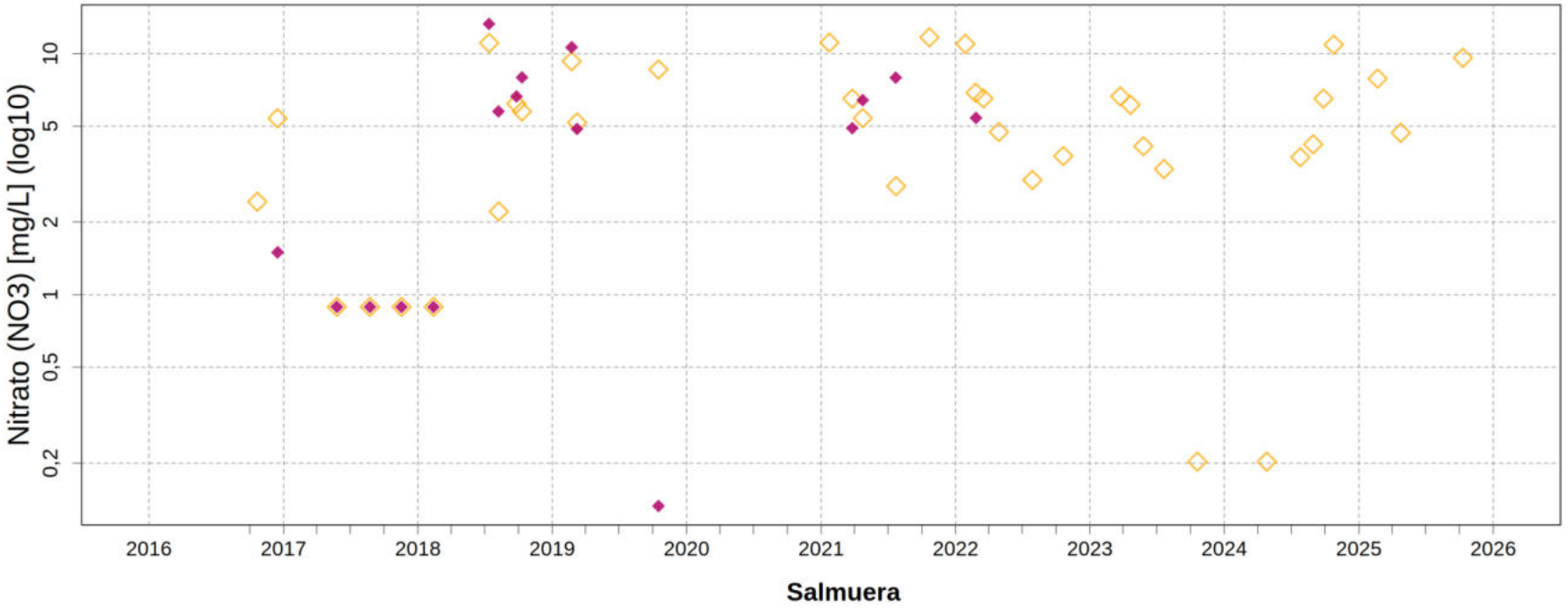
Fuente: Elaboración propia

Los valores del nitrato en aguas superficiales presentan concentraciones de nitrato con medianas desde 0,89 mg/l (Quebrada Camar) y 5,29 mg/l en el punto LM-13, sin una tendencia clara entre los distintos tipos de agua. Respecto a las aguas subterráneas, las medianas varían entre 3,1 mg/l (MP-12A) y 5,16 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de nitrato se observan en la Figura 6-142.

Figura 6-142 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de nitrato en muestras del sector Norte y Borde este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	20	25	32	35	81	43
RQ	1,50	1,70	3,88	2,61	0,79	1,07
Max	7,57	5,05	11,96	5,18	6,55	2,52
P75	4,45	2,70	5,36	3,63	5,22	1,37
Mediana	3,90	2,21	2,68	3,10	4,89	0,89
P25	2,95	1,00	1,49	1,02	4,43	0,30
Min	0,89	0,20	0,20	0,20	0,20	0,01



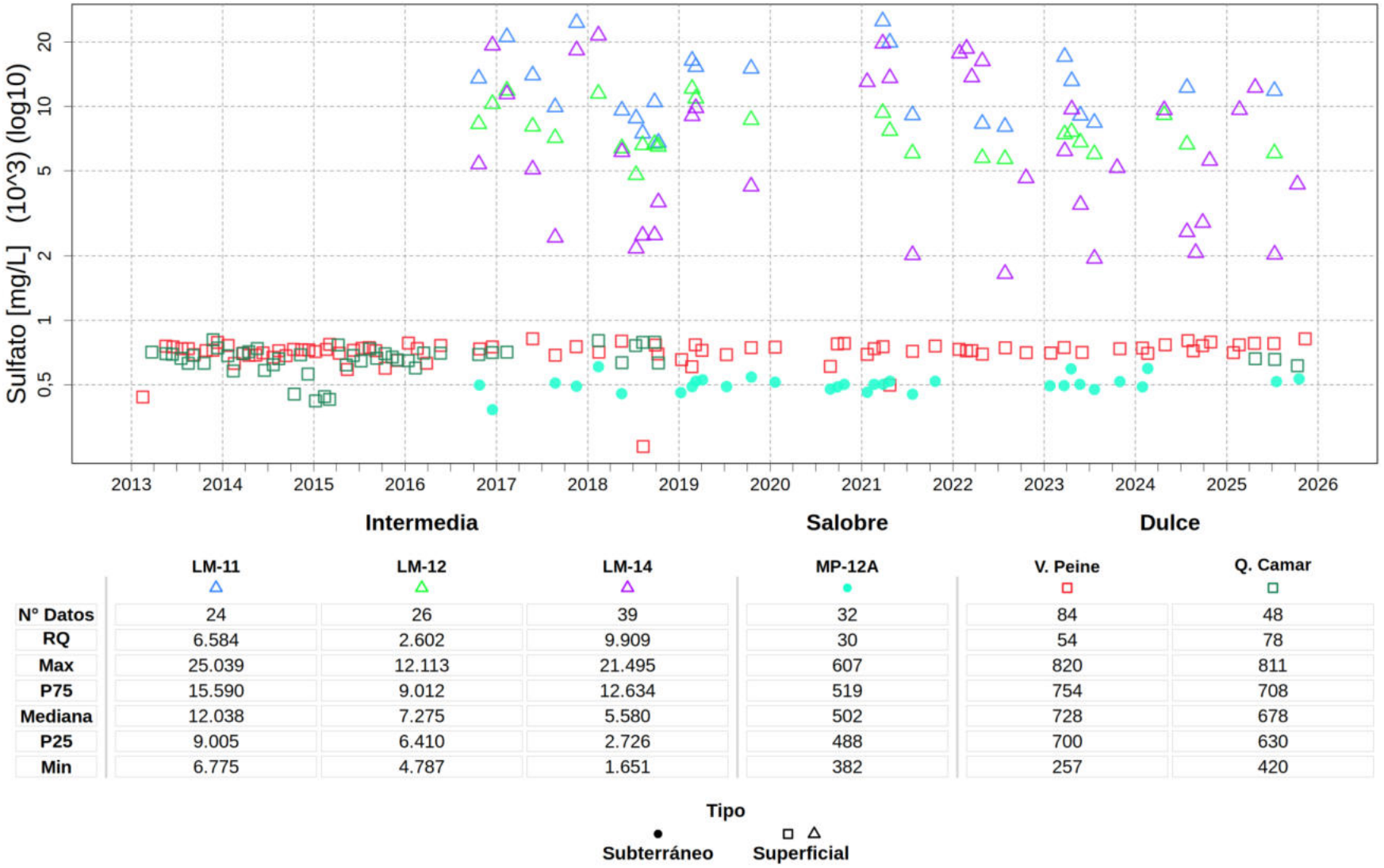
	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	37	16
RQ	3,89	6,08
Max	11,69	13,29
P75	6,88	6,97
Mediana	5,39	5,16
P25	2,99	0,89
Min	0,20	0,13

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

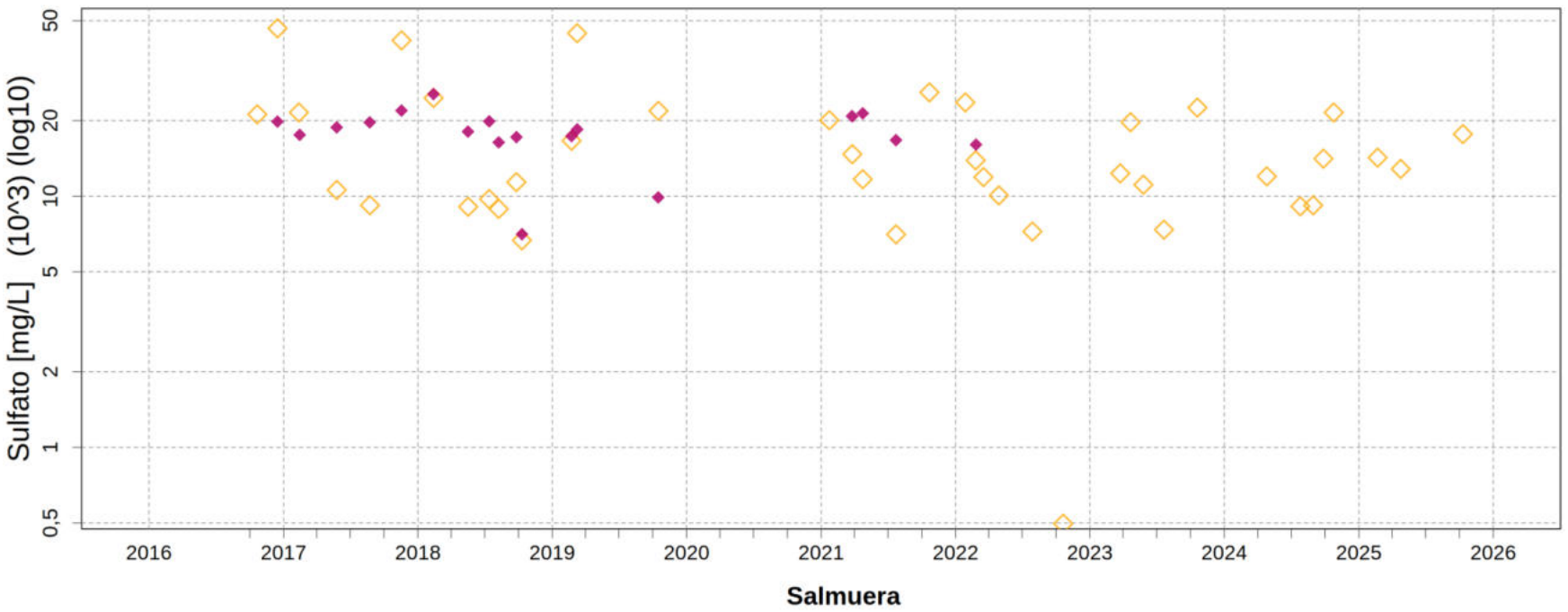
Fuente: Elaboración propia

En el caso de los sulfatos las aguas superficiales poseen medianas entre 678 mg/l en el punto Quebrada Camar y 12.583 mg/l en el punto LM-13. Se observan concentraciones de sulfato mayores en las aguas superficiales intermedias respecto a aguas superficiales dulces. Respecto a aguas subterráneas, se tienen concentraciones de sulfato con medianas entre 505 mg/l en el punto MP-12A y valores máximos de 18.268 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de sulfato se pueden observar en Figura 6-143.

Figura 6-143 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sulfato en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	24	26	39	32	84	48
RQ	6.584	2.602	9.909	30	54	78
Max	25.039	12.113	21.495	607	820	811
P75	15.590	9.012	12.634	519	754	708
Mediana	12.038	7.275	5.580	502	728	678
P25	9.005	6.410	2.726	488	700	630
Min	6.775	4.787	1.651	382	257	420



	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	18
RQ	11.884	3.008
Max	46.609	25.515
P75	21.356	19.869
Mediana	12.845	18.268
P25	9.472	16.861
Min	497	7.067

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

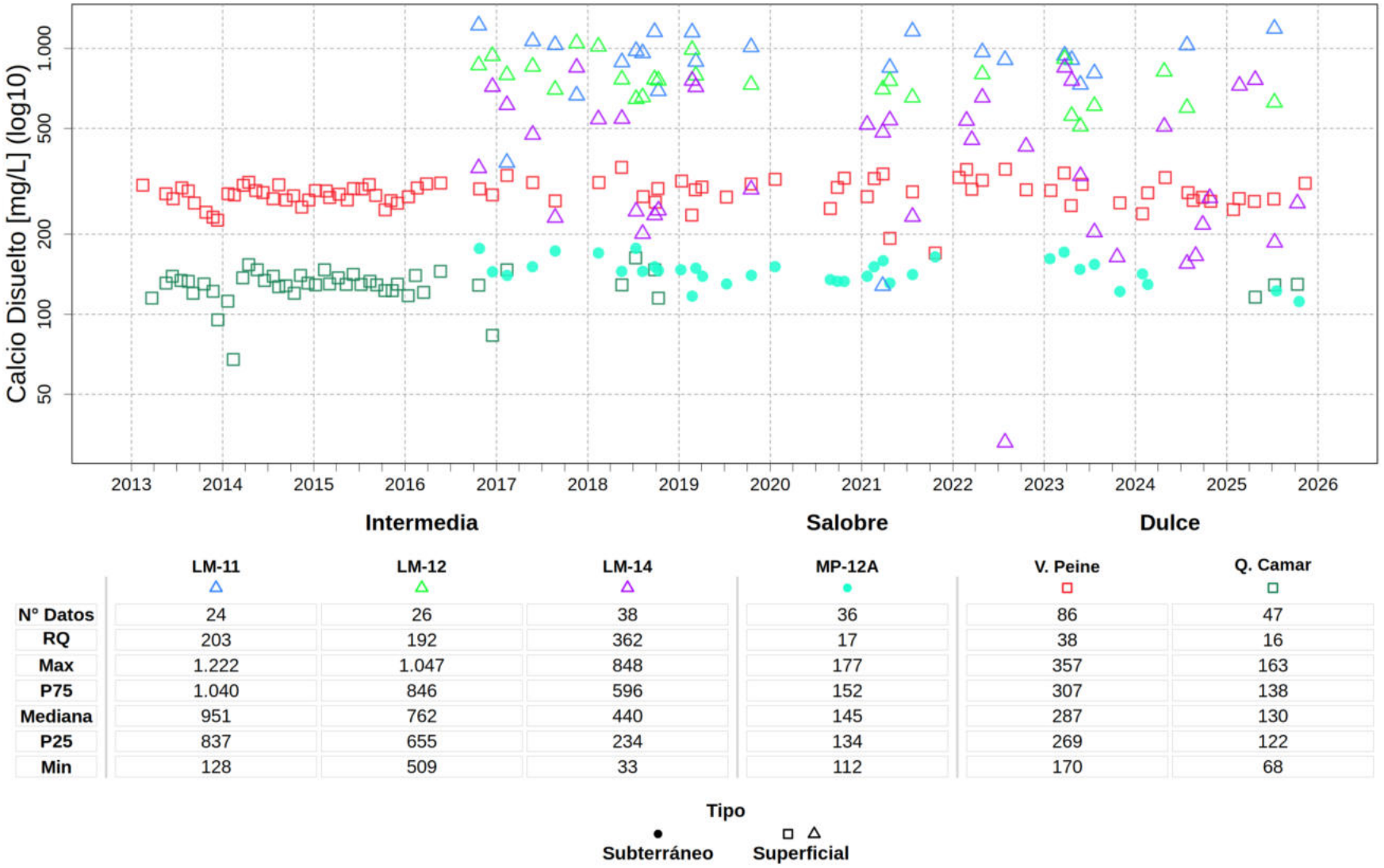
Fuente: Elaboración propia

Cationes mayores

Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}). Una característica común a los cationes considerados es que las aguas de salmuera e intermedias presentan las mayores concentraciones. De forma similar a los aniones, los cationes presentan una estacionalidad en aguas superficiales, no tan evidente en aguas subterráneas. La concentración de cationes (y de otros elementos también) ocurre debido a procesos de concentración como lo son la evaporación, naturalmente afectando mayormente a las aguas superficiales, además de corresponder a las zonas de descarga del sistema.

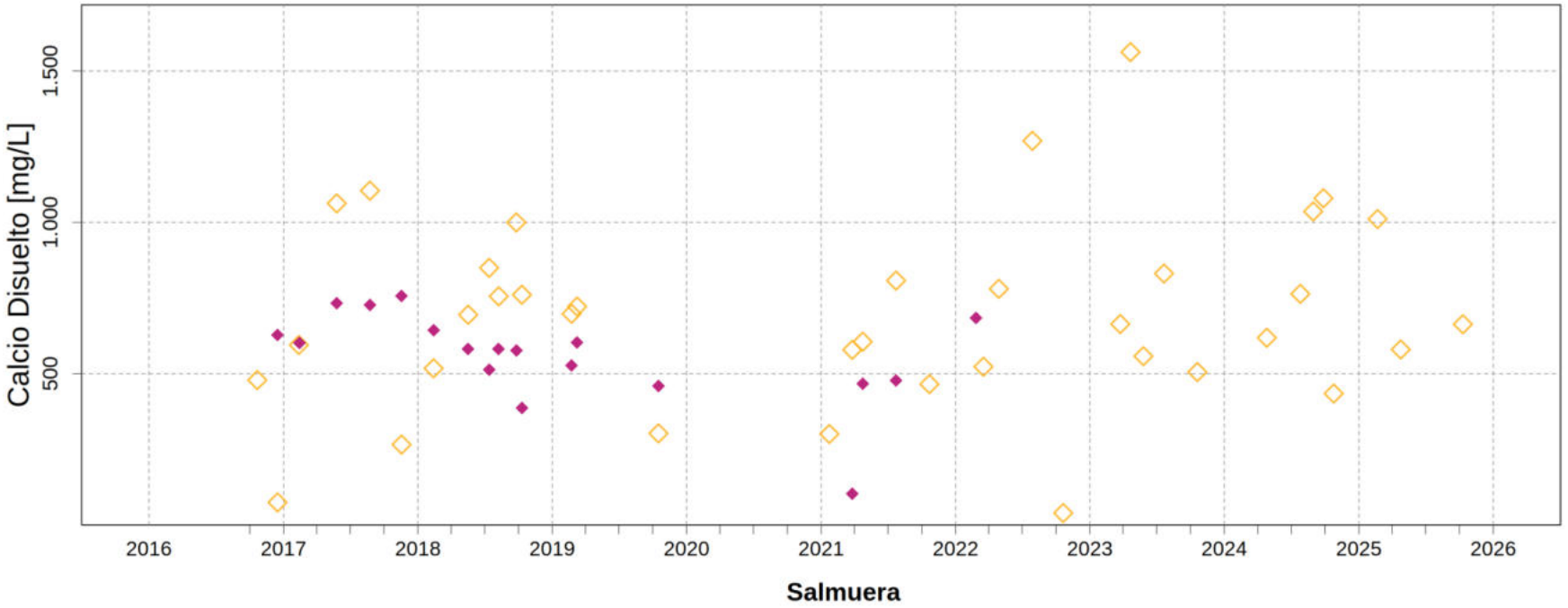
Las concentraciones de calcio disuelto muestran un rango de variación para las aguas superficiales con medianas desde 129 mg/l en el punto Quebrada Camar y 961 mg/l en el punto LM-11. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de calcio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más acotado, con medianas desde 145 mg/l en el punto MP-12A y 582 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de calcio disuelto se observan en la Figura 6-144.

Figura 6-144 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de calcio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	24	26	38	36	86	47
RQ	203	192	362	17	38	16
Max	1.222	1.047	848	177	357	163
P75	1.040	846	596	152	307	138
Mediana	951	762	440	145	287	130
P25	837	655	234	134	269	122
Min	128	509	33	112	170	68

Tipo
● Subterráneo
□ △ Superficial



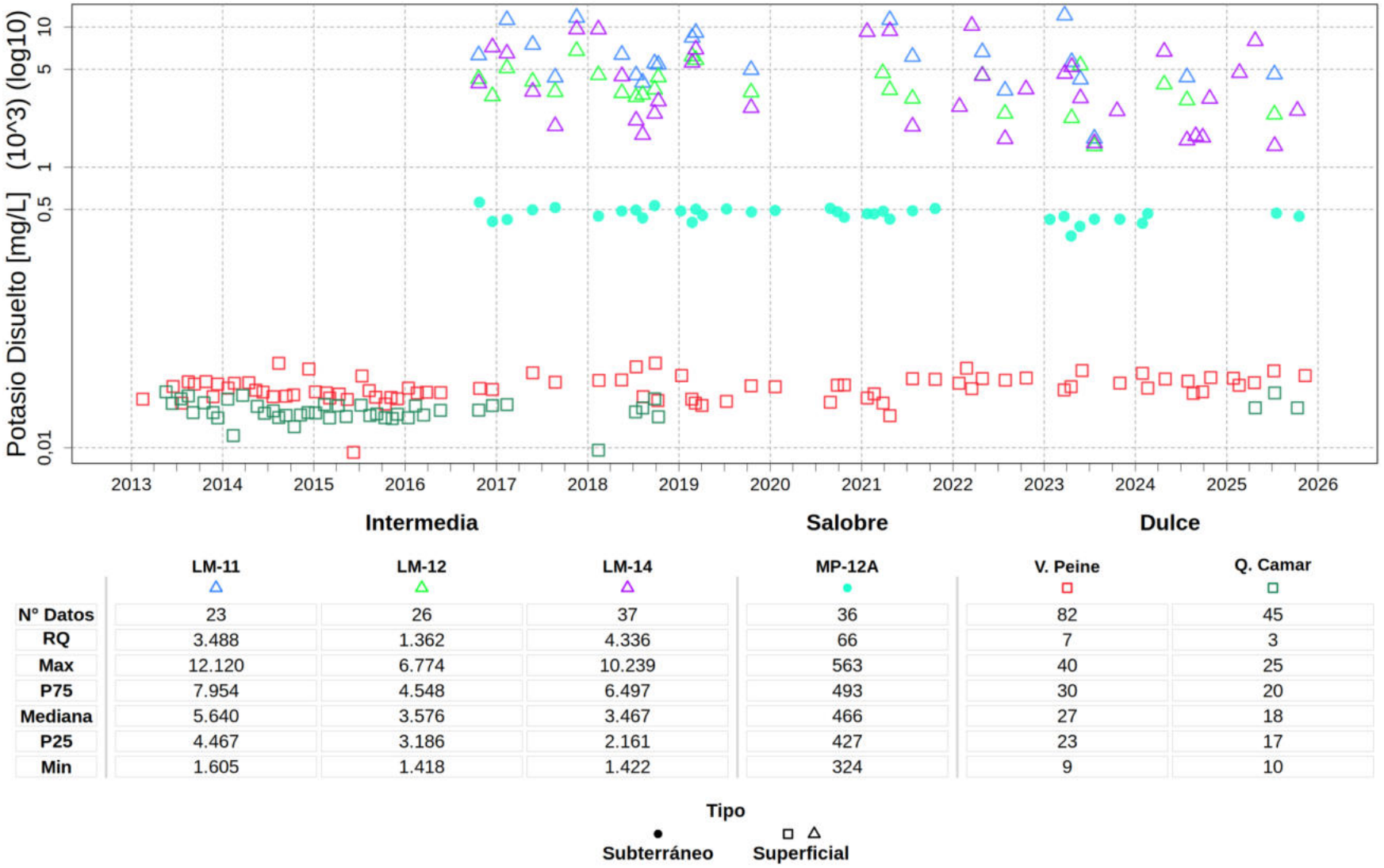
	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	37	18
RQ	313	154
Max	1.563	757
P75	831	640
Mediana	664	582
P25	518	486
Min	40	104

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

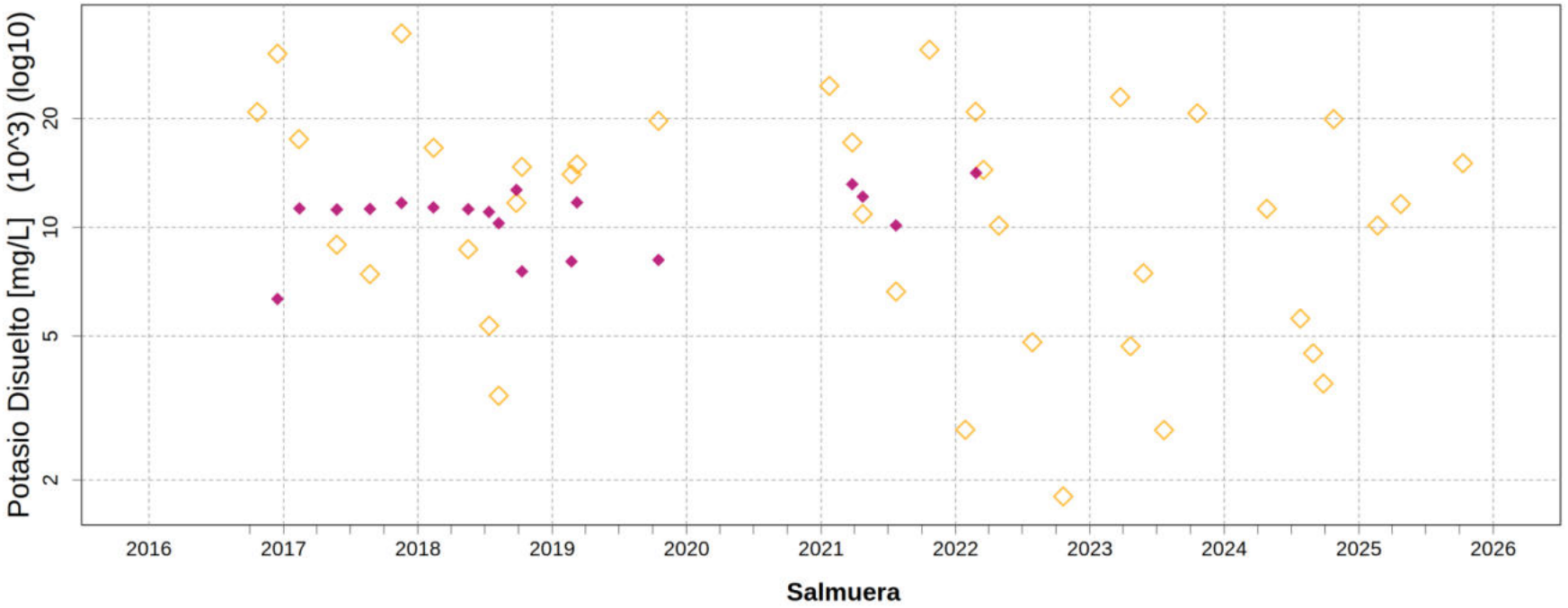
Fuente: Elaboración propia

El potasio disuelto se presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 18,46 mg/l en el punto Quebrada Camar y 11.253 mg/l en el punto LM-13. Los puntos de aguas superficiales intermedias presentan concentraciones de potasio disuelto menores a los puntos de agua superficial de salmuera, pero mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con valores medianas entre 467 mg/l en el punto MP-12A y 11.235 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de potasio disuelto se observan en la Figura 6-145.

Figura 6-145 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de potasio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	23	26	37	36	82	45
RQ	3.488	1.362	4.336	66	7	3
Max	12.120	6.774	10.239	563	40	25
P75	7.954	4.548	6.497	493	30	20
Mediana	5.640	3.576	3.467	466	27	18
P25	4.467	3.186	2.161	427	23	17
Min	1.605	1.418	1.422	324	9	10

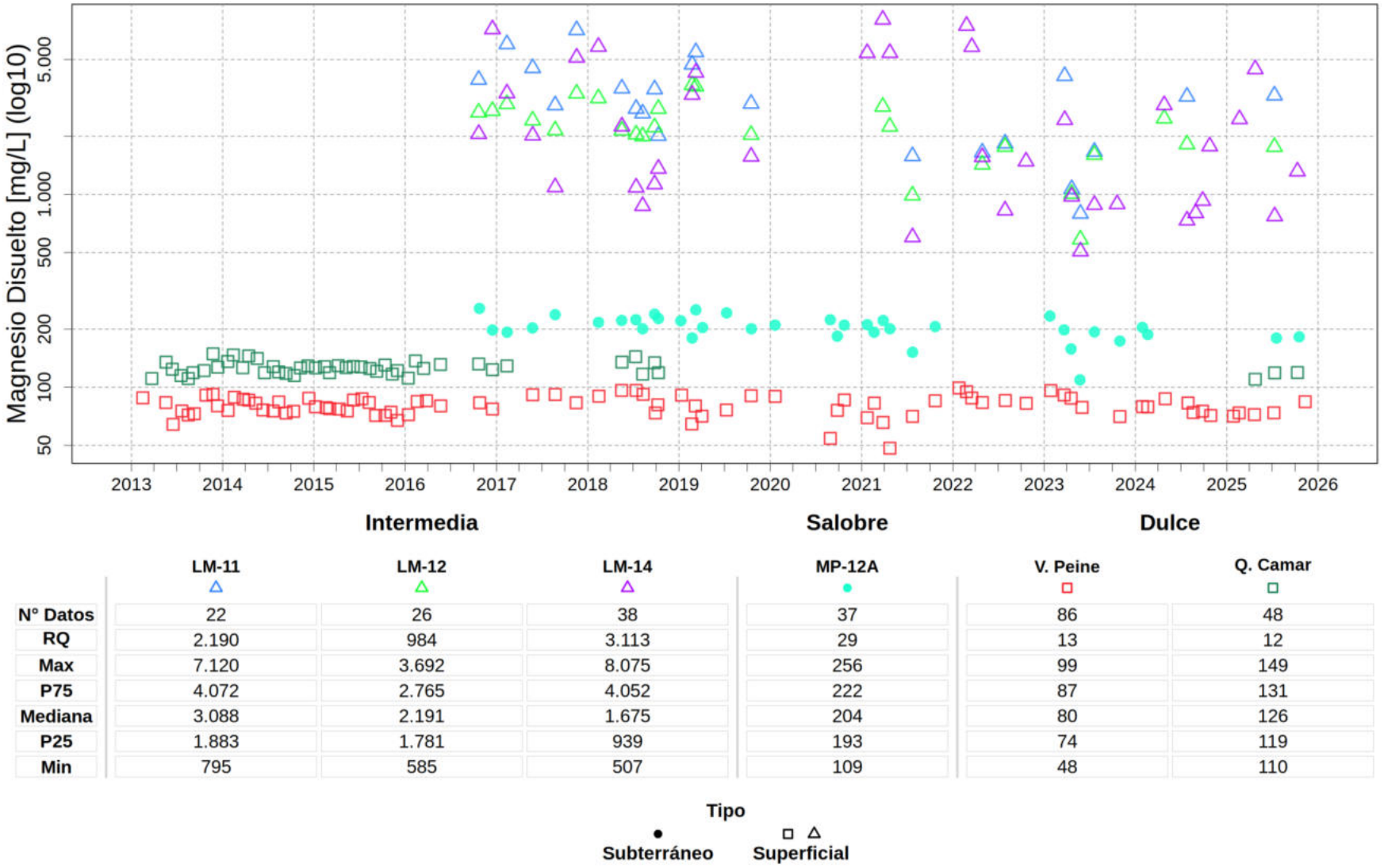


	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	18
RQ	12.499	1.546
Max	34.360	14.142
P75	18.616	11.708
Mediana	11.596	11.235
P25	6.117	10.162
Min	1.802	6.335

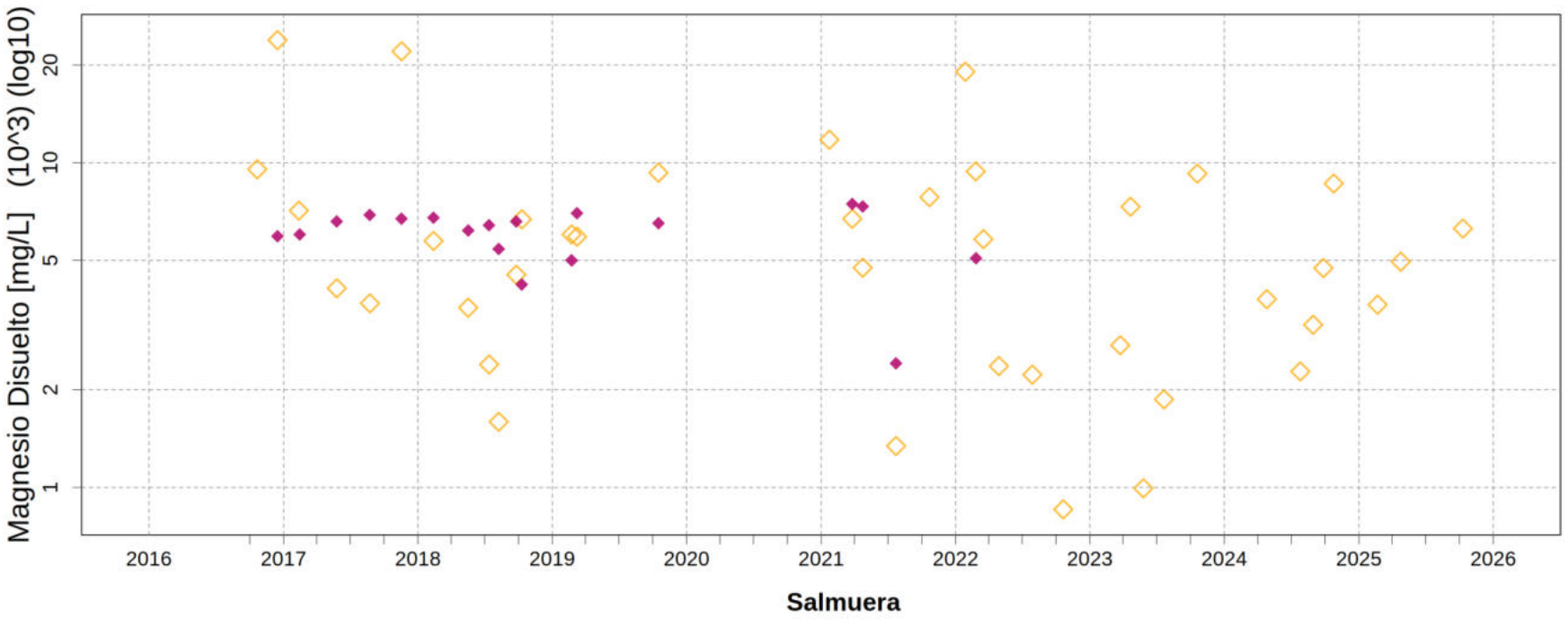
Fuente: Elaboración propia

El magnesio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 80 mg/l en el punto Vertiente Peine y 4.744 mg/l en el punto LM-13. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de magnesio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces y menores al agua superficial de salmuera. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas entre 204 mg/l en el punto MP-12A y 6.472 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de magnesio disuelto se observan en la Figura 6-146.

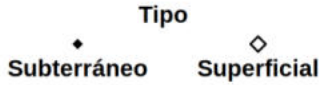
Figura 6-146 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de magnesio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	22	26	38	37	86	48
RQ	2.190	984	3.113	29	13	12
Max	7.120	3.692	8.075	256	99	149
P75	4.072	2.765	4.052	222	87	131
Mediana	3.088	2.191	1.675	204	80	126
P25	1.883	1.781	939	193	74	119
Min	795	585	507	109	48	110



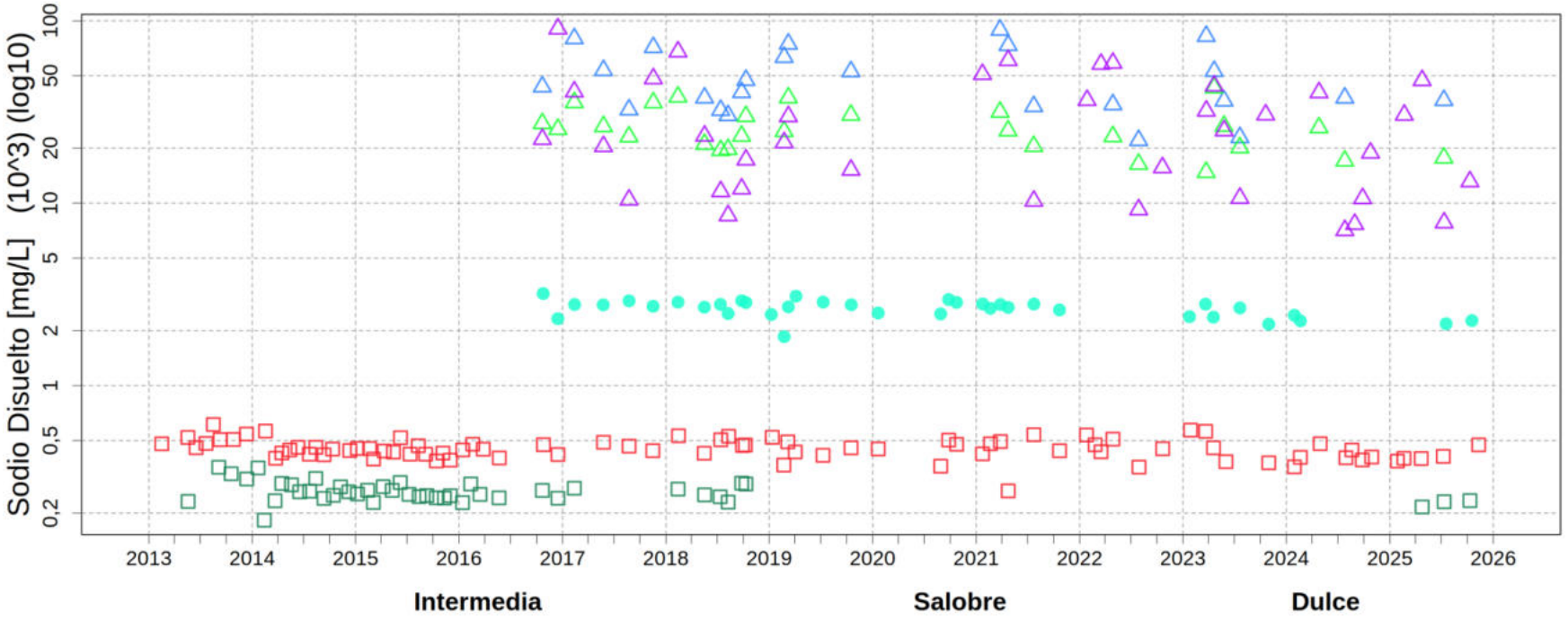
	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	18
RQ	4.622	1.208
Max	23.859	7.458
P75	7.577	6.764
Mediana	4.958	6.472
P25	2.955	5.556
Min	856	2.414



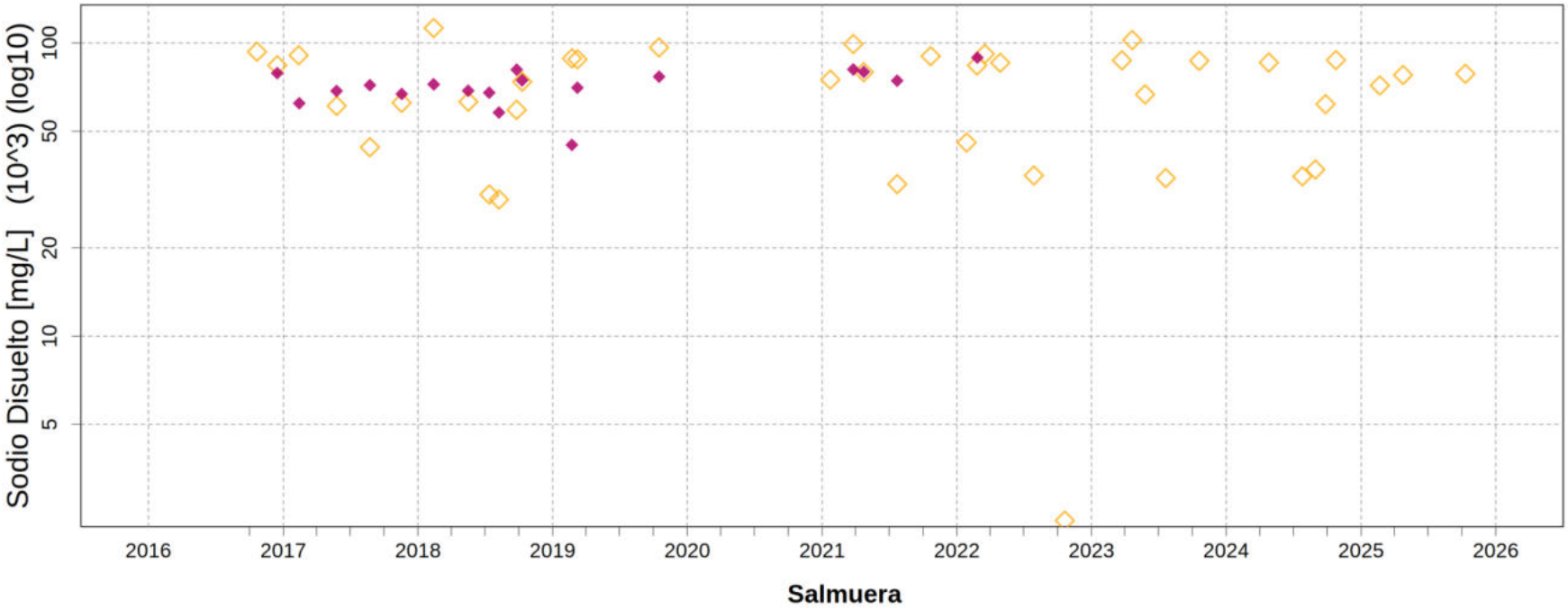
Fuente: Elaboración propia

El sodio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 262 mg/l en el punto Quebrada Camar y 76.407 mg/l en el punto LM-13. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de sodio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces y menores que las aguas superficiales de salmuera. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas de 2.697 mg/l en el punto MP-12A y 72.035 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de sodio disuelto se observan en la Figura 6-147.

Figura 6-147 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de sodio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	24	27	37	37	84	44
RQ	30.683	9.823	29.220	350	64	39
Max	88.950	42.905	90.323	3.194	612	357
P75	65.202	30.170	40.820	2.804	481	281
Mediana	41.991	24.955	22.415	2.704	450	254
P25	34.518	20.347	11.600	2.454	417	242
Min	22.105	14.780	7.097	1.855	265	183



	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	18
RQ	35.248	10.492
Max	112.500	89.050
P75	87.726	78.365
Mediana	77.815	72.035
P25	52.478	67.872
Min	2.350	44.980

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

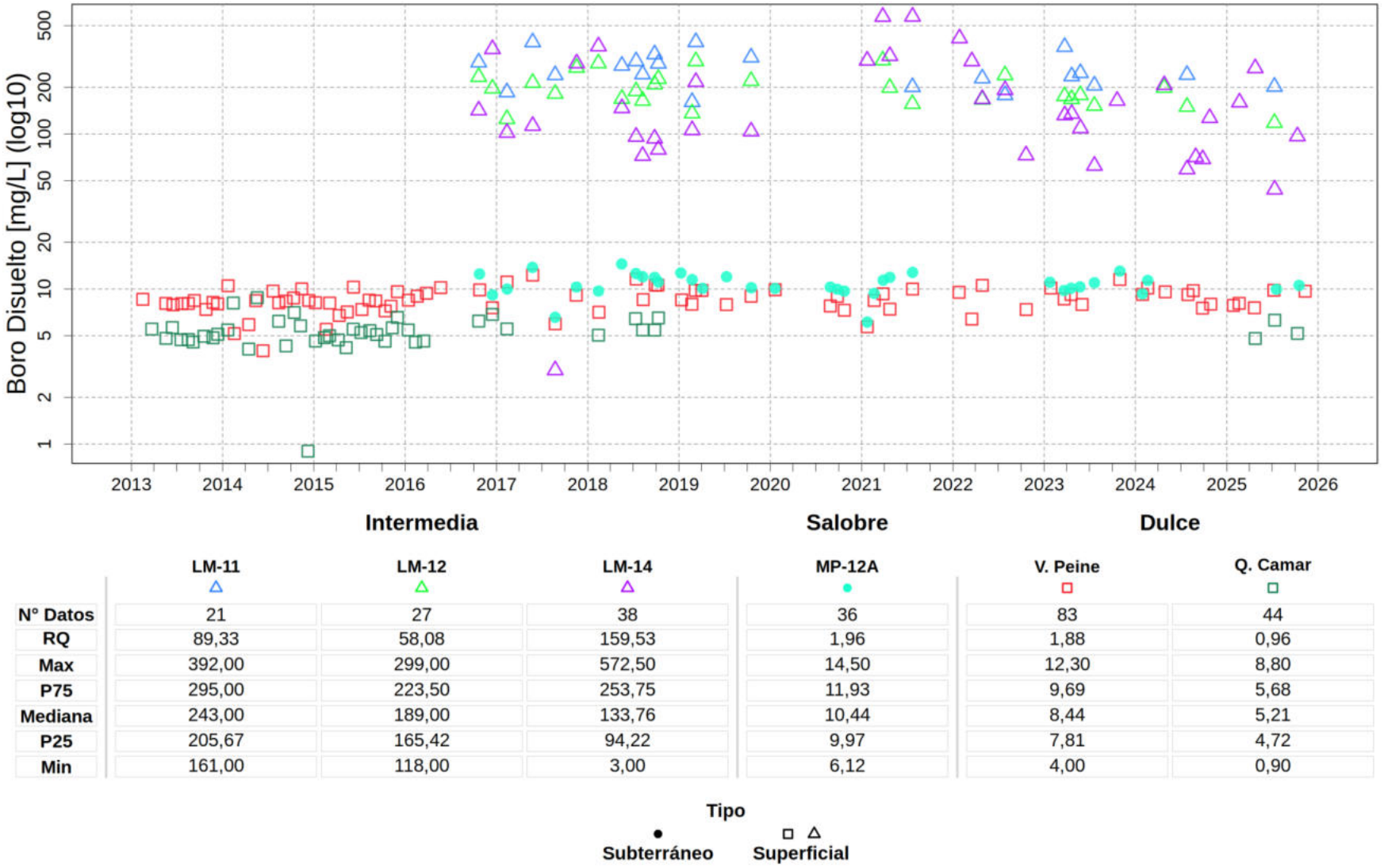
Fuente: Elaboración propia

6.1.8.3.4 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

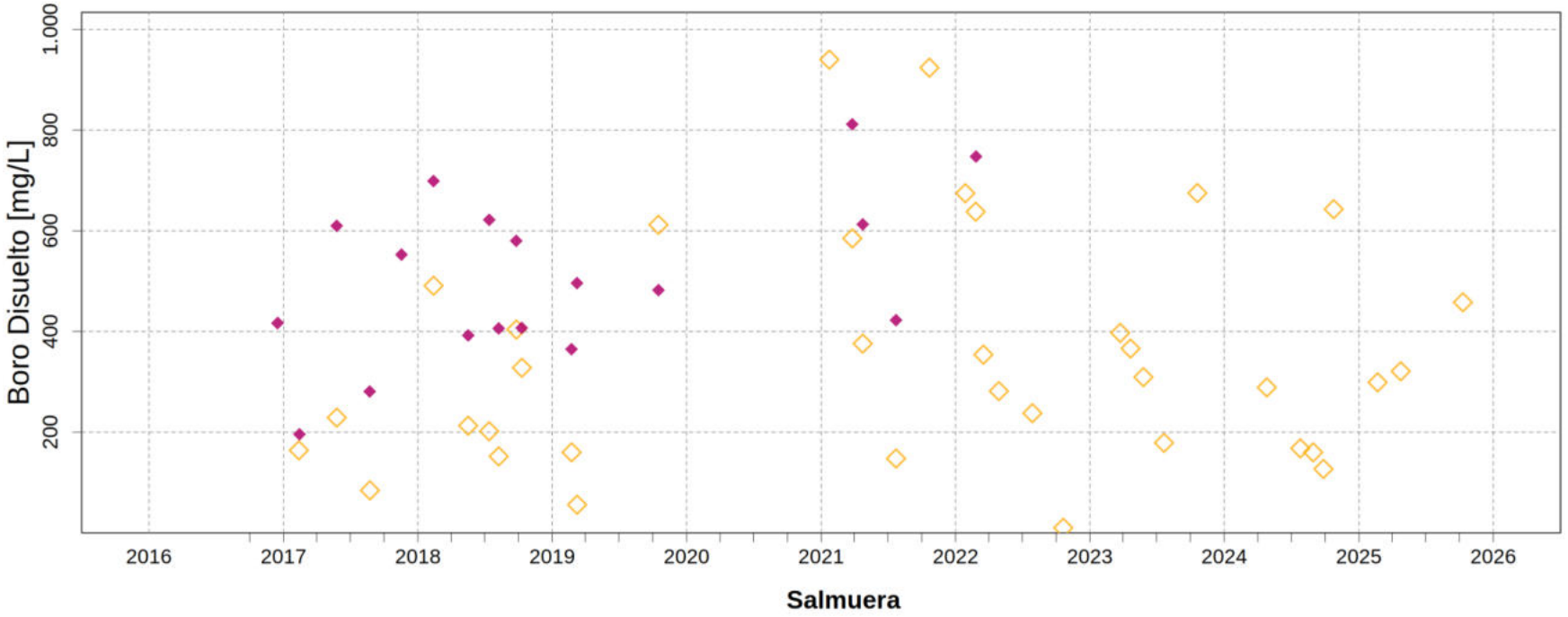
Los elementos minoritarios y trazas que se analizan corresponden a Boro (B^{3+}), Litio (Li^{+}) y Estroncio (Sr^{2+}). Estos presentan una estacionalidad clara en aguas superficiales y no tan evidente en aguas subterráneas.

El boro disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales de medianas entre 5,44 mg/l en el punto Quebrada Camar y 289 mg/l en el punto LM-13. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de boro disuelto mayores que las aguas superficiales dulces y menores que el agua superficial de salmuera. Las aguas subterráneas presentan un espectro más amplio, con medianas de 10,77 mg/l en el punto MP-12A y 489 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de boro disuelto se observan en la Figura 6-148.

Figura 6-148 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de boro disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11	LM-12	LM-14	MP-12A	V. Peine	Q. Camar
N° Datos	21	27	38	36	83	44
RQ	89,33	58,08	159,53	1,96	1,88	0,96
Max	392,00	299,00	572,50	14,50	12,30	8,80
P75	295,00	223,50	253,75	11,93	9,69	5,68
Mediana	243,00	189,00	133,76	10,44	8,44	5,21
P25	205,67	165,42	94,22	9,97	7,81	4,72
Min	161,00	118,00	3,00	6,12	4,00	0,90



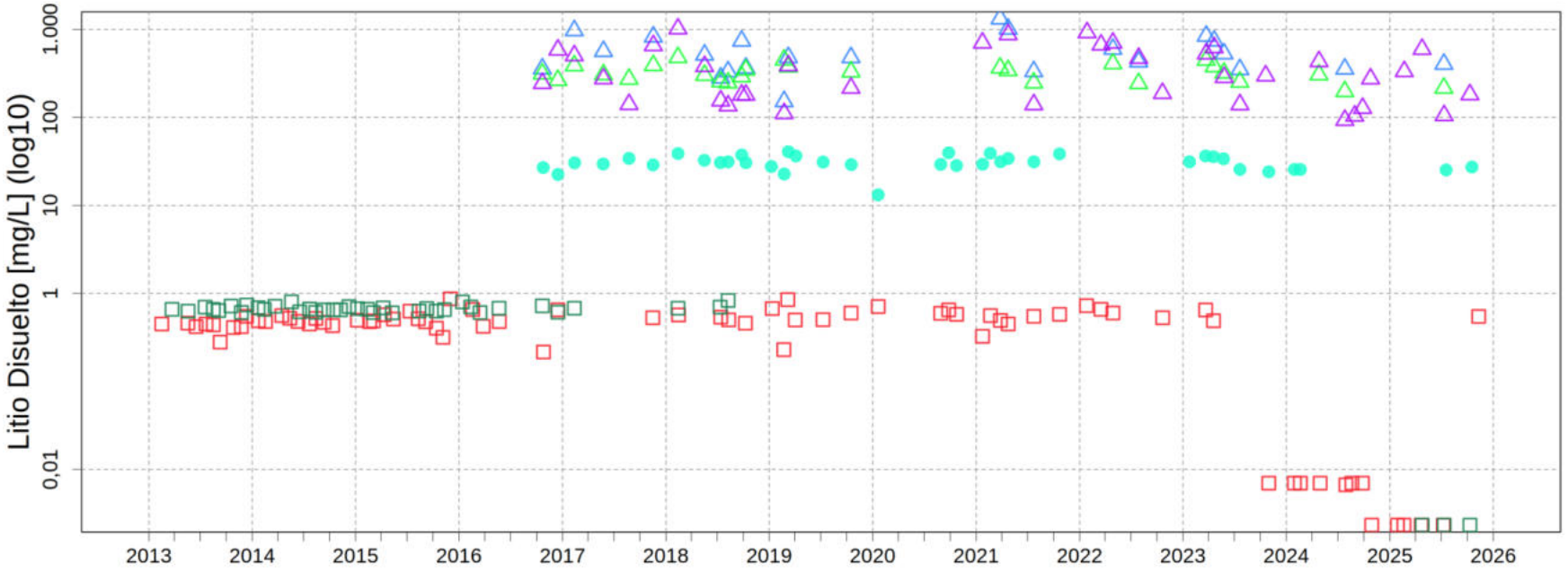
	LM-13	BA-31 (EX LM-15)
N° Datos	36	18
RQ	299,25	206,00
Max	940,00	812,00
P75	466,25	612,25
Mediana	304,23	489,00
P25	167,00	406,25
Min	10,14	196,00

Tipo
Subterráneo Superficial

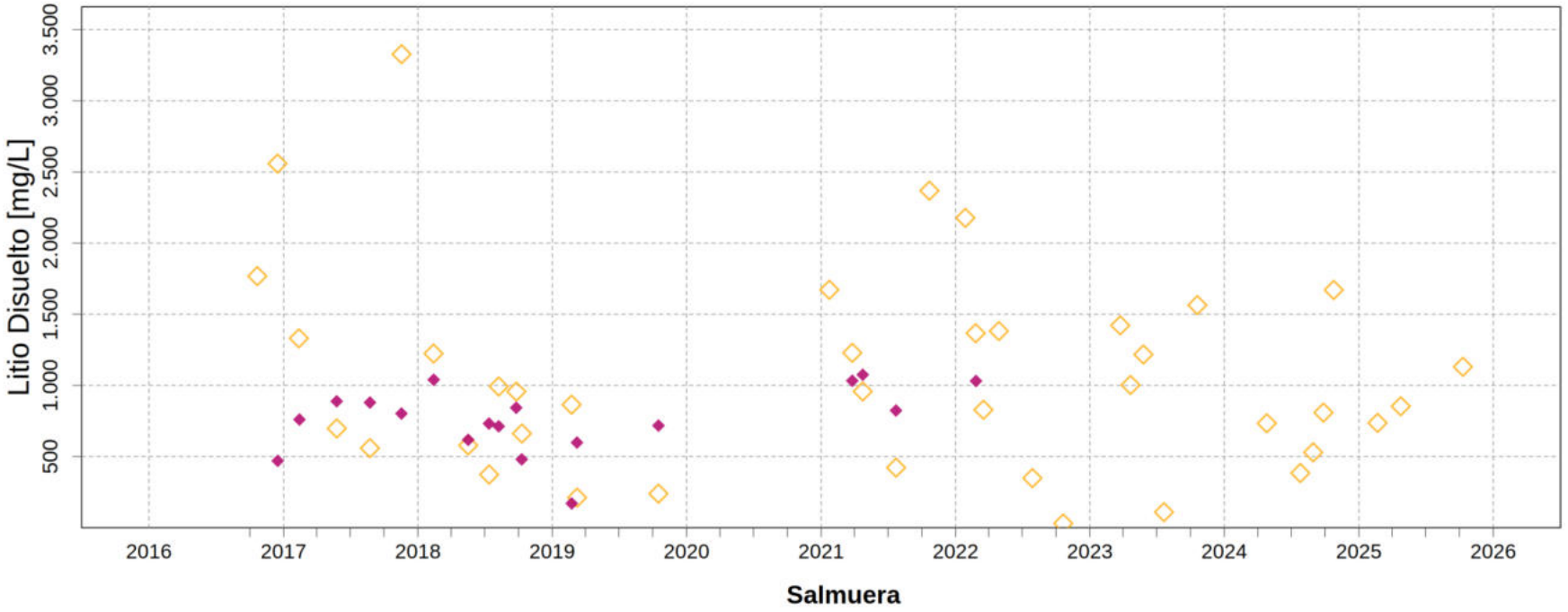
Fuente: Elaboración propia

El litio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas desde 0,49 mg/l en el punto Vertiente Peine y 859 mg/l en el punto LM-13. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de litio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces y menores que el agua superficial de salmuera. Las aguas subterráneas presentan un espectro similar, con valores mínimos de 30 mg/l en el punto MP-12A y 781 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de litio disuelto se observan en la Figura 6-149.

Figura 6-149 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de litio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	23	27	37	38	74	41
RQ	384	117	431	7	0	0
Max	1.321	482	1.019	41	1	1
P75	741	377	586	34	1	1
Mediana	481	313	286	31	0	1
P25	357	260	155	27	0	1
Min	152	197	93	13	0	0



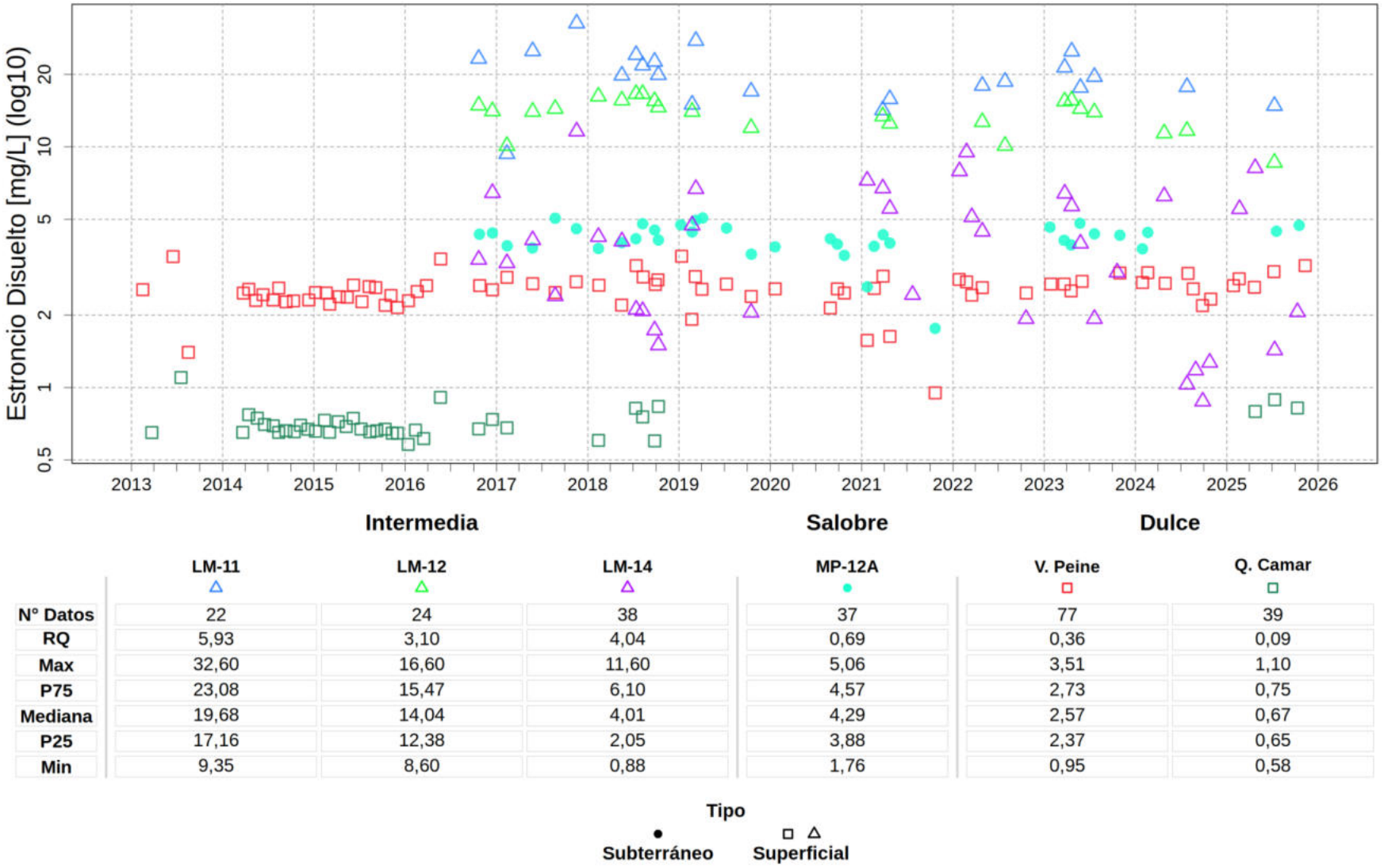
	LM-13	BA-31 (EX LM-15)
N° Datos	39	18
RQ	805	246
Max	3.327	1.076
P75	1.374	888
Mediana	957	782
P25	570	642
Min	31	171

Tipo
Subterráneo Superficial

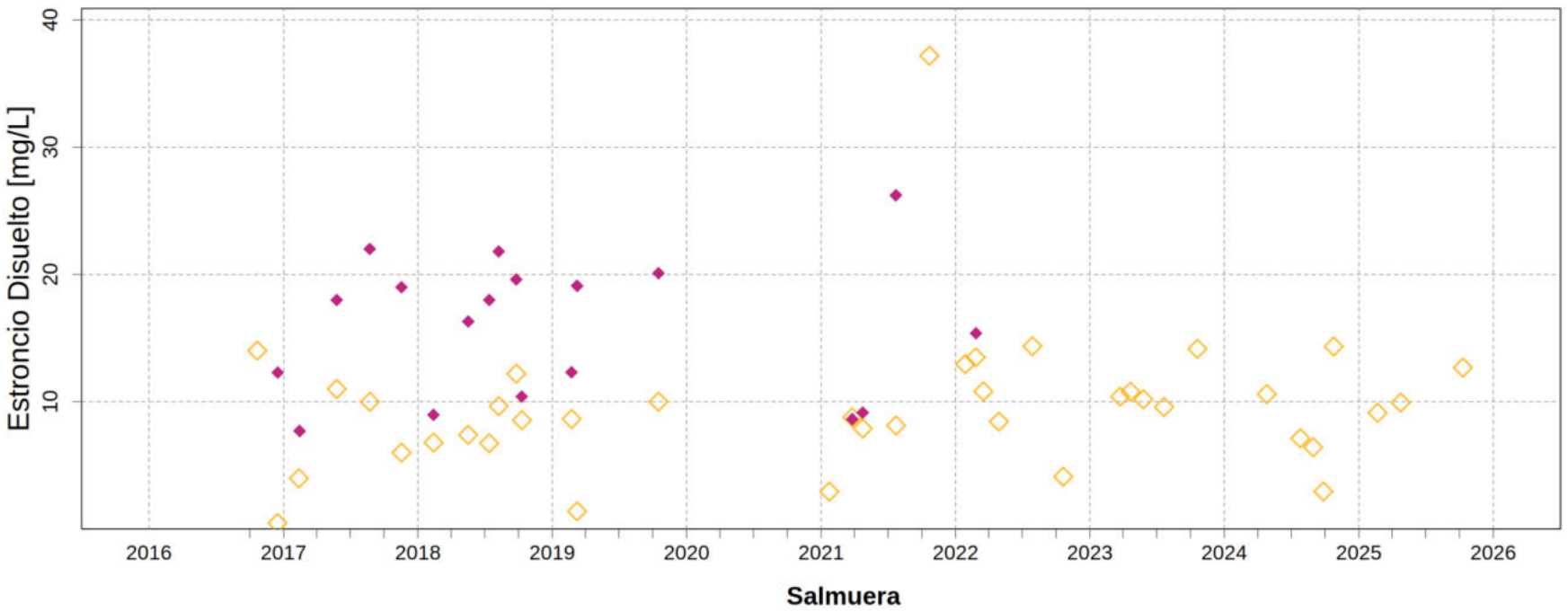
Fuente: Elaboración propia

El estroncio disuelto presenta un rango de variación para las aguas superficiales con medianas entre 0,7 mg/l en el punto Quebrada Camar y 19,8 mg/l en el punto LM-11. Las muestras superficiales intermedias presentan concentraciones de estroncio disuelto mayores que las aguas superficiales dulces. Las aguas subterráneas presentan un espectro similar, con medianas entre 4,3 mg/l en el punto MP-12A y máximos de 17,15 mg/l en el punto BA-31. Las concentraciones de estroncio disuelto se observan en la Figura 6-150.

Figura 6-150 Estadística y variabilidad temporal de las concentraciones de estroncio disuelto en muestras del sector Norte y Borde Este. Se separan las muestras de salmuera, mostradas en gráfico inferior.



	LM-11 △	LM-12 △	LM-14 △	MP-12A ●	V. Peine □	Q. Camar □
N° Datos	22	24	38	37	77	39
RQ	5,93	3,10	4,04	0,69	0,36	0,09
Max	32,60	16,60	11,60	5,06	3,51	1,10
P75	23,08	15,47	6,10	4,57	2,73	0,75
Mediana	19,68	14,04	4,01	4,29	2,57	0,67
P25	17,16	12,38	2,05	3,88	2,37	0,65
Min	9,35	8,60	0,88	1,76	0,95	0,58



	LM-13 ◇	BA-31 (EX LM-15) ◆
N° Datos	39	18
RQ	3,95	8,60
Max	37,18	26,21
P75	10,91	19,48
Mediana	9,58	17,15
P25	6,96	10,87
Min	0,47	7,70

Tipo
◆ Subterráneo ◇ Superficial

Fuente: Elaboración propia

6.1.8.4 Química de los Puntos de Extracción

En consideración a la resolución de solicitud de interpretación de la RCA Nº21/2016, resuelta mediante la R.E. Nº1.472 de fecha 27 de diciembre 2017 del SEA Dirección Ejecutiva, es que no se presentan resultados asociados a química de los pozos de extracción de salmuera. Dicha Resolución se adjunta como Anexo M de este Informe.

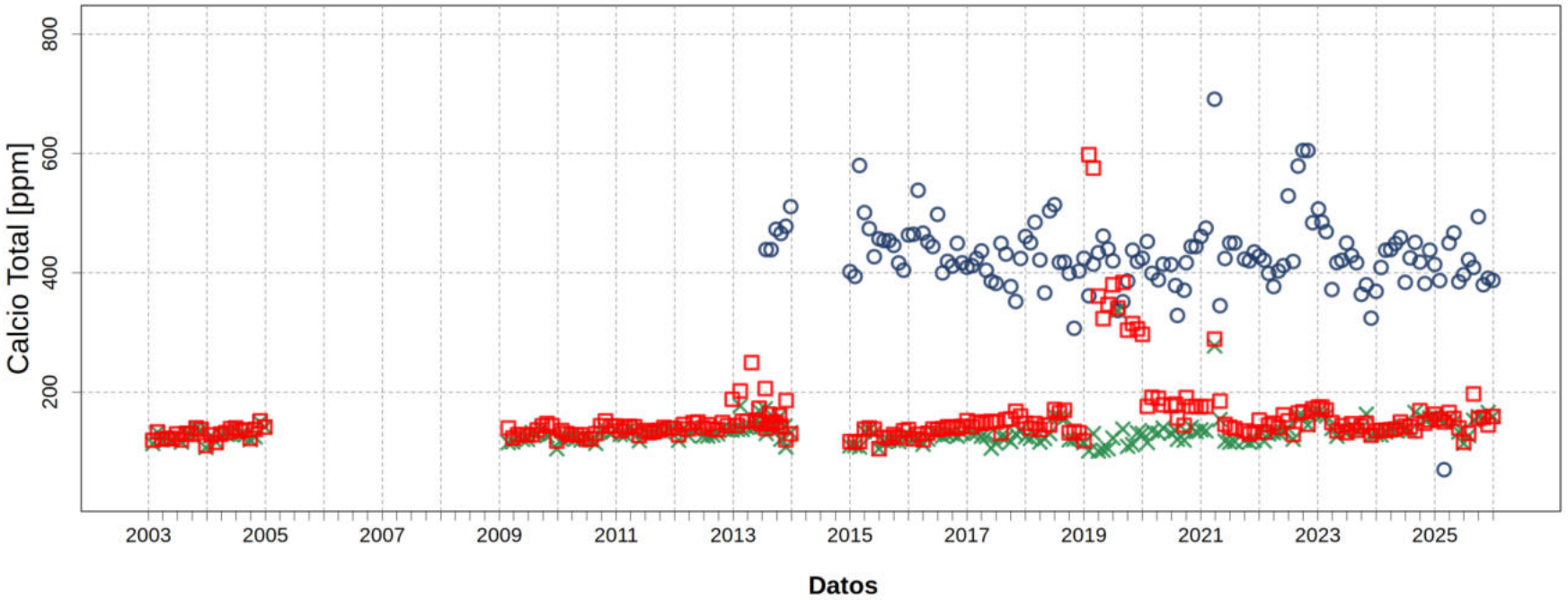
A saber, la Resolución indica textual que: *"[…] el alcance del PSAH, expuesto en el considerando 7 de la RCA respecto del componente ambiental "Físico Calidad del Agua", para el monitoreo "calidad química del agua superficial y subterránea" debe citar únicamente la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7 del Anexo 3 de la Adenda Nº5"*. Asimismo, indica que *"el objeto de protección asociado al PSAH, corresponde a las aguas del Salar de Atacama, y el acuífero de la Zona Marginal que alimenta estas aguas, por lo que los puntos de monitoreo asociados al componente "calidad de agua", recae sobre las aguas que alimentan los sistemas lagunares y, por lo tanto, la calidad química de salmuera que se extrae de los pozos de producción no es una variable relevante para los fines ambientales que sustenta la RCA"*.

Sin perjuicio de lo anterior, Albemarle mide como parámetro interno la química de estas 3 captaciones, y de manera voluntaria se presentan los resultados de la química de estos puntos de extracción con derechos de aguas, punto superficial Vertiente Tilopozo y los pozos: Peine, y Tucúcaro, de los parámetros respectivos: calcio, litio, potasio, magnesio, sodio y sulfato, reportados en unidades de ppm (partes por millón).

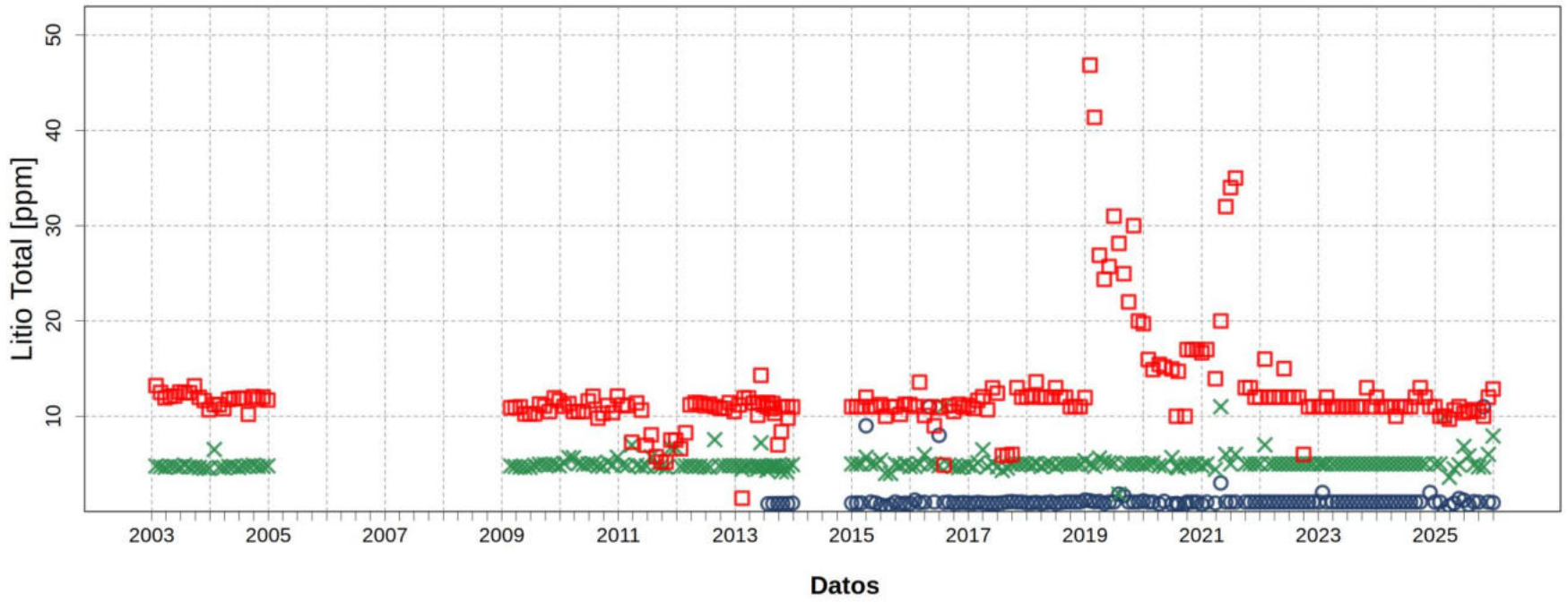
La Figura 6-151 presenta la gráfica histórica de la variación de calcio, litio y magnesio y la Figura 6-152 presenta la variación de potasio, sodio y sulfato para las captaciones pozo Peine, Vertiente Tilopozo y pozo Tucúcaro. Cabe indicar que el pozo Peine comienza su bombeo más tarde que los demás, con registros desde Julio 2013.

En la Figura 6-151 y en la Figura 6-152 se observa que el pozo Tucúcaro presentó en el año 2019 un alza en las concentraciones de todos los elementos, el cual ha estado disminuyendo a diferentes tasas hasta alcanzar en el año 2023 concentraciones cercanas a las que ocurrían previo a este aumento. Estos aumentos en las concentraciones ocurren posteriores al evento de precipitaciones de 2019, lo cual pudo provocar disolución de sales que luego ingresaron al sistema de aguas subterráneas, dada la ubicación del pozo Tucúcaro, y por ende no teniendo el mismo efecto en los otros dos puntos. De manera similar, aunque más acotados, durante mayo de 2021 (además de enero de 2019) ocurren aumentos de litio, magnesio y sodio, y en menor medida potasio, en el pozo Tucúcaro.

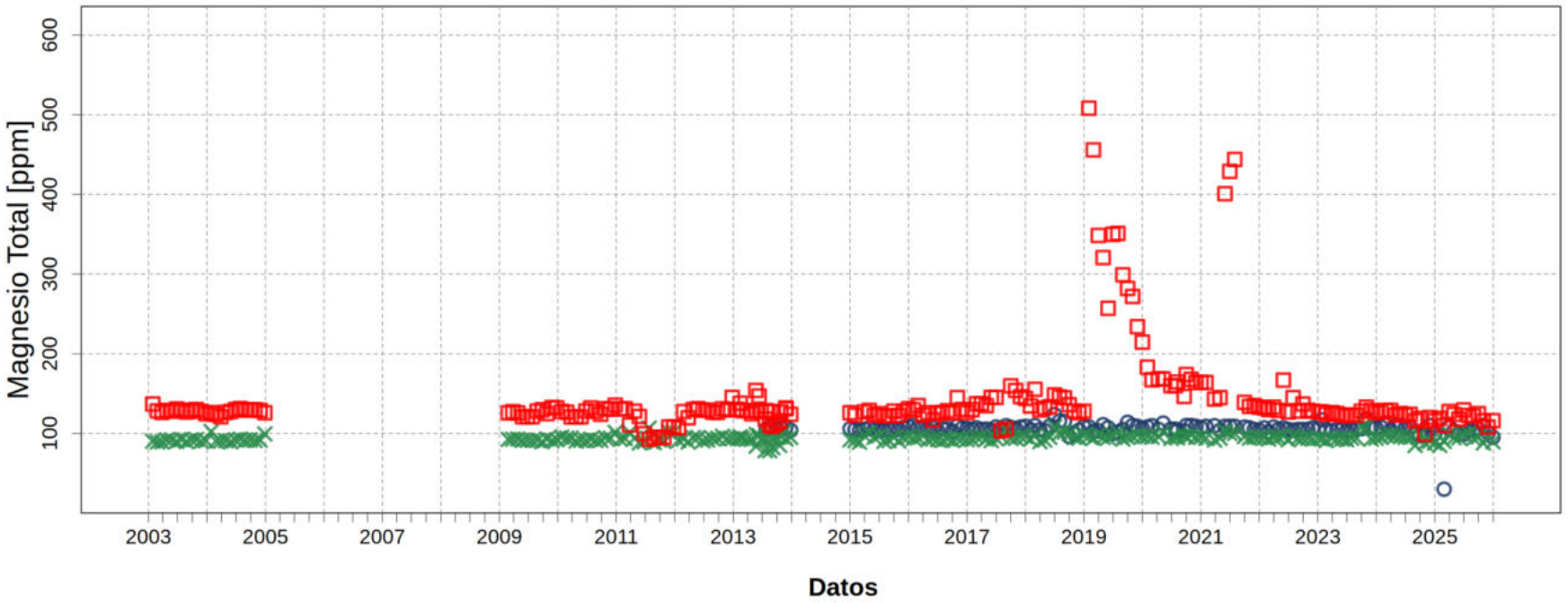
Figura 6-151 Variación temporal de Calcio, Litio y Magnesio en Vertiente Tilopozo y los pozos Peine y Tucúcaro



	Pozo Peine	Tilopozo	Tucúcaro
	o	×	□
N° Datos	137	221	222
RQ	52,65	17,00	21,67
Max	691,05	336,73	598,06
P75	452,51	139,00	154,74
Mediana	424,00	130,66	142,36
P25	399,86	122,00	133,07
Min	70,00	101,06	105,14



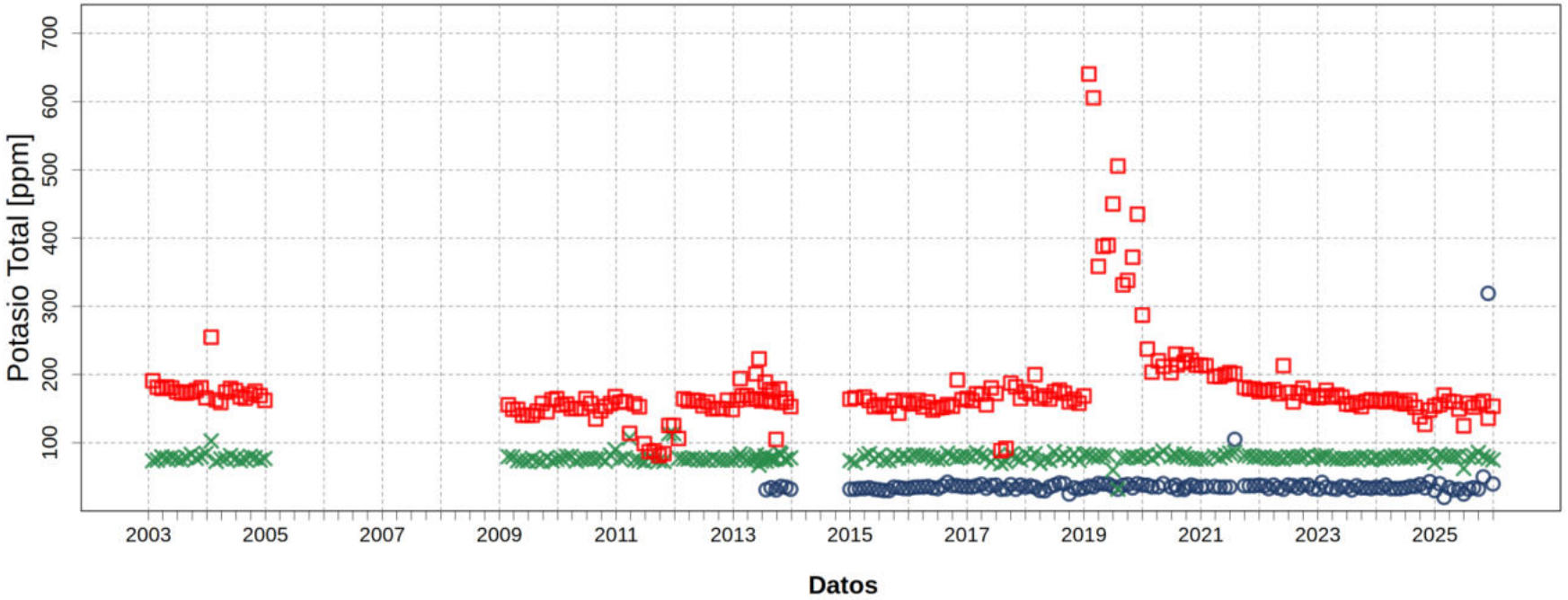
	Pozo Peine	Tilopozo	Tucúcaro
	o	x	□
N° Datos	136	221	222
RQ	0,10	0,26	1,20
Max	11,00	11,06	46,85
P75	1,00	5,00	12,02
Mediana	1,00	4,94	11,19
P25	0,90	4,74	10,82
Min	0,00	1,83	1,40



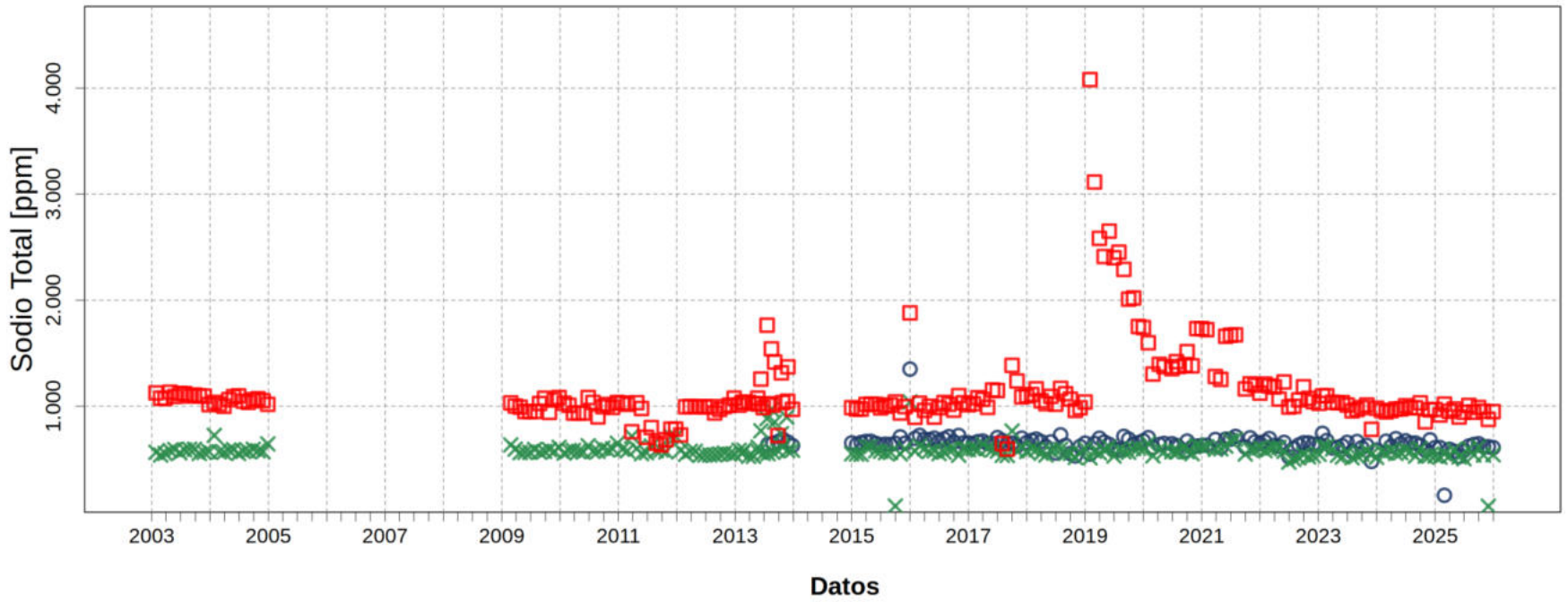
	Pozo Peine	Tilopozo	Tucúcaro
	o	×	□
N° Datos	137	222	221
RQ	4,16	4,34	10,96
Max	123,81	108,35	508,35
P75	108,16	96,00	134,96
Mediana	105,96	93,89	128,30
P25	104,00	91,66	124,00
Min	30,00	78,20	92,60

Fuente: Elaboración propia

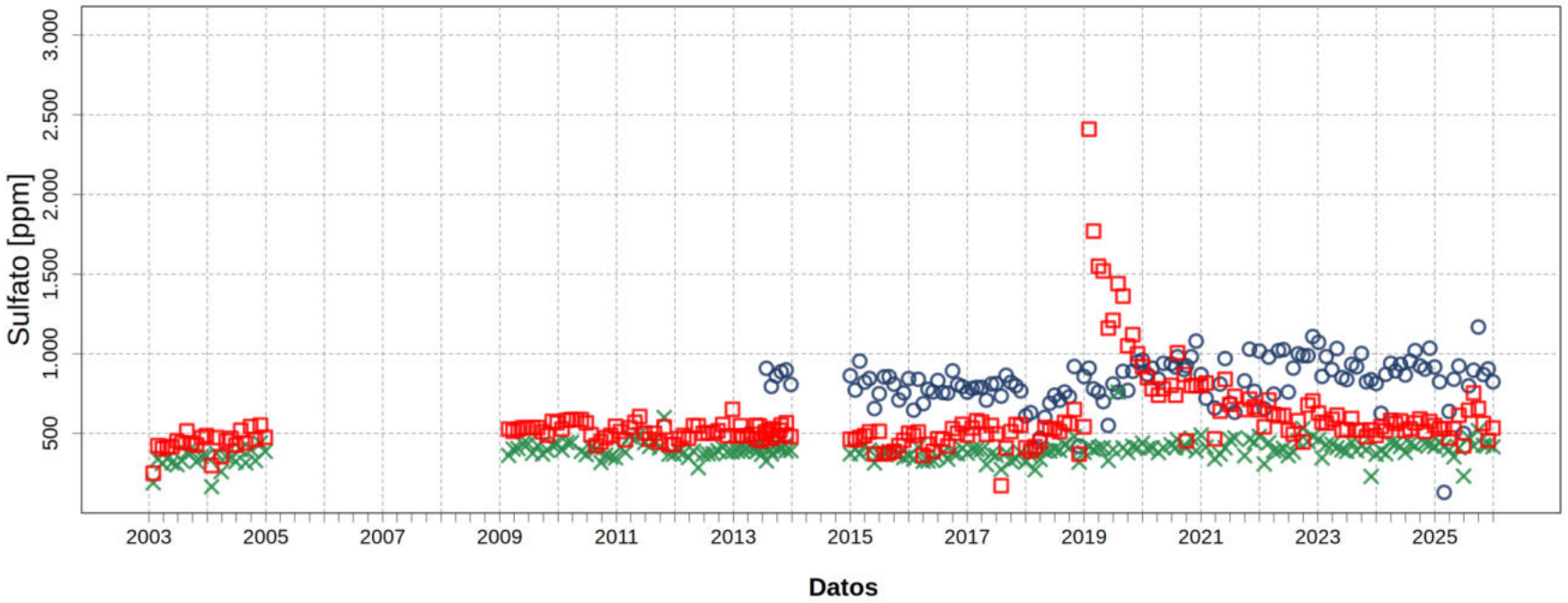
Figura 6-152 Variación temporal de Potasio, Sodio y Sulfato en Vertiente Tilopozo y los pozos Peine y Tucúcaro



	Pozo Peine	Tilopozo	Tucúcaro
	o	x	□
N° Datos	137	221	221
RQ	4,40	4,36	21,40
Max	319,00	113,37	640,42
P75	37,40	80,36	177,23
Mediana	35,00	78,00	164,00
P25	33,00	76,00	155,83
Min	20,00	32,18	81,16



	Pozo Peine	Tilopozo	Tucúcaro
N° Datos	136	222	222
RQ	49	45	133
Max	1.350	1.040	4.081
P75	671	598	1.118
Mediana	649	575	1.031
P25	622	553	985
Min	160	57	596



	Pozo Peine	Tilopozo	Tucúcaro
	o	×	□
N° Datos	137	220	222
RQ	157	52	107
Max	1.168	760	2.410
P75	917	420	580
Mediana	840	393	524
P25	760	368	473
Min	130	166	172

Fuente: Elaboración propia

6.1.8.5 Límite por variable

Se han comparado los resultados de calidad química del agua del año 2025 (sección 5.8) con los valores históricos.

Los resultados por sector muestran que, tanto en las aguas subterráneas someras como en las aguas más profundas, los elementos analizados en 2025 varían de acuerdo con los rangos y variabilidad natural histórica, no presentando mayores diferencias en comparación con años previos. Sin embargo, se advierten valores históricos fuera de tendencia que tendrían relación con errores de muestreo o analíticos identificados.

Junto a lo anterior, al analizar los diagramas de Piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene. En este sentido, las aguas son principalmente del tipo cloruradas sódicas.

Según lo previamente mencionado, es posible afirmar que se han mantenido los parámetros fisicoquímicos de las muestras y sus composiciones dentro de la variabilidad natural de calidad química del agua.

6.1.9 Caudales bombeados en salmuera y en agua dulce-salobre

En esta sección se presentan los registros históricos de caudales de extracción de salmuera y de agua dulce-salobre hasta diciembre del 2025.

La extracción de salmuera se realiza desde los pozos ubicados en las áreas de extracción A1 y A2 (Figura 5-130), cuya dinámica de bombeo responde a razones operacionales que se ajustan al caudal de bombeo aprobado ambientalmente, siendo la cantidad de pozos en operación variable lo largo de los años. Mientras que la extracción de agua dulce-salobre se realiza desde la vertiente Tilopozo, pozo Tucúcaro y pozo Peine. En esta sección, además, se analizan los límites comprometidos para la variable caudal bombeado tanto de salmuera como de agua dulce-salobre.

En el Anexo J se presenta el registro histórico de todos los volúmenes extraídos y caudales bombeados, a escala mensual, tanto de los pozos de salmuera como de los puntos de agua dulce-salobre.

6.1.9.1 Caudales bombeados en salmuera

En la RCA N°21/2016 se presenta la regla de extracción de salmuera aprobada para Albemarle, en donde se autoriza un aumento del caudal de extracción desde 142 l/s hasta 442 l/s (300 l/s adicionales, exclusivos desde el área de bombeo A1), como caudal medio anual. La Tabla 6-16 presenta la regla de extracción aprobada en la RCA N°21/2016.

Tabla 6-16 Regla de extracción aprobada, RCA N°21/2016. Caudal medio anual (l/s).

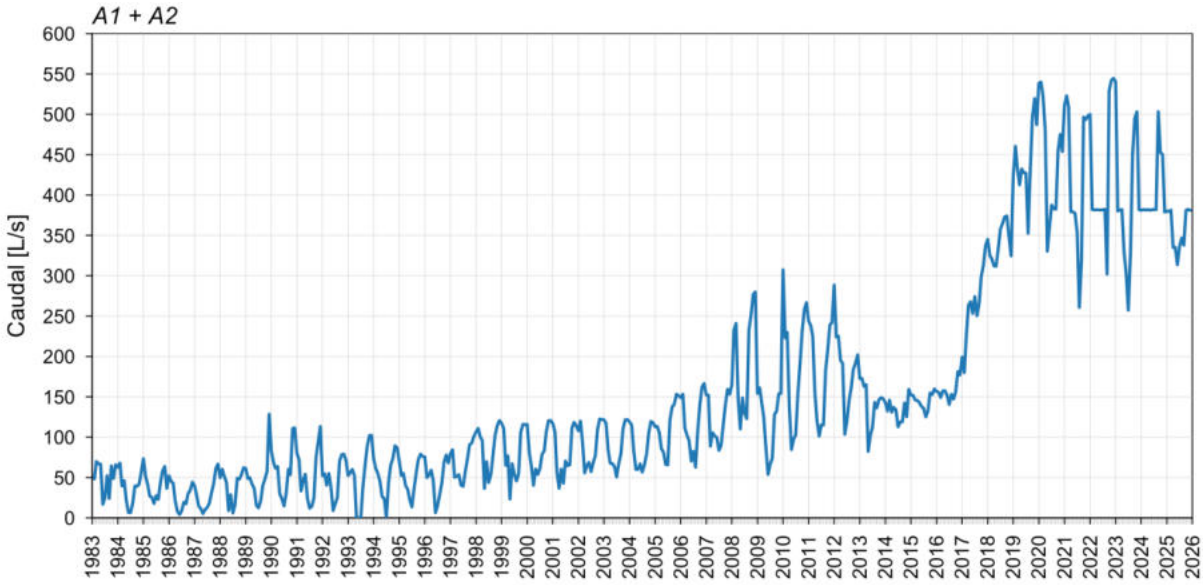
Área de Bombeo	Previo a RCA N°21/2016	Inicio proyecto (28.09.16)	Inicio+6 meses (01.04.17)	Inicio+12 meses (01.10.17)	Inicio+18 meses (01.04.18)	Inicio+24 meses (01.10.18)
A1	60	120	180	240	300	360
A2	82	82	82	82	82	82
Aumento Extracción (l/s)	0	60	120	180	240	300
Extracción Total (l/s)	142	202	262	322	382	442

Fuente: Modificado de Tabla 5-17 Anexo 1, Adenda 5 y Tabla 1 RCA N°21/2016.

El Proyecto inició su fase de operación el 28 de septiembre de 2016, por lo que desde octubre de 2018 (cuando se cumplió el aumento de 60 l/s de cada escalón de bombeo) el límite de extracción total quedó fijado en 442 l/s, el cual sigue manteniendo a la fecha, excepto cuando existen activaciones de PAT, donde este límite se modifica.

La extracción histórica mensual de salmuera del titular del proyecto entre 1983 y 2025 se muestra en la Figura 6-153. En general, la menor extracción de salmuera se realiza en los meses de invierno, mientras que la mayor extracción se desarrolla en los meses de verano, como consecuencia de la mayor evaporación en los sistemas de pozas de salmuera. Durante el año 2025, esta relación presentó un comportamiento más homogéneo entre invierno y verano. No obstante, durante los últimos años, esta relación presentó un comportamiento más homogéneo entre invierno y verano.

Figura 6-153 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, periodo 1983-2025 (extracción total de zonas A1 y A2)

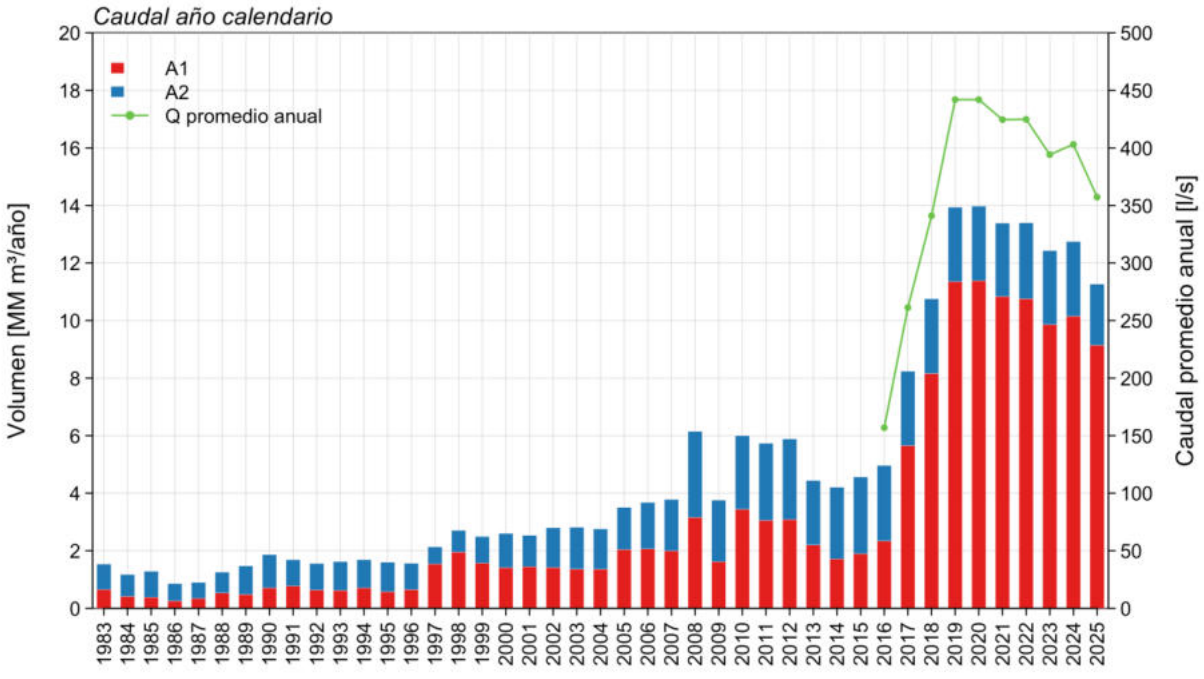


Fuente: Elaboración propia

El volumen de extracción de salmuera anual según año calendario en ambas áreas (A1 y A2) en el período 1983-2025 se presenta en la Figura 6-154. Se observa que el volumen máximo de extracción total del año calendario se alcanzó el 2020, con 13.975.851 m^3, lo que equivale a un caudal medio anual de 441,96 l/s, no obstante, este valor no representa el caudal medio anual máximo. El caudal medio anual máximo se alcanzó el año 2019, con un caudal de 441,98 l/s, si bien el volumen extraído en el año 2020 (13.975.851 m^3) fue mayor al extraído el año 2019 (13.938.128 m^3), el año 2020 fue un año bisiesto, por lo que al calcular el caudal medio anual da levemente inferior al del 2019. Posterior al año 2019 la tendencia es a disminuir el volumen anual bombeado: el año calendario 2025 se bombeó un volumen total de 11.267.235 m^3 (caudal medio anual de 357,28 l/s), inferior al volumen del año 2024 de 12.745.803 m^3 (caudal medio anual de 403,06 l/s).

Se observa en la Figura 6-154 (año calendario) que hasta octubre del 2016 ambas áreas de extracción (A1 y A2) bombeaban volúmenes similares y, a partir del 2017 (posterior a la RCA N°21/2016), las mayores extracciones son del sector A1 con caudales mensuales medios entre 107,58 l/s (febrero del año 2017) y 438,40 l/s (diciembre del año 2022) durante el periodo 2017-2025. El sector A2 presenta bombeos menores, con caudales mensuales medios entre 10,05 l/s (diciembre del año 2018) y 114,14 l/s (octubre del año 2023) para el mismo periodo.

Figura 6-154 Volumen anual y caudal medio anual año calendario en salmuera de Albemarle, periodo 1983-2025



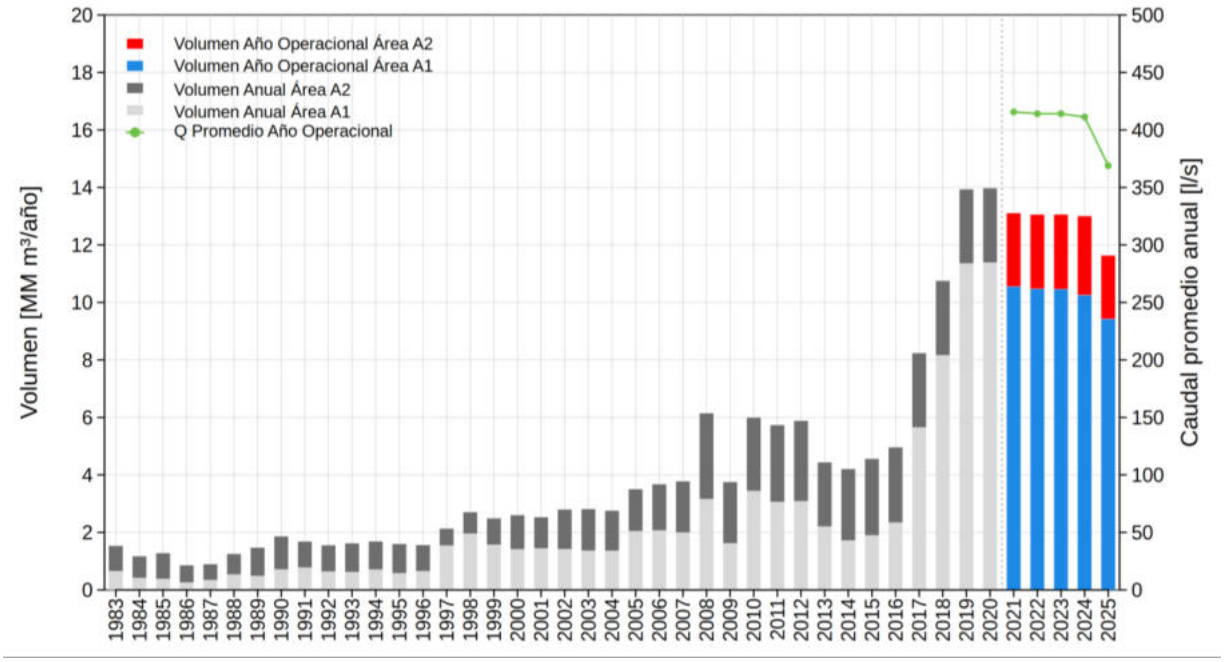
Fuente: Elaboración propia

Como se menciona en la sección 5.9.1, de acuerdo con lo planteado en la Res Ex N°427/2021, los cumplimientos de los compromisos ambientales se deben realizar en base a las

extracciones por año operacional (octubre del año t a septiembre del año t+1). En este contexto la Figura 6-155, muestra el registro histórico de las extracciones considerando los años desde 1983 a 2020 como año calendario (según lo reportado previamente en versiones anteriores de este informe) y desde el año 2021 a 2025 se actualiza a año operacional (octubre año t a septiembre año t+1) posterior a las aclaraciones de la Res Ex N°427/2021.

En los últimos 4 años, se observa que el volumen del año operacional se ha mantenido prácticamente constante, con caudales de 415,72 l/s, 414,08 l/s, 414,13 l/s y 411,24 l/s para los años operacionales 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024. Para 2025, producto de la activación simultánea del PAT durante los 12 meses del año en todos los sectores, el caudal promedio anual disminuyó a 368,92 l/s. El análisis de los límites comprometidos se presenta en la subsección 6.1.9.1.1.

Figura 6-155 Volumen anual y caudal medio anual año calendario en salmuera de Albemarle, periodo 1983-2020 y año operacional periodo 2021-2025



Fuente: Elaboración propia

6.1.9.1.1 Limites por variable

El caudal bombeado de salmuera está sujeto a restricciones según las medidas asociados a las posibles activaciones del PAT (Plan de Alerta Temprana), el cual se describe en Anexo 3 de la Adenda 5 de la evaluación ambiental del proyecto “EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”.

En caso de activarse el PAT en alguno de los sectores (sector Alerta Norte, sector Alerta Núcleo y/o sector Alerta Acuífero), el caudal de extracción se debe reducir según las medidas

indicadas para cada uno. Estas medidas de reducción se presentan inicialmente en el Plan de Alerta Temprana (Anexo 3 de la Adenda 5), y luego son aclaradas en la Res. Ex. N°427/2021, Res. Ex. 1510/2021, Res. Ex. SMA N°724/2021, Res. Ex. N°842/2021 y el documento más reciente Res SEA 202499101370 de mayo de 2024 que Resuelve la Interpretación PAT.

En cuanto a las activaciones PAT, el sector Alerta Norte y Núcleo se mantuvieron activos en su fase II durante todo el año operacional, mientras que el sector Alerta Acuífero (en su fase única) Albemarle comenzó a tomar las medidas preventivas de reducción de caudal bombeado asociado al PAT desde diciembre 2024 a septiembre 2025 y durante los 12 meses del año calendario 2025.

A continuación, se detallan las medidas preventivas de reducción en el caudal bombeado debido a las activaciones PAT por sector. Se debe tener en cuenta que para el año 2025 estuvieron activados de manera simultánea los 3 sectores de Alerta PAT.

Medidas de reducción para cada sector de Alerta

Activación Sector Alerta Norte: Las medidas de reducción de caudal en el caso de activarse el PAT sector Alerta Norte restringen el volumen anual que se puede extraer. La reducción de volumen se expresa como una reducción del caudal medio anual del año operacional correspondiente. Por lo tanto, Albemarle deberá disminuir su caudal de extracción de modo tal que, el caudal medio anual del año operacional no supere un *Nuevo Límite Anual*. Este nuevo límite anual aplica solamente para los días en que el PAT del Sector Alerta Norte se encuentra efectivamente activado.

En relación con el **caudal de reducción** se tiene que la activación del PAT de la Fase II sector Alerta Norte implicaba hasta el año operacional 2022-2023 aplicar una medida de reducción de un 6,3% del caudal autorizado para Albemarle (442 l/s) lo que se traduce en una reducción de 27,6 l/s en el límite anual máximo de bombeo (RCA N°21/2016). Posteriormente, en la Res SEA 202499101370 de mayo de 2024, se actualiza el porcentaje de contribución de acuerdo con lo mencionado en el considerando 12.3, en el documento se menciona que el porcentaje de contribución de Albemarle no supera el 10%, luego en el considerando 12.7 se presenta la siguiente ecuación para el cálculo del Caudal de reducción:

$$Caudal\ de\ reducción = bombeo\ total \times \%\ de\ reducción\ del\ periodo \times \%\ de\ responsabilidad \quad \text{(Ec.1)}$$

La cual Albemarle aplica de la siguiente manera:

- Bombeo total en el salar de atacama: 2.042 l/s
- Porcentaje de reducción: 6,3%
- Porcentaje de responsabilidad de Albemarle: 10%

El cálculo del caudal de reducción al aplicar la ecuación Ec.1. se muestra a continuación:

$$Caudal\ de\ reducción = 2.042\ l/s \times\ 6{,}3\% \ \times\ 10\% = 12{,}76$$

En relación con el **Límite Anual** en la Res SEA 202499101370 de mayo de 2024, se aclara en el considerando 9.8 que "*el periodo de tiempo puede ser tanto a escala mensual como diaria, mientras que el caudal permitido no cuenta con restricción a nivel mensual, pero si a nivel anual […]".* En base a lo anterior, la ecuación del *Nuevo Límite Anual* indicada en la Resolución Exenta 1510/2021 puede ser planteada de la siguiente manera:

$$Nuevo\ límite\ Anual\ (L/s) = \frac{N°\ de\ días\ con\ medida\ activa\ (442 - monto\ de\ reducción) + N°\ de\ días\ \text{sin}\ medida\ activa * 442}{N°\ días\ del\ año\ operacional} \qquad \text{(Ec.2)}$$

Por lo tanto, el caudal de reducción para el año operacional 2024-2025 es de 12,76 l/s. Luego, dado que la Fase II del PAT sector Alerta Norte se mantuvo activa durante los 12 meses del año operacional 2024-2025 se tiene que:

- N° de días con medida activa: 365 días
- N° de días sin medida activa: 0 días
- Monto de reducción: 12,76 l/s

Reemplazando en la Ec.2 se tiene lo siguiente:

$$Nuevo\ límite\ Anual = \frac{365\ días \times (442\ l/s - 12{,}76\ l/s)\ +\ 0\ \text{días} \times 442\ \text{l/s}}{365\ días} = 429{,}24\ l/s$$

Finalmente, el Nuevo Límite Anual sólo para el sector Alerta Norte es de 429,24 l/s para el año operacional 2024-2025, con un caudal de reducción ponderado de 12,76 l/s (442 l/s – 429,24 l/s=12,76 l/s).

Si bien, se calcula el límite Anual del sector Alerta Norte, se debe tener en cuenta que en el año operacional 2024-2025 se mantiene activo simultáneamente el PAT Alerta Norte Fase II y PAT Alerta Núcleo Fase II, para lo cual la Res SEA 202499101370 de mayo de 2024, en su considerando 11.2 indica que: *"esta Dirección Ejecutiva, considera que, en caso de activarse el PAT de más de un sector, los caudales de reducción se deben aplicar independientemente de que ya estuviera en ejecución la medida de reducción en un sector diferente, considerando los montos de reducción y mecanismos de cada caso de manera independiente. De este modo, en caso de que se active más de un sector de los PAT, y aplique una medida de reducción de caudales, éstos deberán ser sumados para actualizar el caudal permitido anual"*. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que la medida para PAT sector Alerta Acuífero no implica una restricción sobre el volumen anual bombeado (como el PAT de los sectores Norte y Núcleo), sino sobre el volumen mensual durante los meses de activación a través de un caudal medio mensual máximo de 382 l/s (442 l/s menos 60 l/s).

Activación Sector Alerta Núcleo: Como se menciona anteriormente, durante el año operacional 2024-2025 se activó también el PAT sector Alerta Núcleo. En este sector, el PAT

también considera una reducción del volumen anual máximo a bombear limitando el volumen equivalente a una **reducción** de **60 l/s** sobre el caudal medio anual. Por lo tanto, Albemarle deberá disminuir su caudal de extracción de modo tal que, no supere un *Nuevo Límite Anual* calculado a partir de la Ec.2 mencionada más arriba

Dado que durante el año operacional 2024-2025 el PAT sector Alerta Núcleo se mantuvo activo durante los 12 meses del año operacional, se tiene que:

- N° de días con medida activa: 365 días
- N° de días sin medida activa: 0 días
- Monto de reducción: 60 l/s

Reemplazando en la Ec.1 se tiene lo siguiente:

$$Nuevo\ límite\ Anual = \frac{365\ días \times (442\ l/s - 60\ l/s)\ +\ 0\ \text{días} \times 442\ \text{l/s}}{365\ días} = 382\ l/s$$

Finalmente, el nuevo límite anual dada la activación del PAT sector Alerta Núcleo es de 382 l/s, mientras que el caudal de reducción ponderado es de 60 l/s (442 l/s - 382 l/s=60 l/s).

Activación Sector Alerta Acuífero: La activación del PAT sector Alerta Acuífero no afecta el volumen anual que se puede extraer, sino que implica una reducción sobre el volumen a bombear durante los meses de activación (reducción sobre el caudal medio mensual). Las acciones preventivas de activación del PAT implican una reducción en 60 l/s durante los meses en que el PAT se encuentre activo. Para el año operacional 2024-2025 estas medidas se adquirieron desde diciembre 2024 hasta septiembre de 2025 (Figura 6-156) lo que se traduce en una extracción máxima de salmuera de 382 l/s para dichos meses. Este valor corresponde a la diferencia entre el caudal máximo aprobado en RCA de 442 l/s y la reducción de 60 l/s por activación del PAT Alerta Acuífero (442 l/s -60 l/s=382 l/s).

Activación simultanea PAT

Considerando la activación simultanea del PAT del sector Alerta Norte y Núcleo el año operacional 2024-2025, se tiene que la medida de reducción de alerta Norte corresponde a un caudal de reducción de **12,76** l/s y la de Alerta Núcleo a **60** l/s. De acuerdo con la interpretación de la SMA, tal como se mencionó anteriormente, la medida de reducción anual actualizada corresponde a la suma de las medidas de reducción de cada sector, por lo tanto, el caudal de reducción actualizado es de 72,76 l/s y el Nuevo Límite Anual actualizado es de 369,24 l/s (ver Tabla 6-17).

Tabla 6-17 Cálculo del Nuevo Límite Anual para la activación simultánea PAT sector Alerta Norte y PAT sector Alerta Núcleo

Activación PAT	Caudal de reducción Anual por sector (l/s)	Caudal de Reducción Actualizado (l/s) (1)	Caudal Aprobado en RCA (l/s)	Nuevo Límite Anual (l/s) (2)
Sector Alerta Norte	12,76	72,76	442,0	369,24
Sector Alerta Núcleo	60,00			

(1) Suma de Caudal de Reducción Alerta Norte y Caudal de Reducción Alerta Núcleo

(2) Diferencia entre Caudal aprobado en RCA y Caudal de Reducción Actualizado

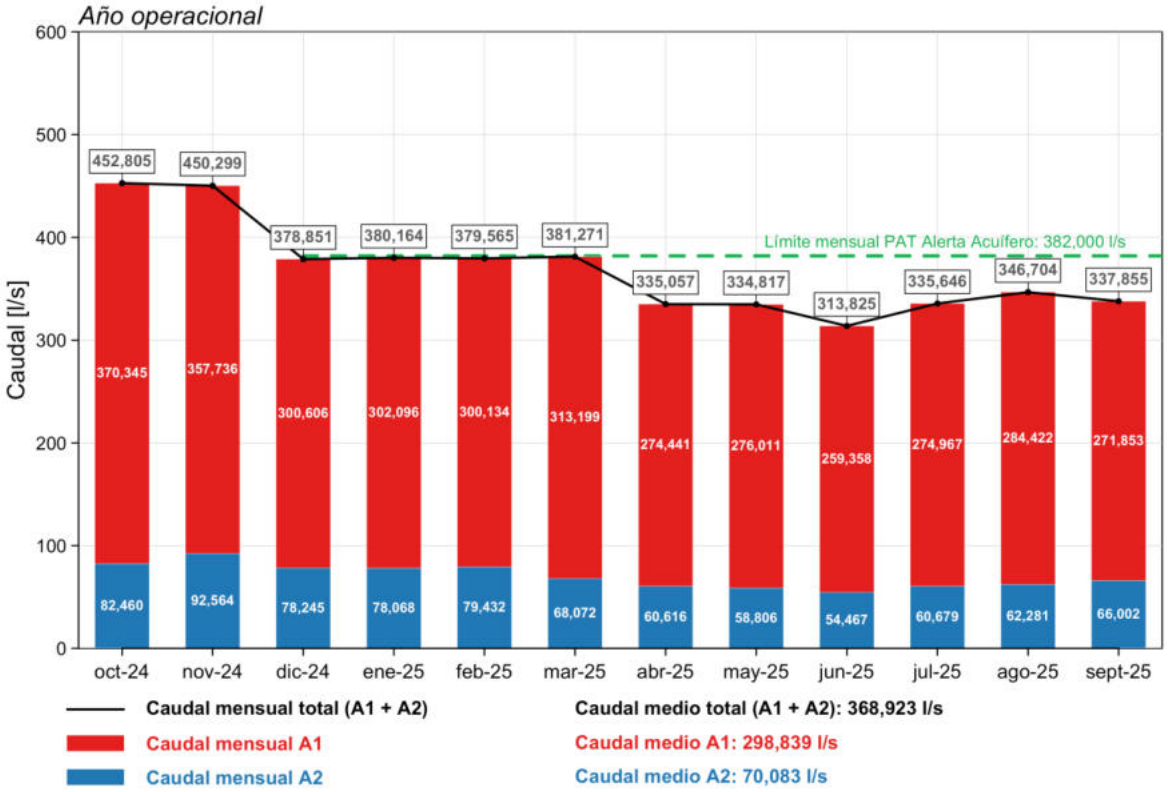
Fuente: Elaboración Propia.

La Figura 6-156 se resume lo relevante expuesto en esta sección, muestra en un gráfico de columnas apiladas la extracción mensual de salmuera de las zonas A1 y A2 de Albemarle durante el año operacional 2024-2025, en donde la altura de la columna corresponde a la suma de caudal de ambas zonas.

El caudal medio del año operacional 2024-2025 fue de 368,92 l/s, el cual es inferior al Nuevo Límite Anual Actualizado de 369,24 l/s cumpliendo con el límite comprometido de caudal de salmuera debido a la activación simultánea del PAT sector Alerta Norte y PAT sector Alerta Núcleo (ambos en su Fase II). Además, en la Figura 6-156 se observa que los caudales mensuales durante los meses de activación PAT sector Alerta Acuífero (diciembre 2024 a la fecha) son inferiores a la extracción máxima de salmuera mensual de 382 l/s establecida como medida de reducción por la activación del PAT del sector Alerta Acuífero, cumpliendo con el límite comprometido para la variable de caudal mensual de salmuera.

Los datos de volúmenes y cálculos de caudales de los pozos mencionados para el año operacional 2024-2025 (octubre 2024 a septiembre 2025) y para el año calendario 2025 (enero a diciembre 2025) se encuentra disponible en el Anexo J.

Figura 6-156 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, año operacional 2024-2025 (extracción total de zonas A1 y A2)

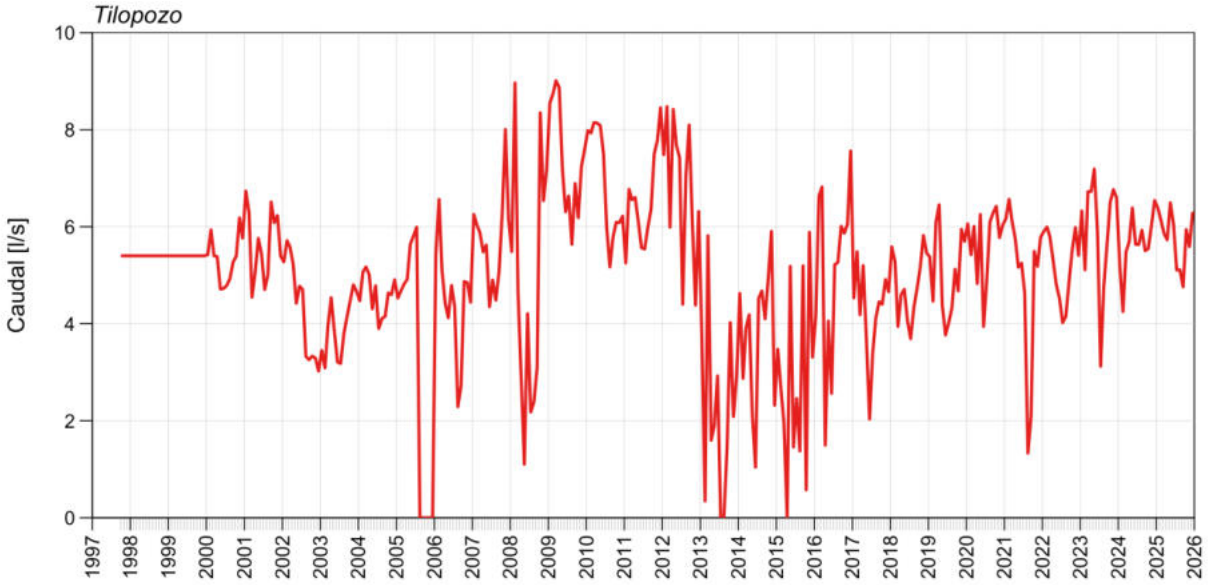


Nota: Los caudales totales se calculan, como corresponde, desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

6.1.9.2 Caudales bombeados en agua dulce-salobre

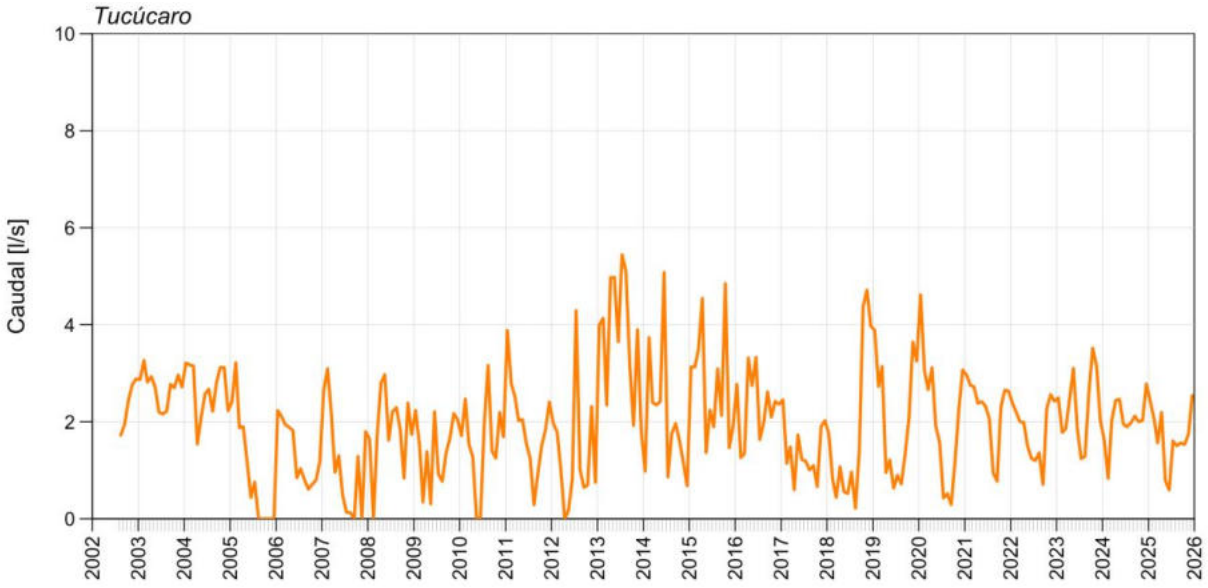
Los caudales históricos que han sido bombeados hasta diciembre 2025 en la vertiente Tilopozo, y los pozos Tucúcaro y Peine, se presentan en los gráficos de las Figura 6-157, Figura 6-158 y Figura 6-159 respectivamente.

Figura 6-157 Caudales mensuales históricos bombeados en Vertiente Tilopozo



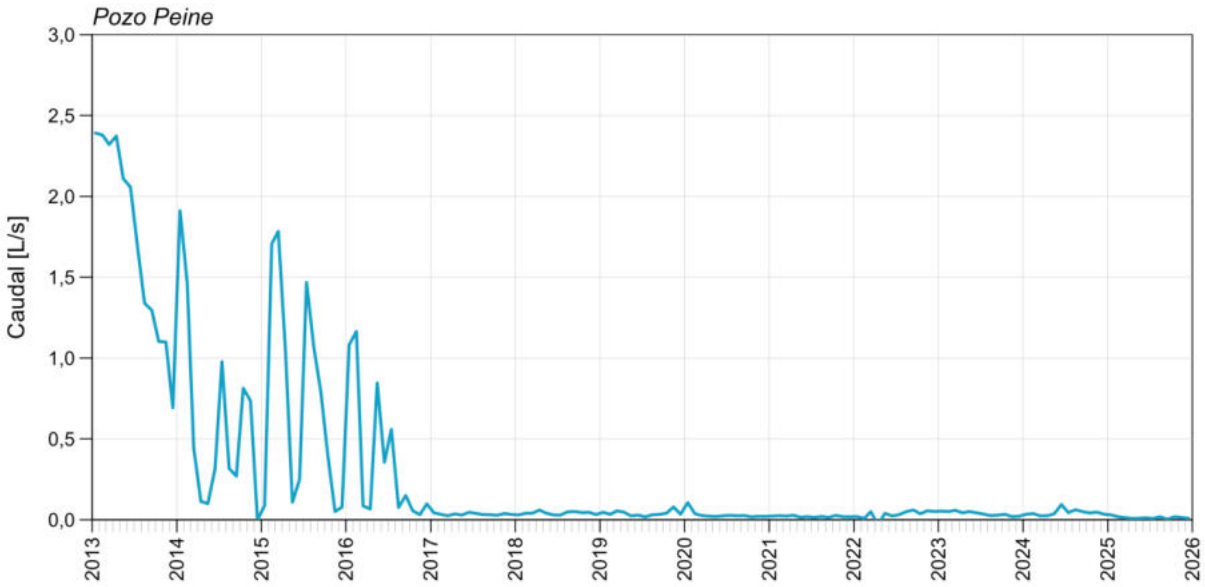
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-158 Caudales mensuales históricos bombeados en pozo Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-159 Caudales mensuales históricos bombeados en pozo Peine



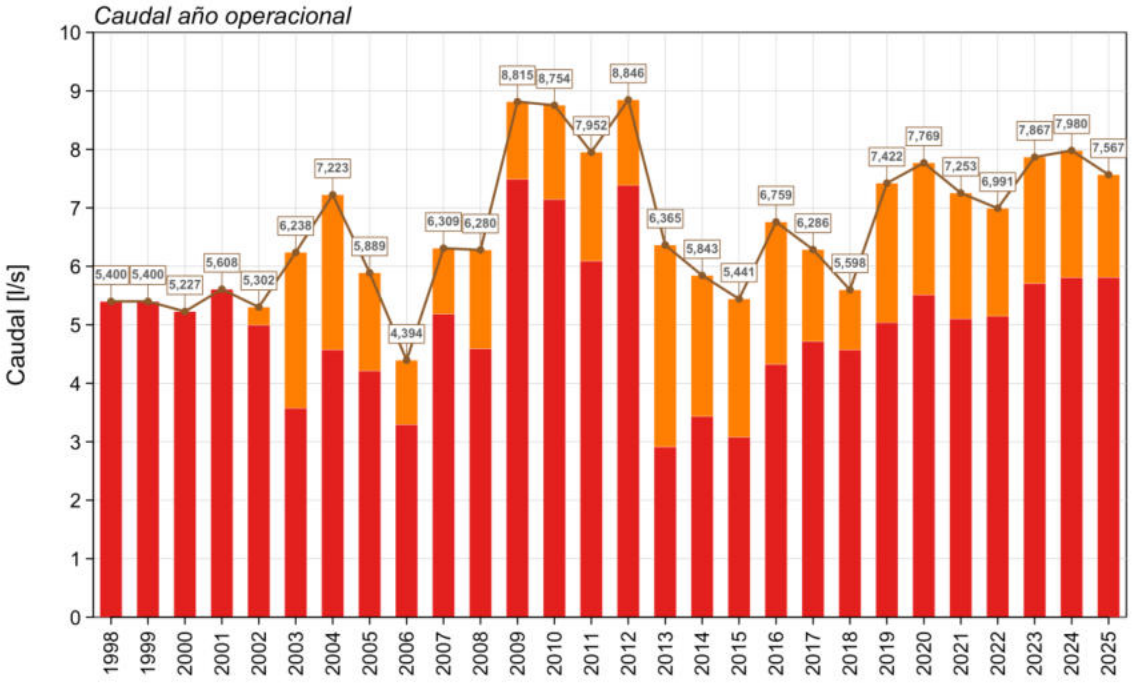
Fuente: Elaboración propia

En el marco de la aprobación ambiental que establece un caudal máximo de 16,9 l/s entre Vertiente Tilopozo y Tucúcaro de forma simultánea. En la Figura 6-160 se presentan los caudales por año operacional hasta el año 2025 de vertiente Tilopozo y pozo Tucúcaro a través de un gráfico de columnas apiladas cuya altura total representa la suma de ambos caudales. Se observa que durante todo el periodo de registro los caudales se han mantenido bajo los límites autorizados tanto de forma individual por punto, como en su conjunto.

En relación a los bombeos de caudales y volúmenes históricos de los años operacionales, posterior a octubre 2016, se tiene que el caudal conjunto máximo (Vertiente Tilopozo y Tucúcaro) se registró en el año operacional 2023-2024, con un caudal promedio operacional de 7,98 l/s (ver Figura 6-160), y un volumen total extraído de 252.356 m^3, mientras que el mínimo caudal de extracción (posterior a octubre 2016) se registró en el año operacional 2017-2018, con un caudal promedio operacional de 5,60 l/s (ver Figura 6-160), y un volumen total operacional extraído de 176.529 m^3.

En relación con los bombeos de caudales y volúmenes históricos de los años calendario, posterior a octubre 2016, el caudal conjunto máximo (Vertiente Tilopozo y Tucúcaro), se registró en el año 2023 con un caudal promedio anual de 8,24 l/s, y un volumen total anual extraído de 259.734 m^3 mientras que el mínimo caudal de extracción, posterior a octubre 2016, se registró en el año calendario 2017, con un promedio anual de 5,63 l/s, y un volumen total extraído de 177.505 m^3. Se debe tener en cuenta que existen restricciones al caudal bombeado de agua dulce salobre en caso de activarse el PAT en el sector Alerta Acuífero tal como se explica en la subsección 6.1.9.2.1 siguiente.

Figura 6-160 Caudales medio anual año operacional en Vertiente Tilopozo y pozo Tucúcaro (1998-2025)



Nota: Los caudales totales se calculan como corresponde desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

6.1.9.2.1 Límites por variable

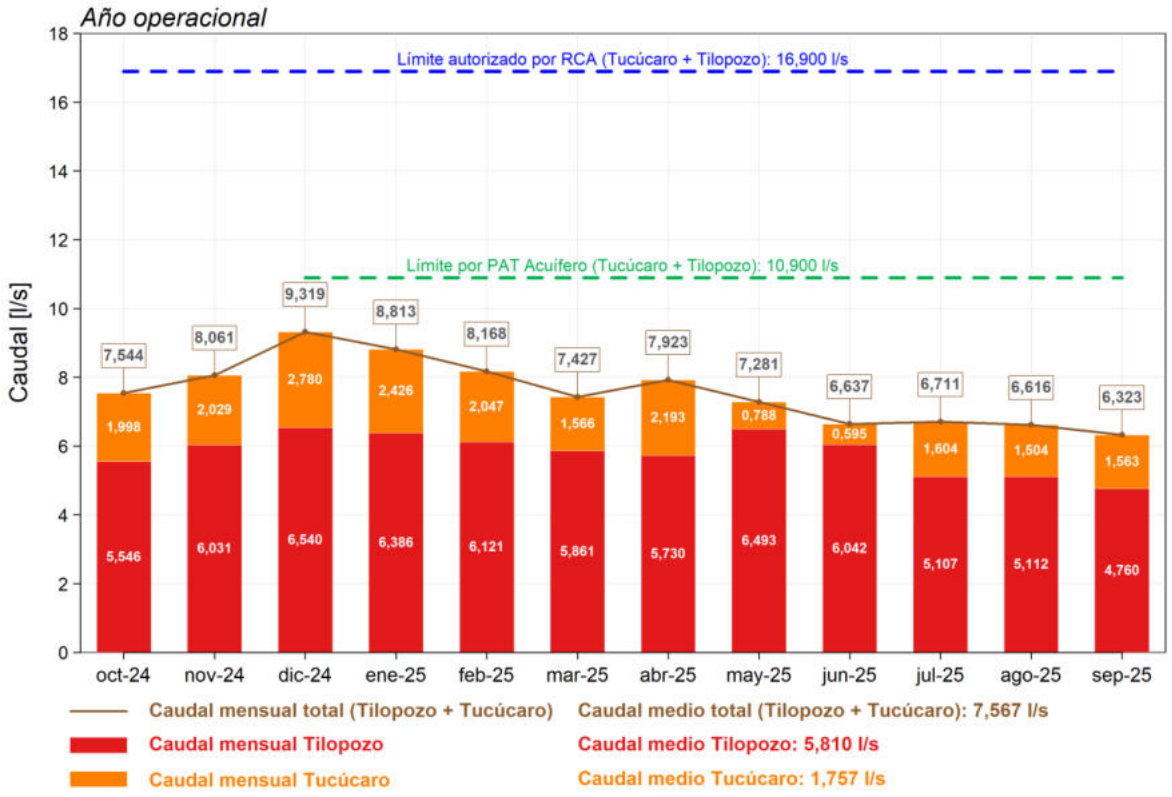
De acuerdo con la RCA N°21/2016, durante la activación del PAT en el sector Alerta Acuífero, el límite de extracción de agua dulce-salobre se debe regir según las medidas, cuya reducción de la extracción de agua industrial adicional es de 6 l/s, lo que se traduce en un caudal de extracción máxima de 10,9 l/s y que aplica para el bombeo conjunto de los puntos Vertiente Tilopozo y pozo Tucúcaro. De forma paralela, se cuenta con la autorización de derechos de aprovechamiento de agua en el pozo Peine para extraer un caudal máximo de 5 l/s.

Las medidas preventivas de reducción de caudal asociado al PAT sector Alerta Acuífero se mantuvieron activas por parte de Albemarle entre diciembre 2024 y septiembre 2025 del año operacional 2024-2025 (Figura 6-161) y durante los 12 meses del año calendario 2025 (Figura 6-162). En función de lo anterior, para los meses mencionados se reduce el límite máximo de extracción de agua industrial en 6 l/s, es decir, pasando desde 16,9 l/s a 10,9 l/s para el bombeo conjunto de vertiente Tilopozo y pozo Tucúcaro.

El caudal medio anual de agua dulce-salobre en conjunto de Tilopozo y pozo Tucúcaro es de 7,567 l/s para el año operacional 2024-2025 (ver Figura 6-161), y de 7,459 l/s para el año calendario 2025 (ver Figura 6-162). Ambos casos están por debajo del límite impuesto por la RCA N°21/2016 de 16,9 l/s, y también se mantiene por debajo del límite máximo mensual dada la activación PAT sector Alerta Acuífero (10,9 l/s). El caudal medio anual para el pozo Peine

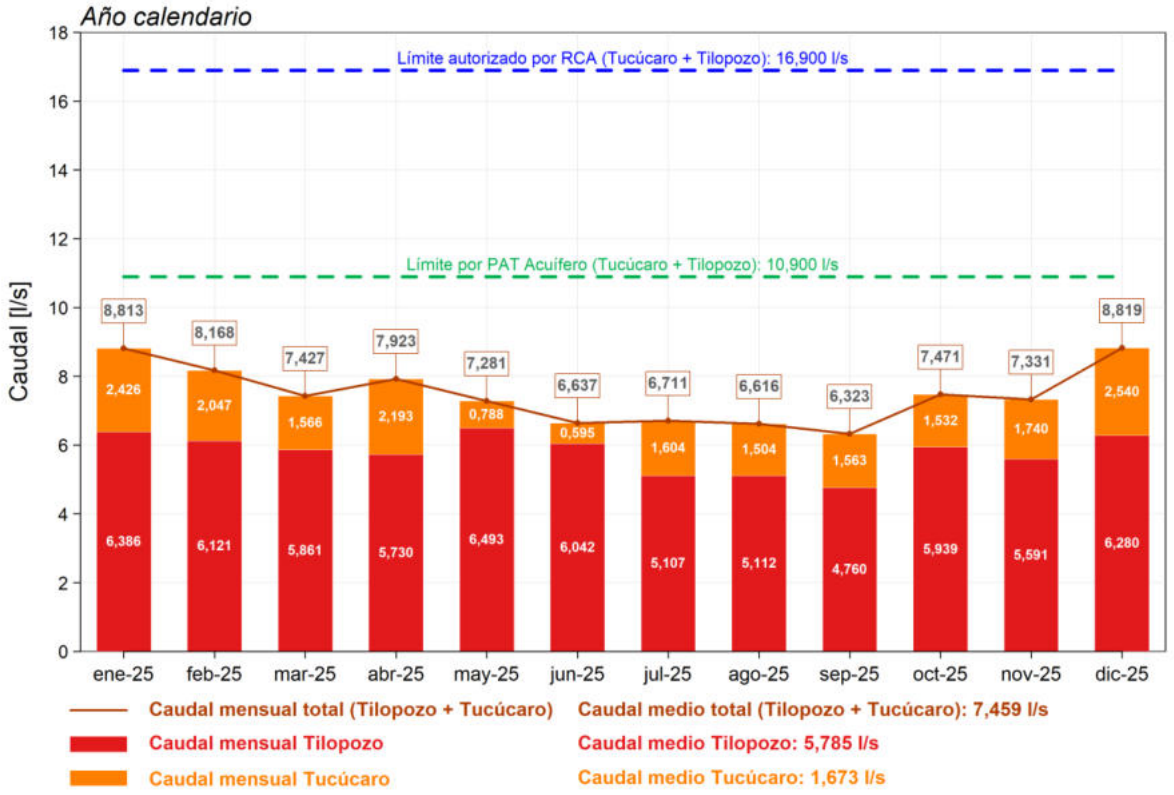
es de 0,013 l/s, manteniéndose bajo el caudal máximo aprobado en la RCA N°21/2016 de 5 l/s. Por lo tanto, se cumple con los límites comprometidos en todos los pozos de extracción de agua dulce-salobre.

Figura 6-161 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año operacional 2024-2025



Nota: Los caudales totales se calculan como corresponde desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-162 Caudal extraído desde Vertiente Tilopozo y Tucúcaro durante año calendario 2025



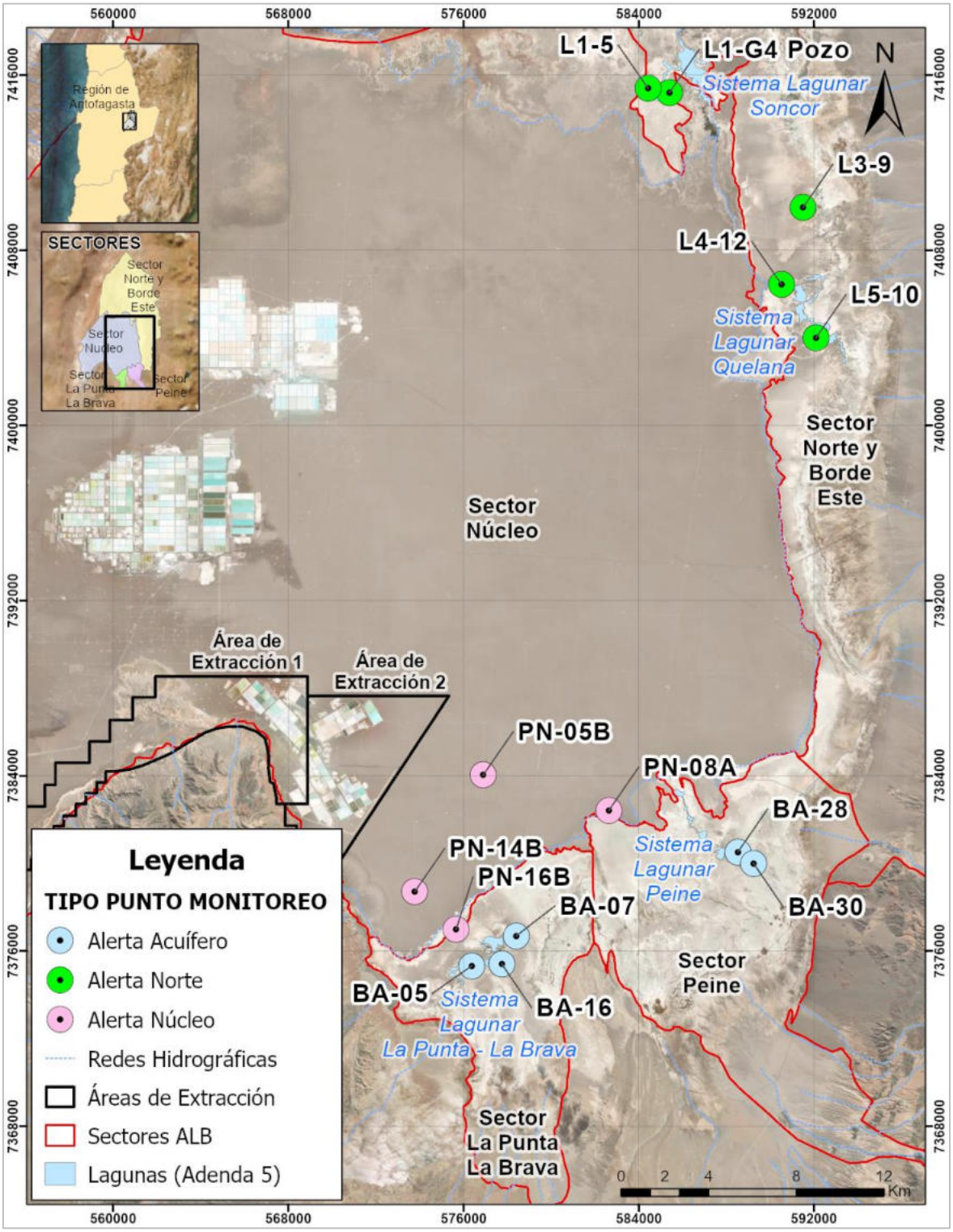
Nota: Los caudales totales se calculan como corresponde desde los volúmenes totales
Fuente: Elaboración propia

6.1.10 Red del Plan de Alerta Temprana

A continuación, se presentan los resultados asociados a la red de monitoreo del Plan de Alerta Temprana (PAT) histórica y del año 2025, que incluye puntos que son parte del PSAH de ALB y del Plan de Contingencias/Seguimiento de SQM, considerando los tres sectores de alerta (Figura 6-163), comprometidos en el Anexo 3 de la Adenda 5, que son:

- Sector de Alerta Norte
- Sector de Alerta Núcleo
- Sector de Alerta Acuífero

Figura 6-163 Ubicación puntos de monitoreo del Plan de Alerta Temprana (PAT)



Fuente: Elaboración propia

La medición de las variables de estado, que corresponden a los niveles freáticos en los puntos de activación del PAT es de frecuencia mensual en operación normal del Proyecto. Esta

frecuencia se mantiene mientras no exista la activación de algún sector de Alerta. Si el PAT se activa, la frecuencia de los niveles freáticos aumenta de mensual a quincenal; además de aumentar en las variables de: calidad química y posición de la interfase salina, en la que cambian su frecuencia de medición trimestral a mensual. Lo anterior, se debe mantener por 3 meses en todos los casos mencionados.

El detalle de los puntos y condiciones de activación PAT, fase asociada, fechas de superación de umbrales en el 2025, notificaciones a la autoridad y medidas adoptadas se presentan en las siguientes subsecciones 6.1.10.1, 6.1.10.2 y 6.1.10.3 de este capítulo.

6.1.10.1 Sector de Alerta Norte

En la siguiente sección, se presenta en detalle el comportamiento de los niveles en los 5 puntos de activación del PAT pertenecientes a la red del Plan de Seguimiento del titular SQM Salar S.A. y que forman parte de la red del PAT sector de Alerta Norte de Albemarle.

En las Figura 6-164, Figura 6-165, Figura 6-166, Figura 6-167 y Figura 6-168 se muestra la evolución de los niveles de monitoreo para los puntos de activación PAT junto con los umbrales del PAT sector Alerta Norte de Albemarle, expresados en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) en Datum WGS84 (los umbrales presentados en el Anexo 3 de la Adenda 5 del proyecto se han transformado a Datum WGS-84 siguiendo la misma metodología utilizada por SQM).

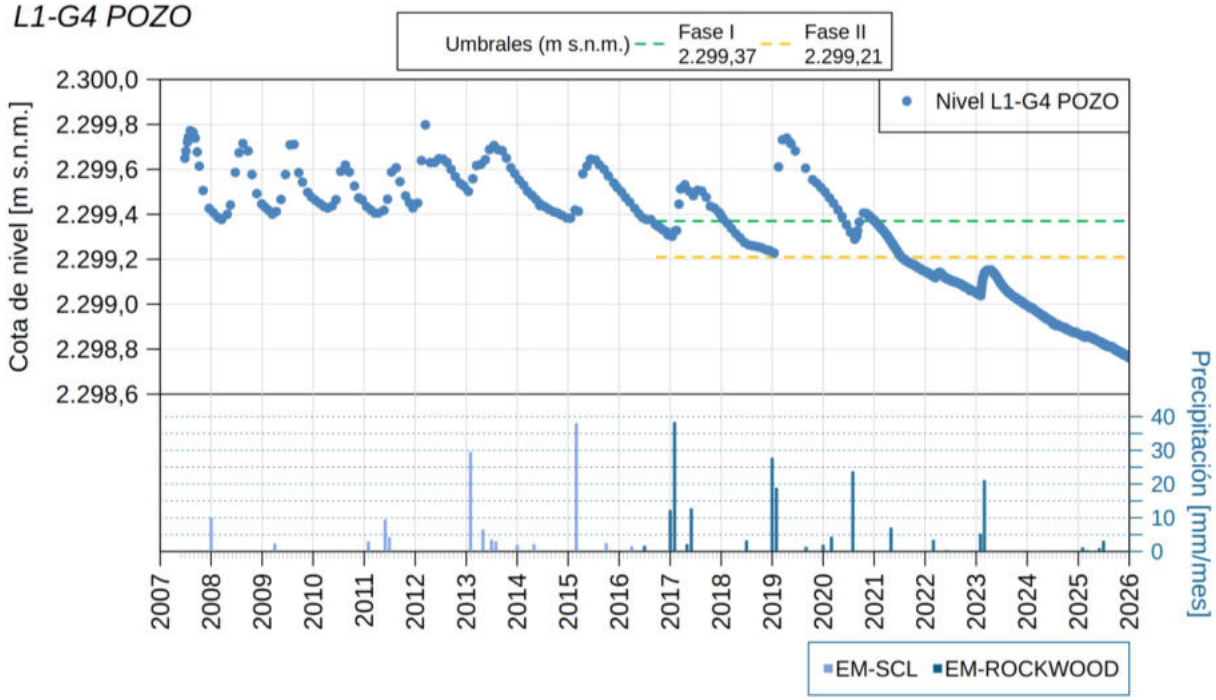
En la Figura 6-164 y Figura 6-165, se presenta el comportamiento histórico de los pozos L1-G4 y L1-5, entre el año 2007 y 2011-2012 se muestran niveles relativamente estables con oscilación estacional y sobre Fase I y Fase II, posterior al 2012 se observa un cambio de comportamiento en los niveles desde estacional a uno similar a los puntos del núcleo, marcado por descensos y ascensos abruptos de niveles asociados a los eventos de precipitación, destacando la precipitación del año 2019, en la cual aumentan sus niveles para volver a recupere el nivel previo, posterior al transcurso de alrededor de 2 años. Durante el año 2025, han estado ambos activado en Fase II.

A diferencia de los dos puntos anteriores, en la Figura 6-166, se observa que los niveles medidos en el punto L3-9 se mantienen por encima de ambos umbrales de activación para todo el registro histórico. Para el año 2025 el punto L3-9, muestra menores cotas de nivel, pero se mantiene sobre ambas Fases de activación, como ya se mencionó.

Por otra parte, en la Figura 6-167 se observa que el punto L5-10 presenta niveles con tendencia al descenso entre 2007 y 2019, la que ha sido interrumpida por eventos de precipitación. Posteriormente ha presentado una tendencia generalizada al descenso hasta 2025, encontrándose activado en Fase II durante todo el año. En cuanto a L4-12 (Figura 6-168), este presenta niveles relativamente estables del 2007 al 2018, y niveles más bajos,

posterior al año 2019. El punto L4-12, durante el año 2025, ha presentado niveles bajo y sobre la Fase II.

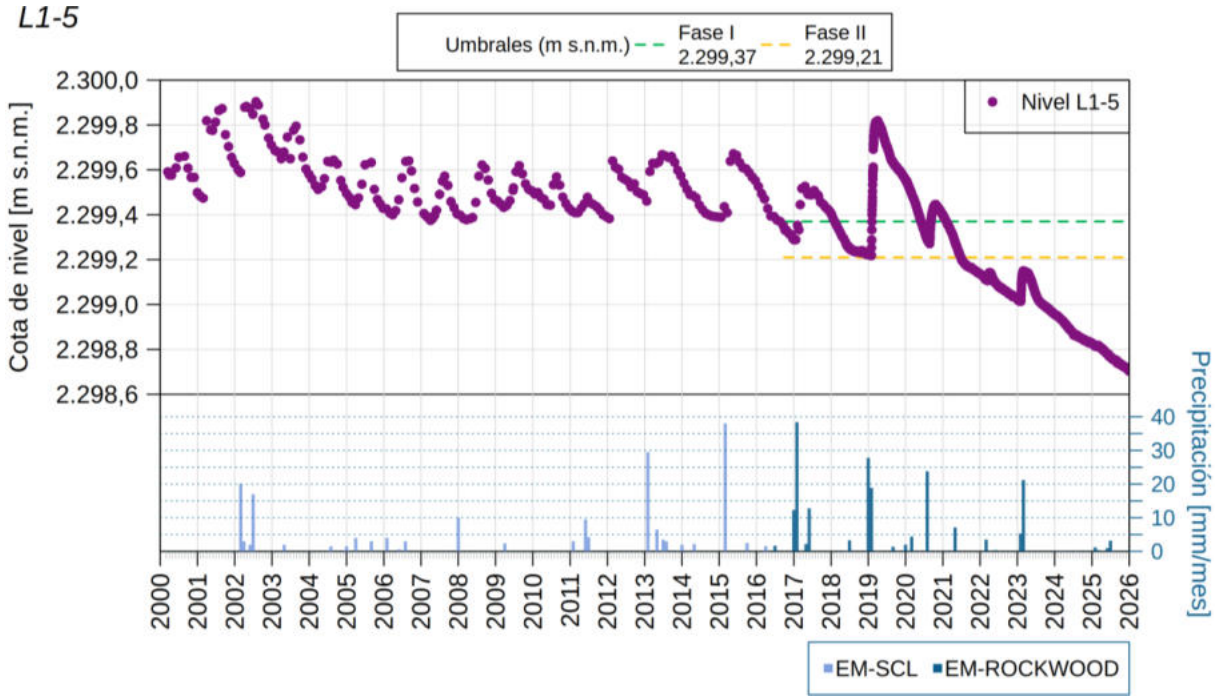
Figura 6-164 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-G4 Pozo



Nota: se actualiza para el periodo 20254 en base a información obtenida el 2 de enero del 2025 desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com.

Fuente: Elaboración propia

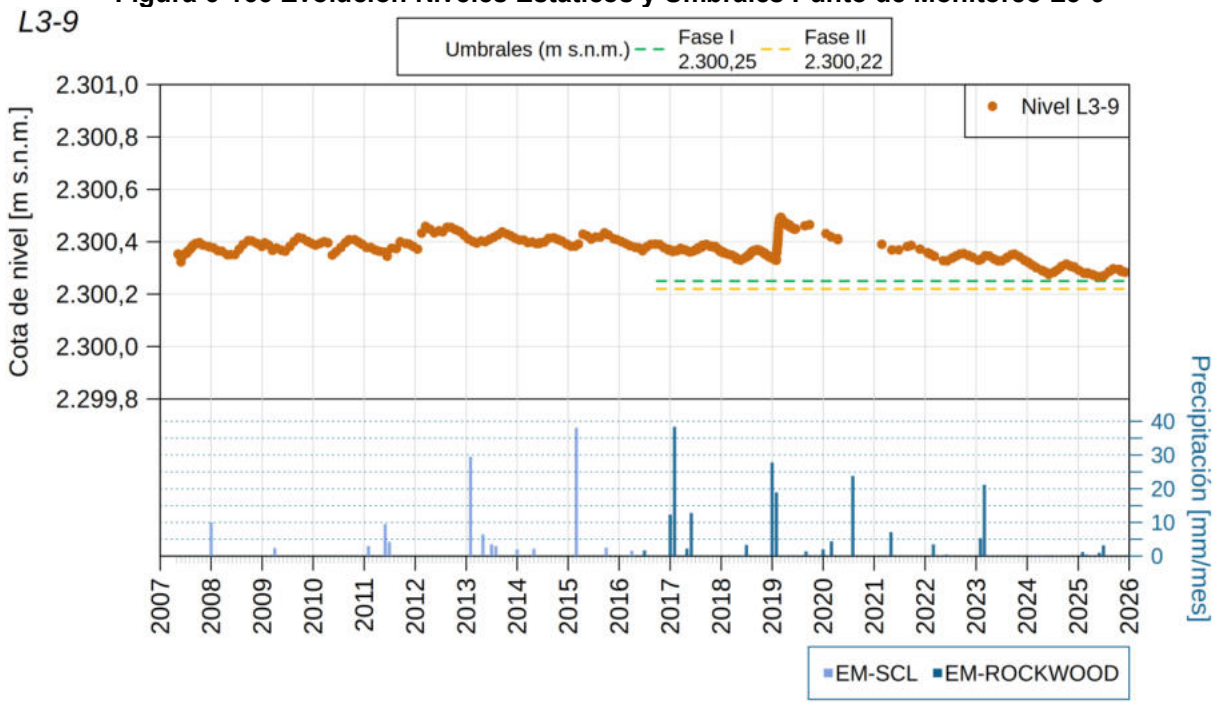
Figura 6-165 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-5



Nota: se actualiza para el periodo 2024 en base a información obtenida el 2 de enero del 2025 desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com.

Fuente: Elaboración propia

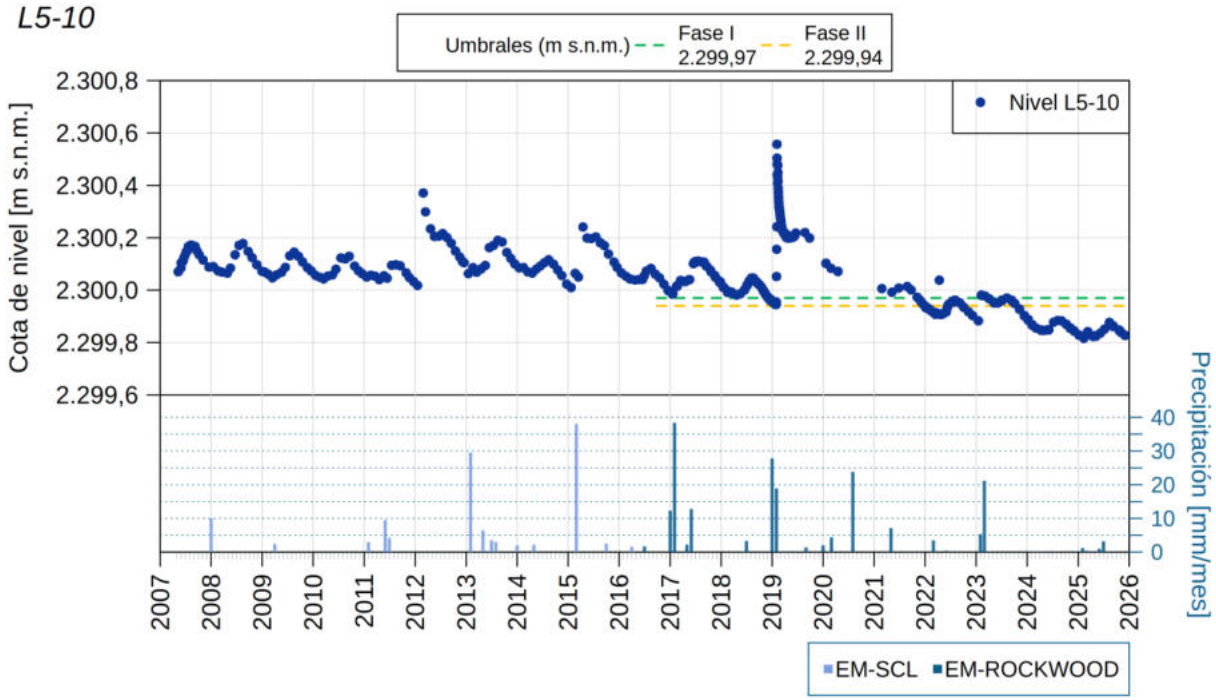
Figura 6-166 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L3-9



Nota: se actualiza para el periodo 2024 en base a información obtenida el 2 de enero del 2025 desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com.

Fuente: Elaboración propia

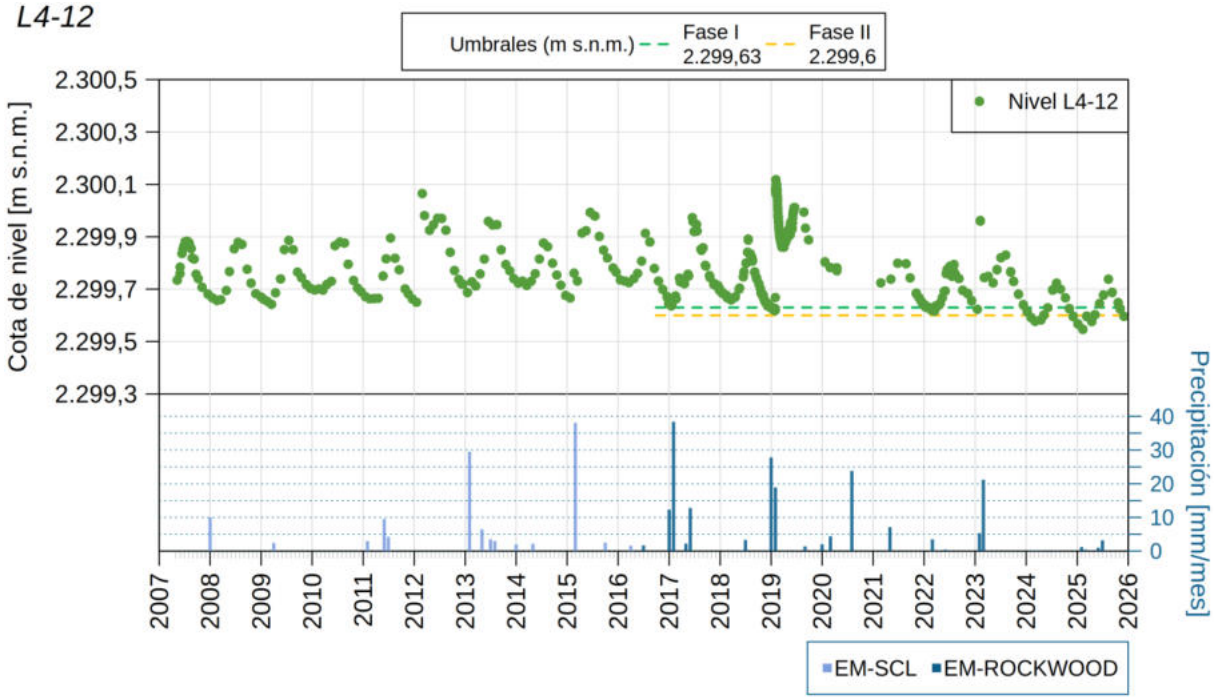
Figura 6-167 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L5-10



Nota: se actualiza para el periodo 2024 en base a información obtenida el 2 de enero del 2025 desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com.

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-168 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L4-12



Nota: se actualiza para el periodo 2024 en base a información obtenida el 2 de enero del 2025 desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com.

Fuente: Elaboración propia

6.1.10.2 Sector de Alerta Núcleo

En esta sección se presenta el comportamiento de los niveles de los 4 puntos de activación PAT, pertenecientes a la red del PSAH del sector Alerta Núcleo. En este sector, producto de la propia extracción de salmuera del Núcleo, tanto de Albemarle como de SQM están previstos descensos del nivel freático en la salmuera de acuerdo con lo modelado y aprobado en la evaluación ambiental del Proyecto. Debido a ello, los umbrales escalonados de este sector de Alerta Núcleo están en línea con los pronósticos realizados en el proceso de evaluación ambiental.

Respecto a los escalones de los umbrales, en el año 2021 la autoridad se pronunció con respecto al período de reportabilidad y verificación del caudal medio autorizado para extracción de salmuera, mediante las Resoluciones Exentas N°427/2021 y N°1510/2021 de la SMA. En éstas, se expresa que cada “año” del Proyecto debe ser considerado entre octubre del año “t” y septiembre del año “t+1”, considerando “t+1” como el año operacional. Particularmente, en el Resuelvo Segundo de la Resolución Exenta N°1510/2021 la autoridad indica que los umbrales anuales escalonados del PAT Alerta Núcleo deben considerarse según el mismo criterio que el indicado para el reporte de las extracciones.

Es así como, a partir de esta definición, los umbrales del año 1 del Proyecto se consideran desde octubre de 2016 a septiembre de 2017, los umbrales del año 2 de Proyecto se consideran desde octubre de 2017 a septiembre de 2018, y así sucesivamente. De esta manera, durante el año calendario 2025 tienen lugar parte de los años noveno y décimo del Proyecto, correspondientes a los años operacionales 2024-2025 y 2025-2026 (según la definición mencionada anteriormente e indicada en la Resolución Exenta N°1510/2021). En la Tabla 5-30 se presentan los valores de los umbrales para los pozos asociados al PAT sector Alerta Núcleo y que corresponden al noveno y décimo año del Proyecto. La ubicación de los puntos se encuentra en la Figura 6-163.

Tabla 6-18: Secuencia de años calendarios y operacional para Umbrales PAT sector Alerta Núcleo

Año	Calendario	Operacional
9	2024	oct2024 - sep2025
10	2025	oct2025 - sep2026

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-169 a la Figura 6-172, se presentan los registros de niveles de cada pozo del PAT del sector Alerta Núcleo para el periodo histórico 2014-2025, junto con los umbrales que les corresponde para cada Fase de Activación.

En la Figura 6-169, Figura 6-170 y Figura 6-172 se presenta el registro histórico de niveles para los punto PN-05B, PN-08A, PN-14B y PN-16B respectivamente, donde se muestra un comportamiento similar y sincrónico, con una variación relativamente homogénea y simultánea en los 4 puntos (hasta 2022 en caso de PN-16B, ver acápite 0) junto con una respuesta inmediata a los eventos de precipitación, con aumentos abruptos de niveles, seguido de descensos progresivos en los registros de datos y no mostrando variaciones estacionales marcadas como los niveles del acuífero. A este comportamiento sincrónico le hemos denominado coloquialmente “efecto piscina”[45] y hace referencia a la existencia de una conexión hidráulica prácticamente instantánea entre los distintos puntos de salmuera ubicados en la zona del sector este del núcleo.

En los puntos PN-05B, PN-08A, PN-14B (Figura 6-169, Figura 6-170 y Figura 6-172) desde el año 2014 al 2018 se observan niveles relativamente estables, interrumpidos por eventos de precipitación y con una tendencia general descendiente en los niveles para todo el periodo (2014-2025). El punto PN-16B muestra un comportamiento distinto, con ascensos en sus niveles desde el año 2022-2023 hasta la fecha.

En la Figura 6-169 se muestra el registro de niveles para el punto PN-05B. Se observa que, en mayo del año 2024, se registra el primer valor en su registro histórico bajo el umbral de

[45] “Cuarta Actualización del Modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama RCA N°21/2016, 31 de marzo de 2025.

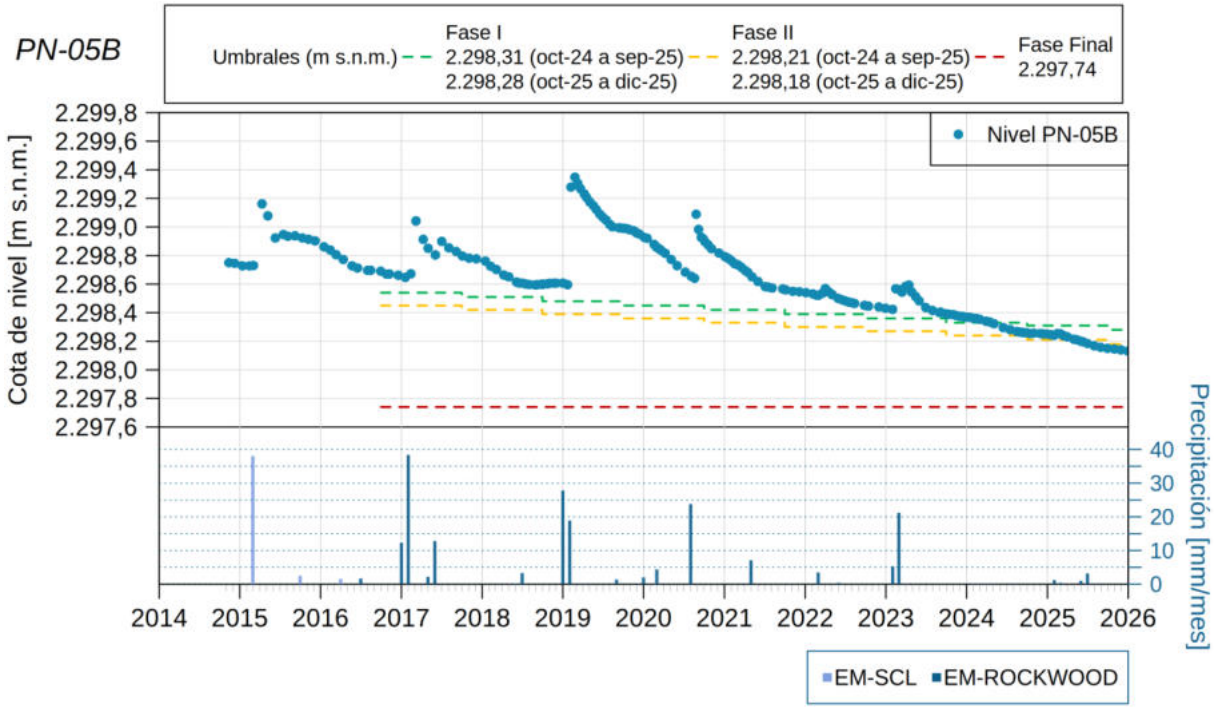
Fase I y luego un pequeño periodo de estabilización durante el 2do semestre de 2024. Sin embargo, el 1er trimestre de 2025 reanuda su tendencia a la baja, superando el umbral de Fase II (2298,21 m s.n.m.) en mayo y cumpliendo el 31 de julio con la tercera medida bajo el umbral. Esto fue informado a la SMA mediante carta ALB-GMA-2025-SMA-073.

Por otra parte, el punto PN-08A (Figura 6-170) presenta su 1er nivel bajo el umbral de Fase I en julio de 2023 y en mayo de 2024 se registra la primera medición bajo el umbral de Fase II en su registro histórico, siendo en julio de 2024 la medida que gatilla la activación del PAT Núcleo en Fase II y manteniéndose activado en Fase II durante 2025.

El punto PN-14B (Figura 6-171) tuvo la 3ra medida bajo el umbral de Fase I (2.297,85 m s.n.m.) en junio de 2025 (carta ALB-GMA-2025-SMA-061). Durante el resto del 2025 se mantuvo bajo el umbral de Fase I, pero sobre el umbral de Fase II.

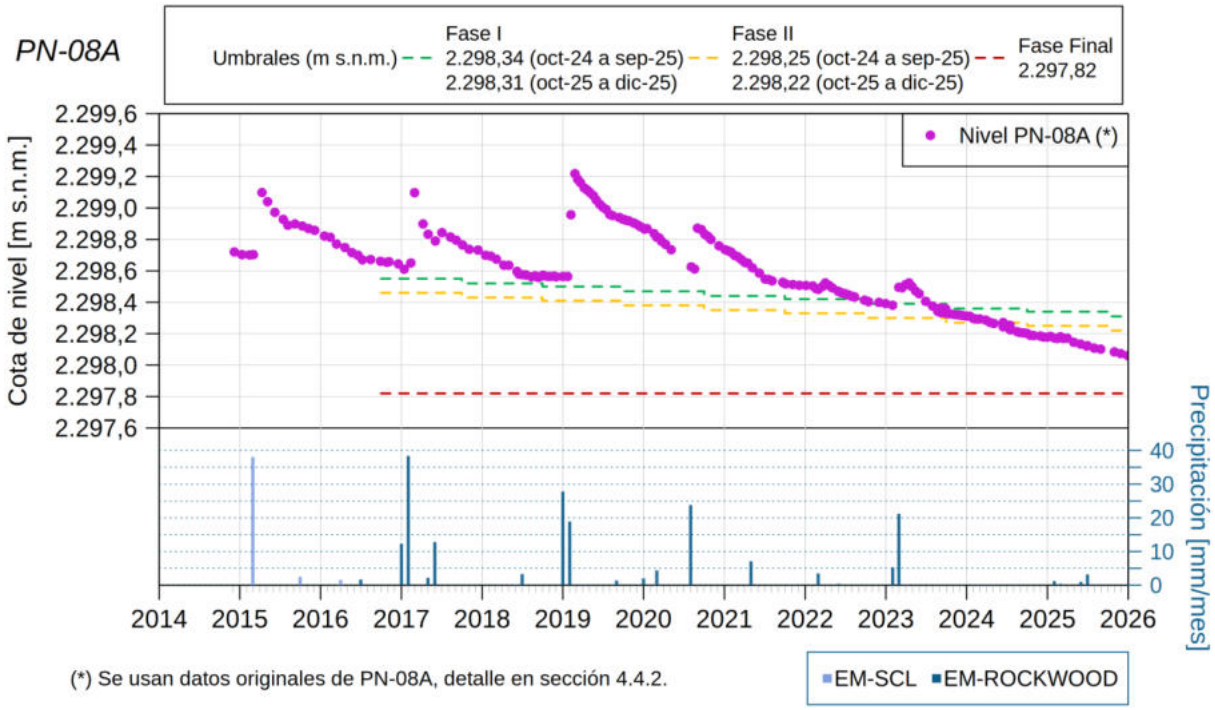
El punto PN-16B (Figura 6-172) ha presentado niveles por sobre el umbral de Fase I durante todo el periodo (2014-2025).

Figura 6-169 Niveles Punto de Monitoreo PN-05B



Fuente: Elaboración propia

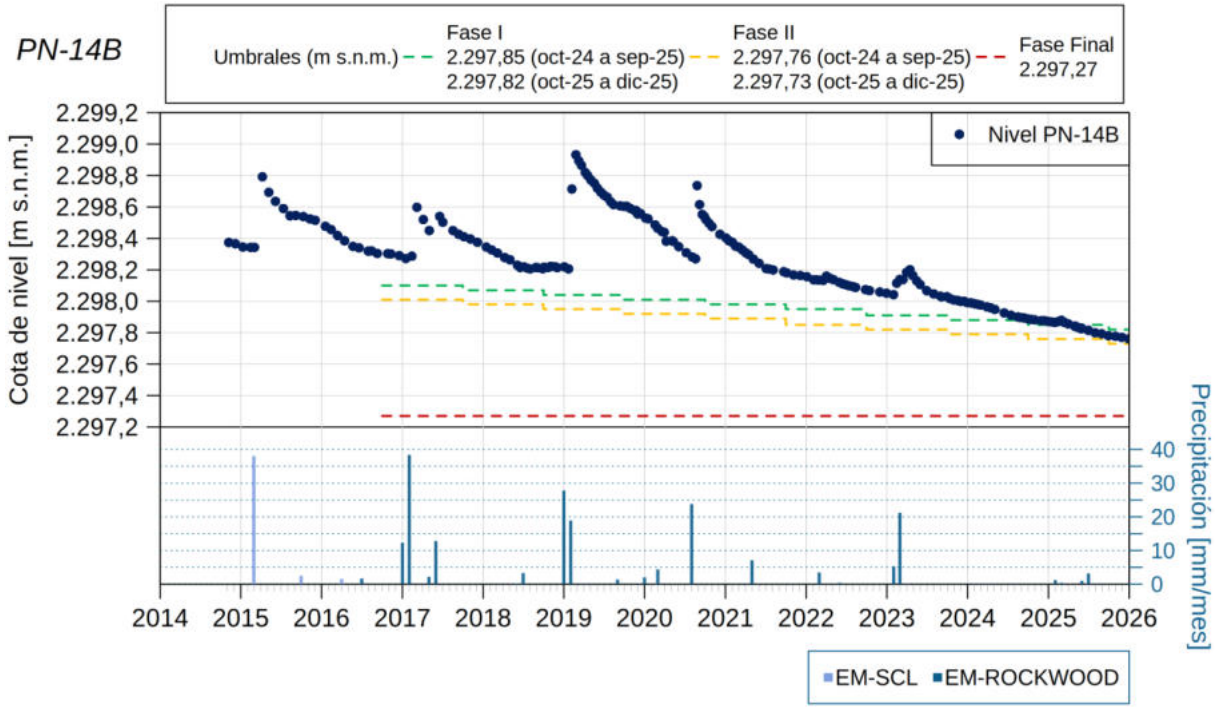
Figura 6-170 Niveles Punto de Monitoreo PN-08A



Nota: El punto PN-08A, presenta un incidente aplica actualización de cota de nivel de agua desde el 24 de agosto 2023 y durante todo el año 2024, sin embargo, se usan datos originales en el gráfico. Para mayor detalle revisar sección 4.4.2.

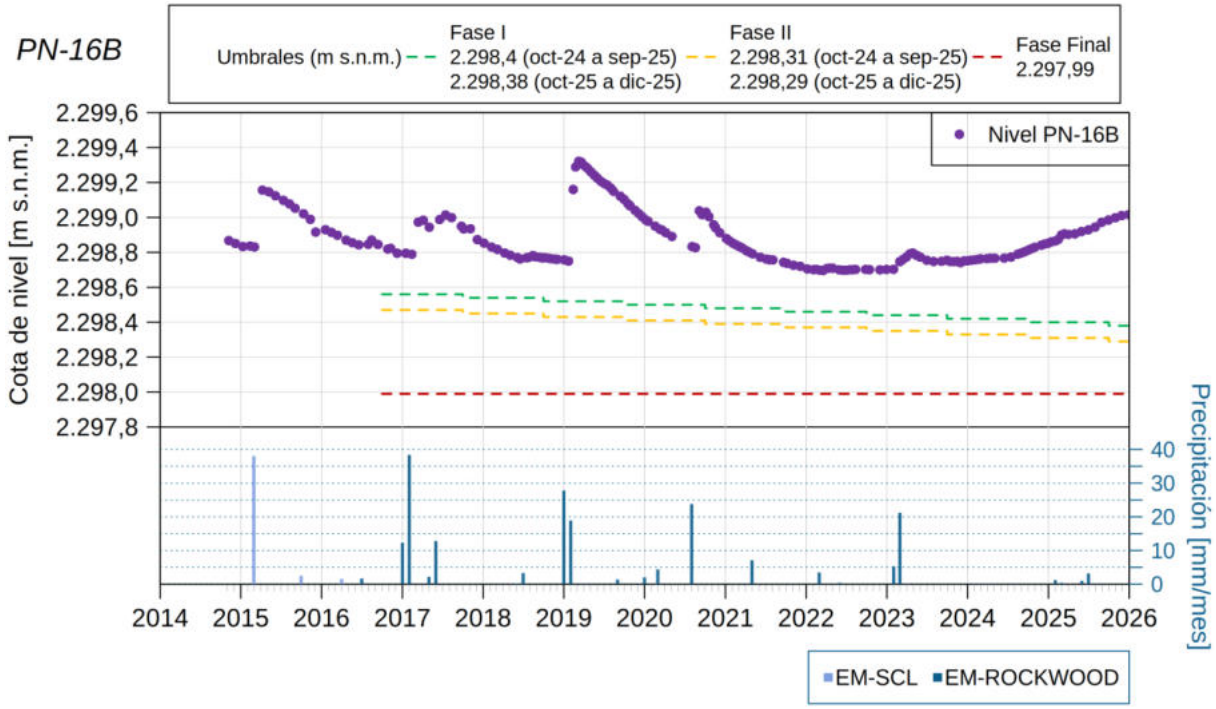
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-171 Niveles Punto de Monitoreo PN-14B



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-172 Niveles Punto de Monitoreo PN-16B



Nota: El punto PN-16B, presenta un hallazgo mayor detalle en sección 0 .

Fuente: Elaboración propia

6.1.10.3 Sector de Alerta Acuífero

En esta sección, se presenta el comportamiento de los niveles en los 5 puntos de activación del PAT Alerta Acuífero, 3 ubicados en el sector La Punta-La Brava BA-05, BA-07 y BA-16; y 2 ubicados en el sector de Peine (BA-28 y BA-30). Estos puntos pertenecen a la red del PSAH (Figura 6-163) y se definieron para determinar si se producen desviaciones al comportamiento natural del sistema. Los puntos de activación PAT y sus respectivos umbrales se presentan en la Tabla 5-31.

Cabe mencionar que se realizaron cambios con respecto al umbral establecido en los tres puntos PAT Alerta Acuífero ubicados en el sector La Punta-La Brava. Estos umbrales fueron actualizados a partir del 20 de mayo 2024, lo cual se muestra en las gráficas que se presentan al final de este subcapítulo. Los detalles se indican en la sección 5.10 y Tabla 5-31 del presente informe.

De la Figura 6-173 a la Figura 6-177 se presentan los niveles registrados en cada uno de los puntos de activación del sector Alerta Acuífero, en relación con el umbral establecido. En estas figuras es posible apreciar que las fluctuaciones que muestran los niveles en los piezómetros someros siguen un comportamiento estacional, con mínimos en los meses de verano (diciembre a marzo) y máximos en meses de invierno (junio a septiembre).

Como se muestra en la Figura 6-173, el punto de activación BA-05 muestra un comportamiento estable en sus niveles 2013-2018. Para el año 2019 muestra disminución en el nivel, manteniéndose relativamente estable entre 2019-2021, para luego volver a descender el año 2022 y manteniéndose estable en el periodo 2022 a 2025. El año 2024 presenta mediciones puntuales en enero y febrero bajo el umbral en Fase Única y también en enero de 2025, sin embargo, al observar la data completa se observa una tendencia general al descenso, con valores mínimos menores en los últimos años, respecto al inicio de las mediciones del punto Estas medidas no representan una activación ni medidas PAT asociadas, dado que no tienen continuidad en sus meses posteriores, no obstante, el PAT se encontraba activado por el punto BA-07. Desde febrero 2025 en adelante las mediciones se mantienen sobre el umbral, sin embargo, la última medición corresponde al día 01 de septiembre ya que desde entonces ha existido restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine.

El registro histórico del punto BA-07 (Figura 6-175) muestra variaciones estacionales y una tendencia descendiente de sus niveles entre 2013 al 2018, interrumpida por el evento de precipitación de 2019. Posterior a ellos, desde 2019 al 2021, se observa una tendencia con descensos mayores (periodo post lluvia) y luego desde 2022 a 2025 se mantiene la tendencia a la baja. El día 29 de noviembre 2024 se obtuvieron tres mediciones puntuales y consecutivas con niveles bajo el umbral en el punto BA-07, que corresponde solo a un mes y medio consecutivo; no obstante Albemarle, comenzó a tomar de manera preventiva las acciones de

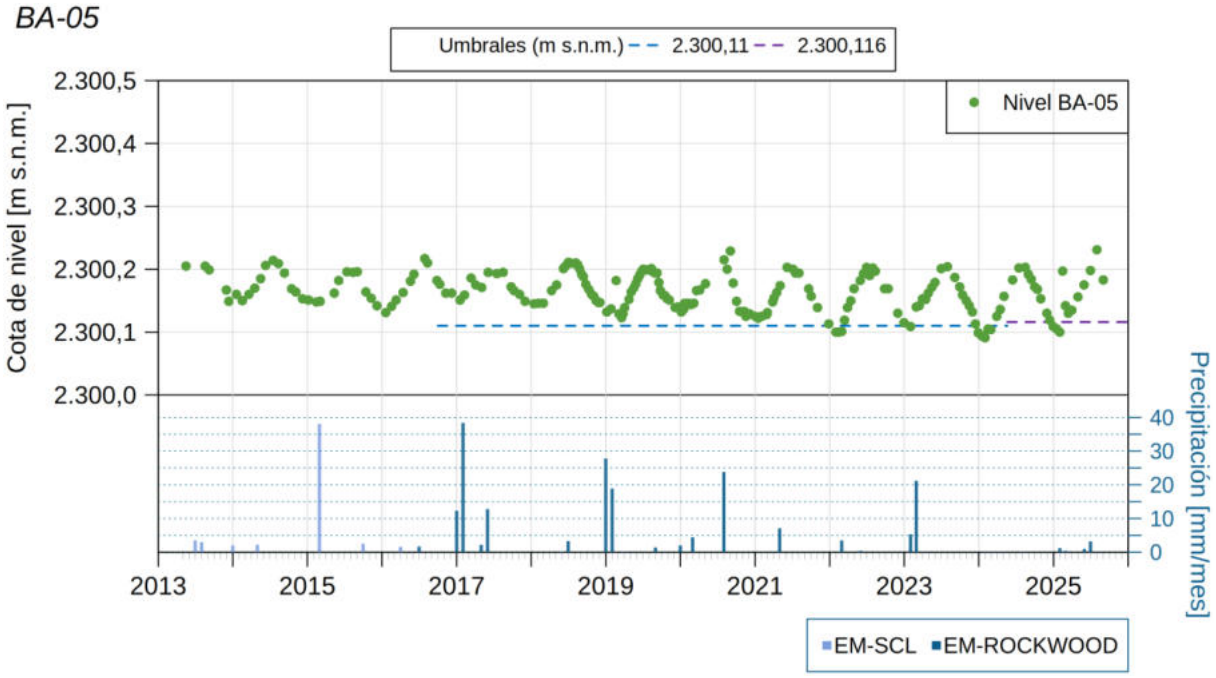
aumento de frecuencia de monitoreo y las otras acciones estipuladas en el Anexo 3 de la Adenda 5" (carta ALB-GMA-2024-SMA-070). Luego, el 13 de diciembre de 2024 se registró la tercera medida (con frecuencia mensual) bajo el umbral (en el punto BA-07), por lo que se activó el PAT para el sector Alerta Acuífero. Por lo anterior, Albemarle se encuentra implementando las acciones comprometidas desde el día 1 de diciembre de 2024 (carta ALB-GMA-2025-SMA-001). En 2025 si bien se registraron algunas mediciones sobre el umbral entre junio y agosto, el PAT no fue desactivado ya que no se cumplieron los criterios de desactivación, por lo que se ha mantenido activo hasta diciembre de 2025.

En el caso del punto de monitoreo BA-16 (Figura 6-175), el registro histórico muestra variaciones estacionales con mediciones siempre sobre el umbral. Entre 2013 al 2018 el registro de niveles se mantiene estables, el nivel desciende el 2019 pero se mantiene nuevamente estable en el periodo 2019-2021. Finalmente, desde 2022 a 2025, se observan niveles estables en sus valores mínimos y máximos y con un alza en comparación al periodo anterior. Para el periodo 2025 todos los niveles medidos se mantienen sobre el umbral.

Con relación a los pozos BA-28 (Figura 6-176) y BA-30 (Figura 6-177), ubicados en el sistema lagunar de Peine, para el periodo 2025 solamente se pudo acceder a medir los meses de junio, julio y agosto debido a las restricciones o prohibiciones de acceso debido a la época de reproducción de flamencos[46]. En lo que respecta a los niveles, estos presentan un comportamiento estacional, siempre por sobre los valores de umbrales definidos para cada uno de ellos. A diferencia de lo que se observa en el sistema La Punta-La Brava, estos puntos muestran una leve tendencia al ascenso considerando todo el período con registros 2015-2025.

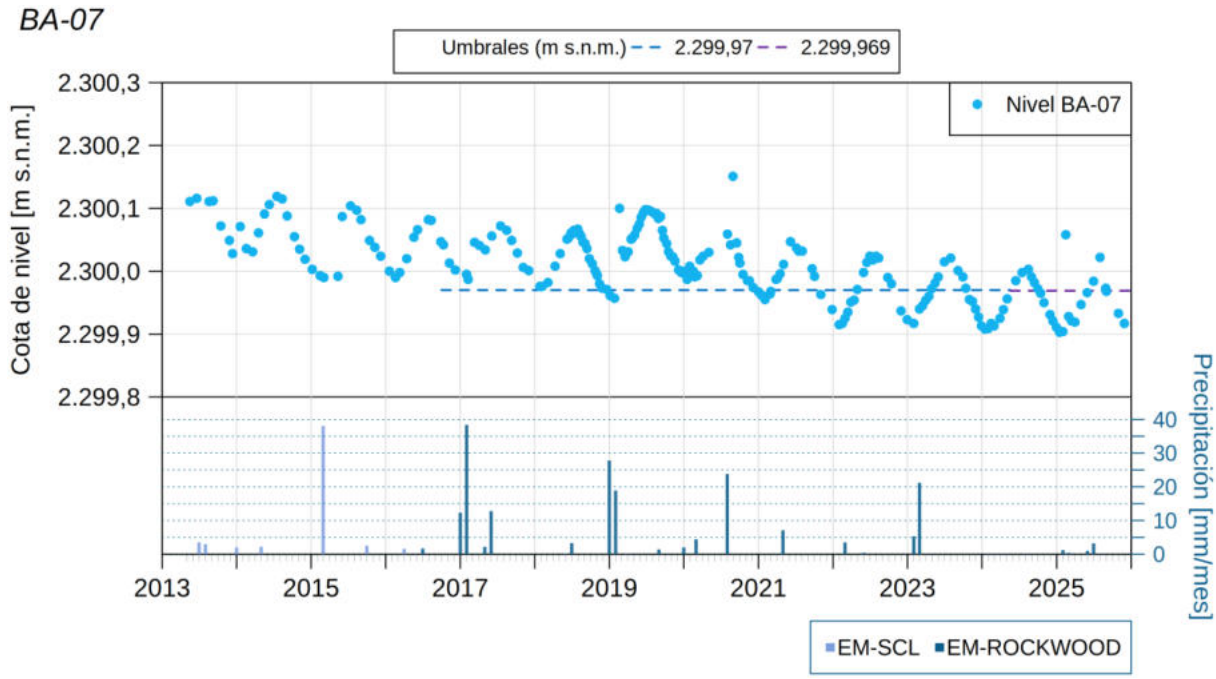
[46] Carta Oficial N°94/2024 y N°111/2025, desde el mes de noviembre 2024 hasta abril 2025 y Carta Oficial N°147/2025 para el periodo octubre 2025 hasta abril 2026.

Figura 6-173 Niveles Puntos de Monitoreo BA-05



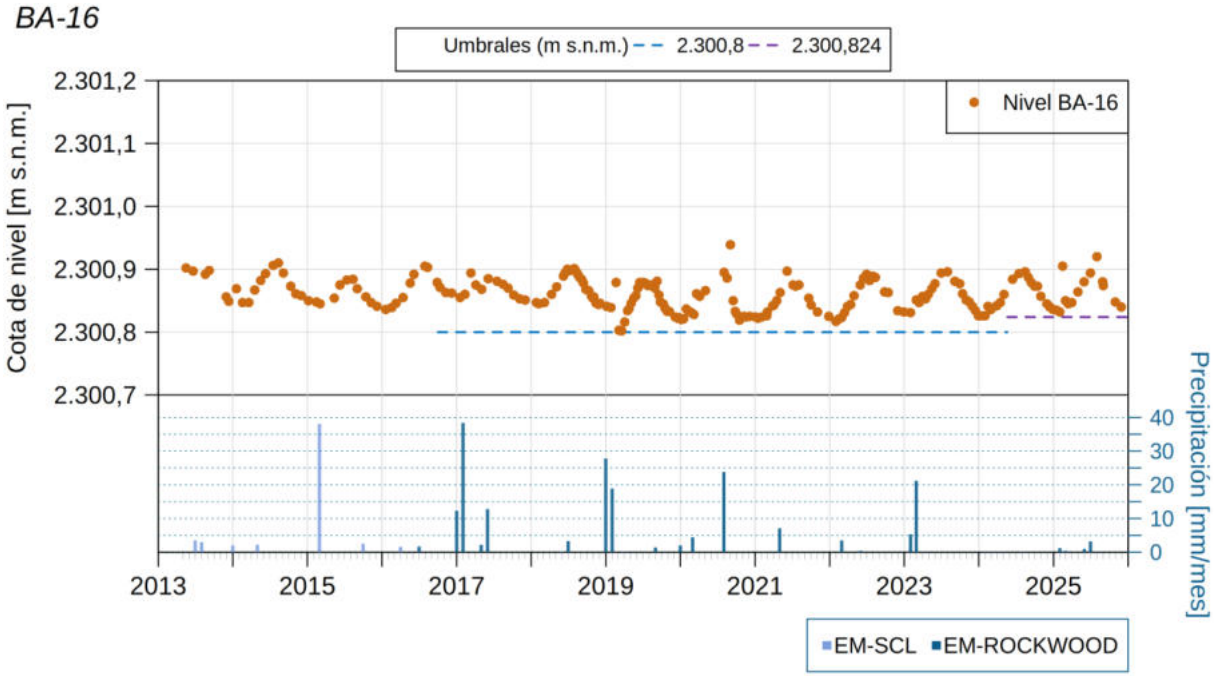
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-174 Niveles Punto de Monitoreo BA-07



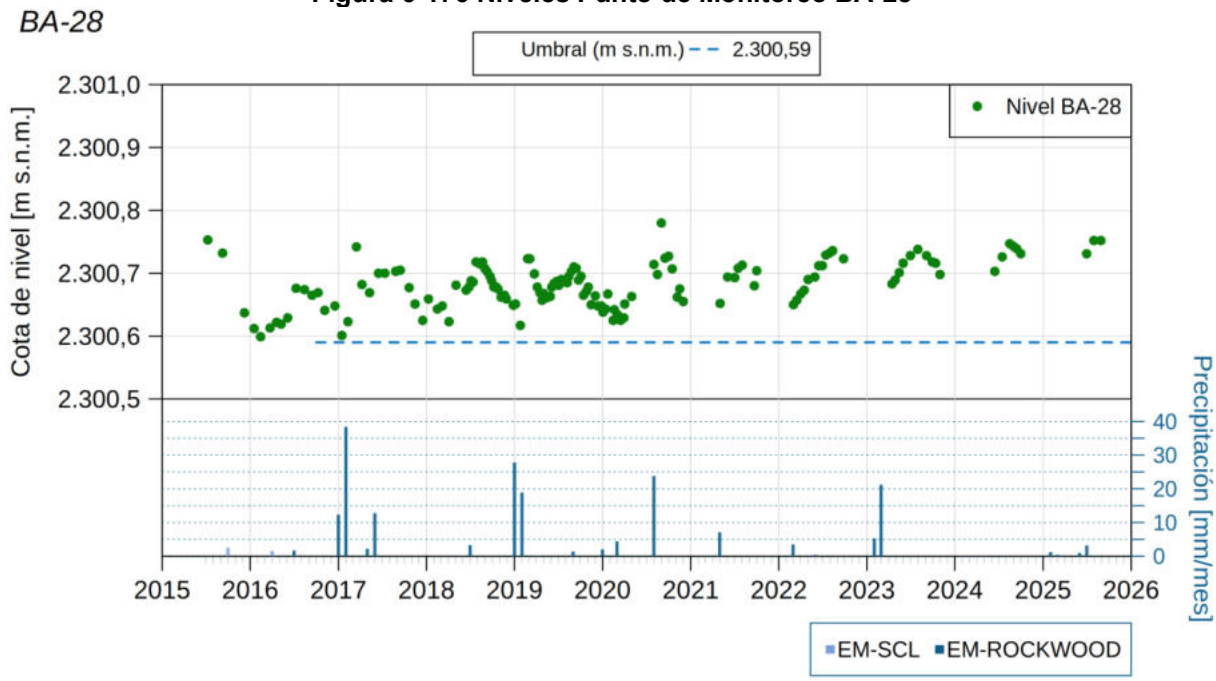
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-175 Niveles Punto de Monitoreo BA-16



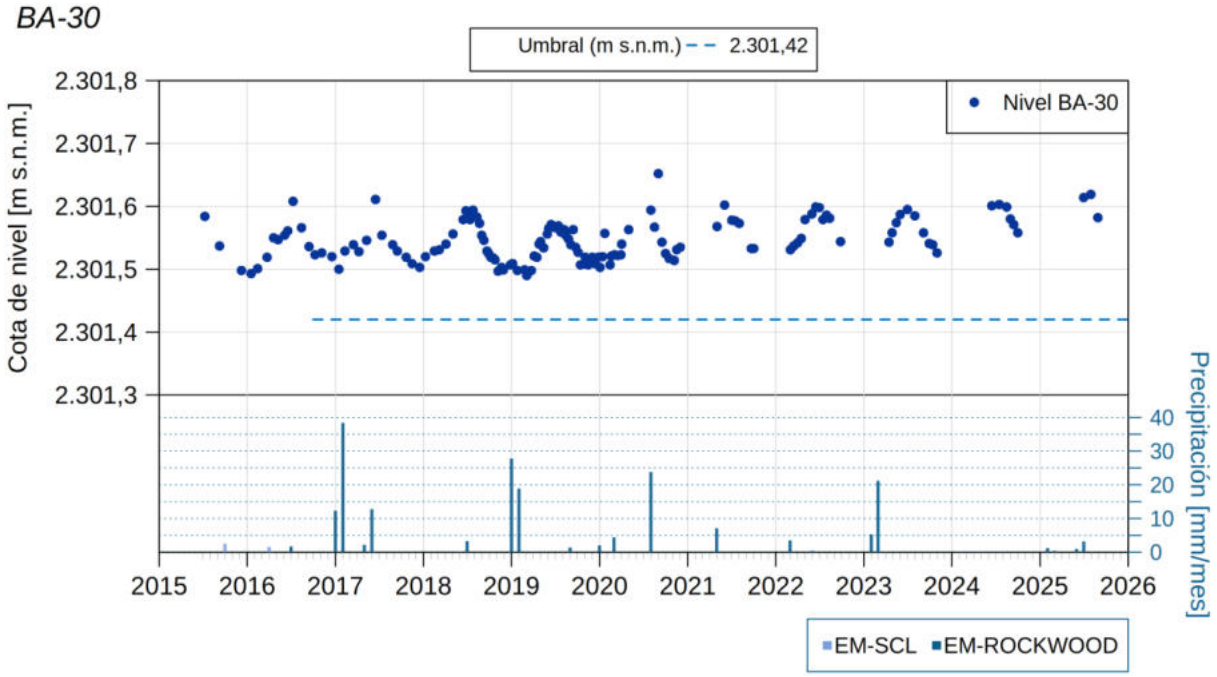
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-176 Niveles Punto de Monitoreo BA-28



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-177 Niveles Punto de Monitoreo BA-30



Fuente: Elaboración propia

6.2 Análisis integrado

En el presente capítulo se presenta un análisis integrado de las variables monitoreadas en el Salar de Atacama en el marco del PSAH, tomando en consideración la información histórica disponible y con énfasis a los datos levantados durante el año 2025.

Debido a la gran cantidad de puntos de monitoreo e información disponible, en esta sección se han graficado las variables de los puntos más representativos de cada uno de los sectores, así como comportamientos que muestren alguna diferencia respecto a tendencias históricas.

6.2.1 Sector La Punta – La Brava

De acuerdo con el modelo conceptual de la cuarta actualización del modelo numérico (20Albemarle-Gestionare, 2025b), el origen de las aguas de alimentación de las lagunas del Sistema La Punta-La Brava corresponde a recarga del extremo sur de la cuenca, a mayor altura, que fluyen a través de acuíferos de Monturaqui y Negrillar (MNT), y luego del Callejón de Tilopozo. En todo este tramo no existe evidencia de un cauce activo que pudiese producir escorrentía superficial, la primera descarga del flujo subterráneo que proviene del acuífero de MNT, corresponde a las vegas de Tilopozo, donde se generan flujos ascendentes, de estos afloramientos una parte se evapora y la otra pasa a formar parte del acuífero somero, donde comienza a experimentar diferentes transformaciones fisicoquímicas, que involucran procesos de evaporación y de disolución de sales que aumentan la salinidad y el enriquecimiento isotópico.

Además, este sistema recibe aportes laterales de la zona oeste (Cordón de Lila y desde el cono aluvial situado entre Tilopozo y Tucúcaro) y, en menor medida, por las precipitaciones locales. Estas últimas tienen un efecto inmediato, de muy corto plazo, en el nivel freático del entorno lagunar y en el nivel de las lagunas.

En la Zona Marginal, en tramos donde el nivel es muy somero y la tasa de evaporación no es capaz de mantener el agua bajo el terreno, se forman afloramientos, pozones y/o pequeños escurrimientos, cuyo caudal o expresión superficial varía de manera estacional, como consecuencia de la dinámica de la evaporación. En general, estas aguas evaporan en el entorno cercano a su afloramiento, sin generar cauces superficiales permanentes en el sector, lo que sólo se ha visto esporádicamente tras eventos de precipitación.

En el área de las lagunas LP-LB es donde se produce el afloramiento del flujo subterráneo que da origen a las lagunas, debido a la presencia de la interfase salina debajo de la Zona Marginal, que se forma entre la salmuera del Núcleo y las aguas salobres del acuífero, por lo que estas últimas se ven forzadas a ascender, contribuyendo al aporte de flujo subterráneo a las lagunas.

En el modelo conceptual de la Adenda 5, la Zona Marginal intermedia estaba formada por salmuera y de manera esporádica frente a precipitaciones o periodos de baja evaporación podían existir rebalses subsuperficiales hasta los open pools. Actualmente (Albemarle-Gestionare, 2025a y Albemarle-Gestionare, 2025b), se sabe que en la zona intermedia de la Punta-La Brava existen agua salobre en la parte superior de la columna de manera permanente y bajo ella se encuentra la salmuera.

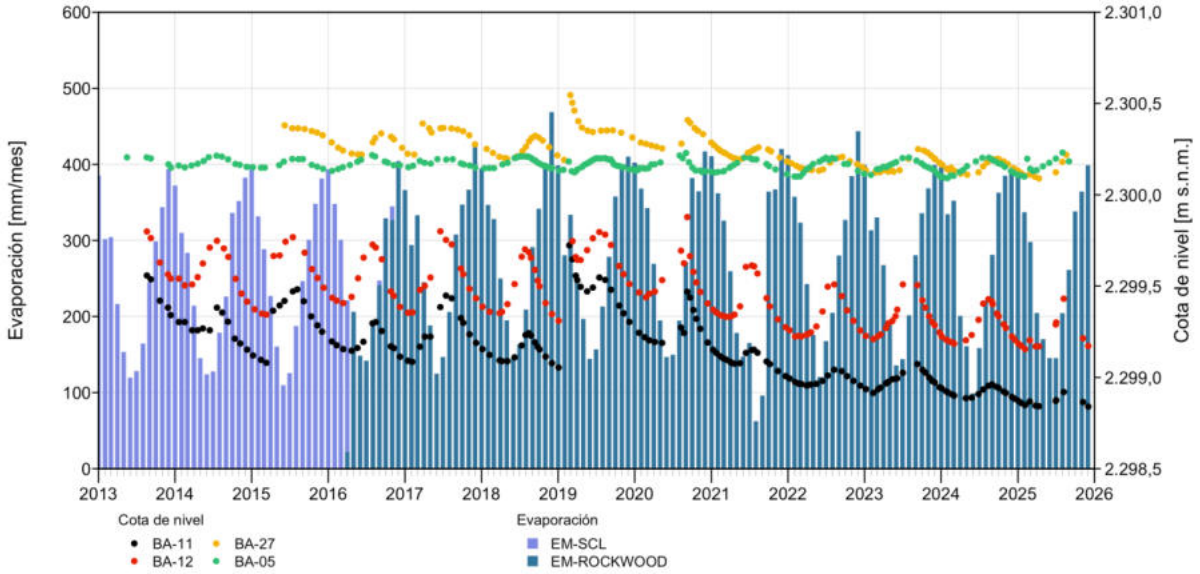
En este sector (La Punta-La Brava) se han definido 5 subsectores (Norte, Centro, Este, Sur y Borde Sur) presentado en el mapa de Figura 6-53, Figura 6-54 y Figura 6-55 del capítulo 6.1.6. Los subsectores Norte (BA-01, BA-09, y BA-11), Centro (BA-02, BA-03, BA-06, BA-10, BA-12, BA-13 y BA-14), Este (BA-27) y Sur (BA-04, BA-05, BA-07, BA-08, BA-15, BA-16, BA-25, MP-03A, MP-03B y PLS-10), se representan para su caracterización por los piezómetros someros BA-11, BA-12, BA-27, y BA-05, respectivamente, lo que se presenta en la Figura 6-178 (el subsector Tucúcaro y Vegas de Tilopozo), se desarrolla más adelante en esta misma sección).

En la Figura 6-178 se observa una tendencia general al descenso en los niveles freáticos históricos del sector La Punta - La Brava. Al comparar los piezómetros someros (serie BA-XX) entre sí, se tiene en el sur niveles relativamente estables (BA-05), con menores descensos en el subsector Este (BA-27) y el mayor descenso se observa en el subsector Norte de las lagunas (BA-11).

Además, en la figura (Figura 6-178), se observan oscilaciones estacionales del nivel, con ascensos durante la temporada de invierno y descensos durante los meses de verano debido principalmente a la evaporación, en el norte y este los mínimos y máximos se muestran

principalmente en febrero y agosto respectivamente (Figura 6-178). Este comportamiento está explicado por las variaciones estacionales relacionadas con la evaporación, las cuales presentan un comportamiento inverso con respecto a la variación de los niveles. Para el año 2025 los puntos del centro presentan mayores amplitudes con rangos entre 18 cm y 31. Las menores amplitudes se miden en los puntos del sur y norte, entre 4 y 16 cm para todos los puntos del sur y entre 7 y 22 cm para los del norte. Es decir, los puntos más cercanos a las lagunas, subsector Centro (por ejemplo, BA-12), son más sensibles a la evaporación. Le siguen los puntos del norte (por ejemplo, BA-11) y, por último, los del sur (por ejemplo, BA-05) son los que muestran menores amplitudes. Se observa, en general, que a medida que se profundizan los niveles freáticos existe una menor influencia de la evaporación.

Figura 6-178 Evolución de nivel freático en relación con la evaporación en el Sistema La Punta-La Brava.

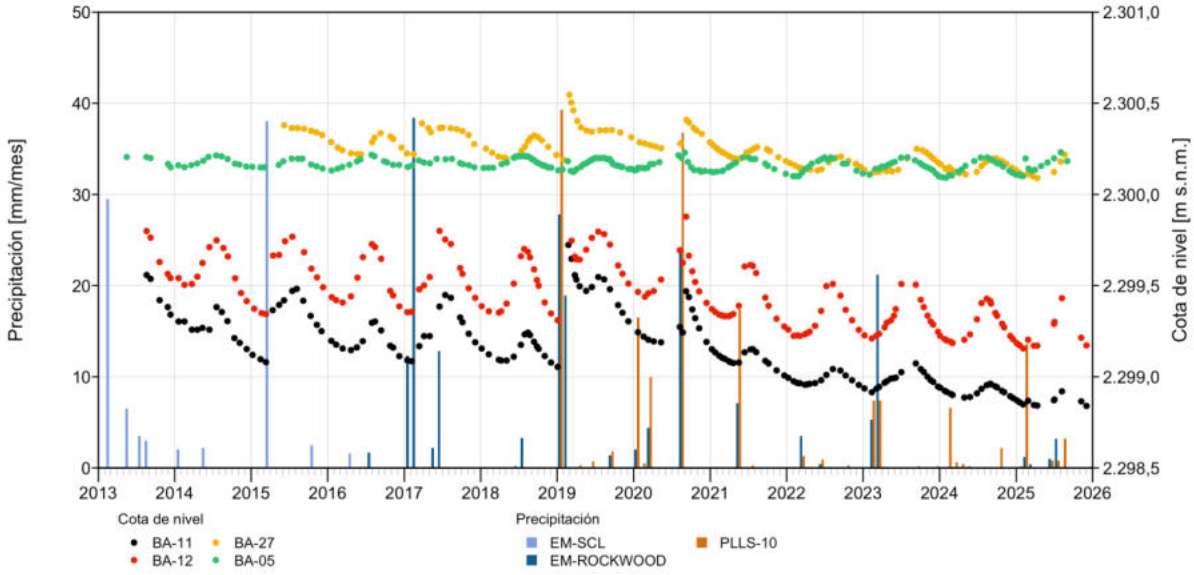


(*) La evaporación de agosto y septiembre 2021, no está considerado el mes completo.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-179, se muestra la relación del nivel con las precipitaciones, en general las mayores respuestas a esta entrada directa de agua se observan en los puntos del Norte (BA-11) y Centro (BA-12), luego, le suceden con menores respuestas el punto del Este (BA-27) y, por último, se tiene con menores respuestas a las precipitaciones a los puntos del Sur (BA-05). Esto es claro, por ejemplo, en las precipitaciones relevantes de enero y febrero 2019 (suman 50,7 mm en EM-Rockwood y sobre los 120 mm en el punto PLLS-10), posterior a dichas precipitaciones se registró un aumento de nivel de 67 cm en el punto BA-11 (representante de los puntos del norte), 44 cm en BA-12 (representante de los puntos del centro), 32 cm en BA-27 (punto del Este) y de 5 cm de aumento de nivel del punto BA-05 (representante de los puntos del sur de las lagunas).

Figura 6-179 Evolución de nivel en relación con la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava.

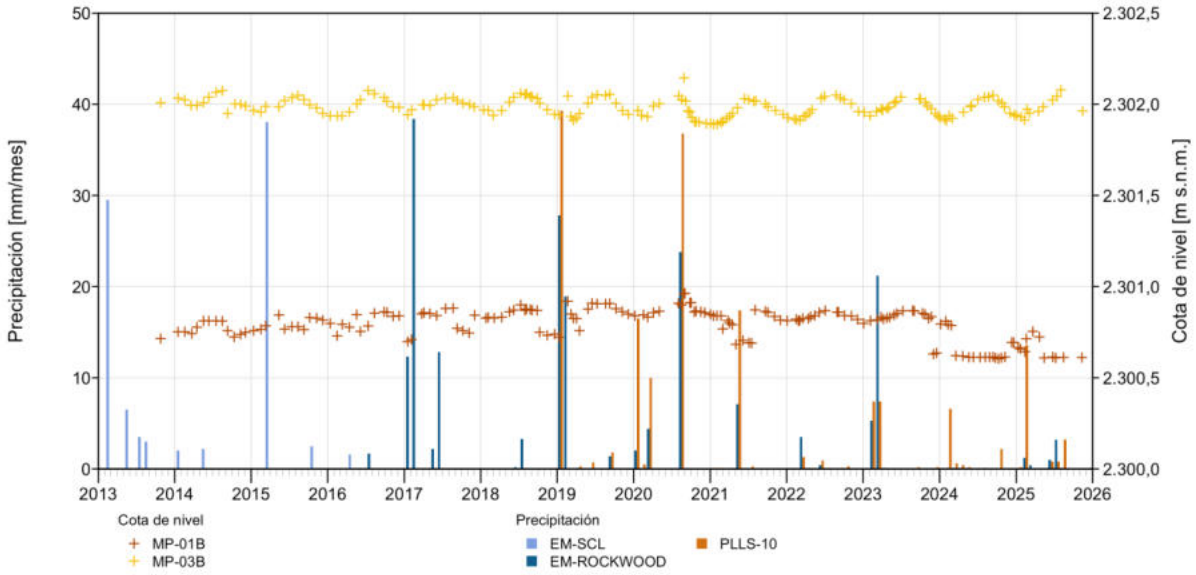


Fuente: Elaboración propia

En el subsector sur de lagunas, específicamente al costado sureste de las lagunas La Punta y La Brava, también existen piezómetros profundos habilitados bajo la Interfase Salina (MP-01B y MP-03B) los que miden niveles de salmuera (ver Figura 6-180). En este caso, se observa una menor respuesta de los niveles ante los eventos de precipitación en el salar con respecto a los piezómetros someros (barrenos) mostrando variaciones centimétricas menores con una mayor estabilidad en todo el período de registro.

Durante el 2025 en La Punta- La Brava se registraron precipitaciones relevantes en febrero (13,6 mm, PLLS-10), mostrando respuesta en los puntos del sector Norte (BA-01), Centro y Sur.

Figura 6-180 Evolución de nivel profundos en relación con la precipitación. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

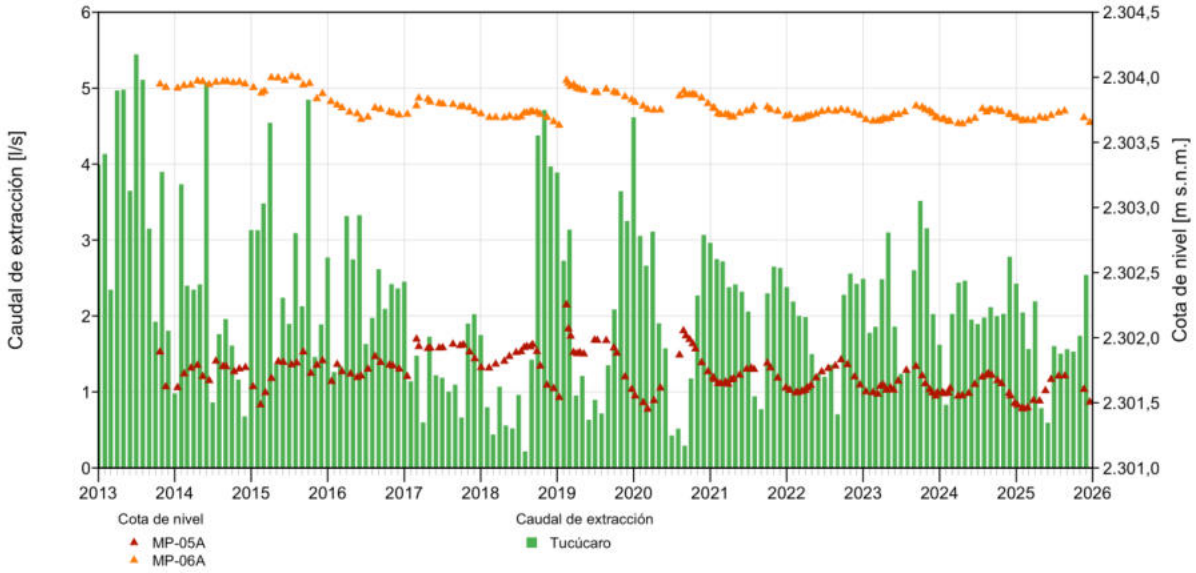
En la Figura 6-181 se muestra la evolución de los niveles de los puntos MP-05A y MP-06A (subsector Tucúcaro) en relación con los caudales de extracción.

En esta figura (Figura 6-181) no se observa una influencia directa del bombeo del punto Tucúcaro y los puntos (MP-05A y MP-06A).

La Figura 6-57 muestra los puntos MP-05 A y MP-06A, los que mantienen en general un nivel estable dentro del registro histórico, con aumentos menores relacionados a eventos de precipitación, por ejemplo, el punto MP-05A muestra un ascenso de 6 cm posterior al evento de marzo 2023.

Respecto a los piezómetros MP-05A y MP-06A, da cuenta de una condición estable del nivel freático en el pozo MP-05A entre 2014 y 2019, con una tendencia al alza, y una posterior dinámica estacional a partir de dicho año (máximos en invierno y mínimos en verano), con influencia además de eventos de precipitación de alta intensidad, como el registrado en enero y febrero 2019 (suman 50,7 mm en EM-Rockwood y sobre los 120 mm en el punto PLLS-10). Por otra parte, desde el año 2019 se ha verificado una reducción del bombeo en Tucúcaro, lo que no se ha manifestado en un incremento de la cota piezométrica en los pozos MP-05A y MP-06A, inclusive el punto MP-05A ha mostrado descenso desde los últimos 5 años, diferente al punto MP-06A donde se observa un leve descenso histórico (Figura 6-181).

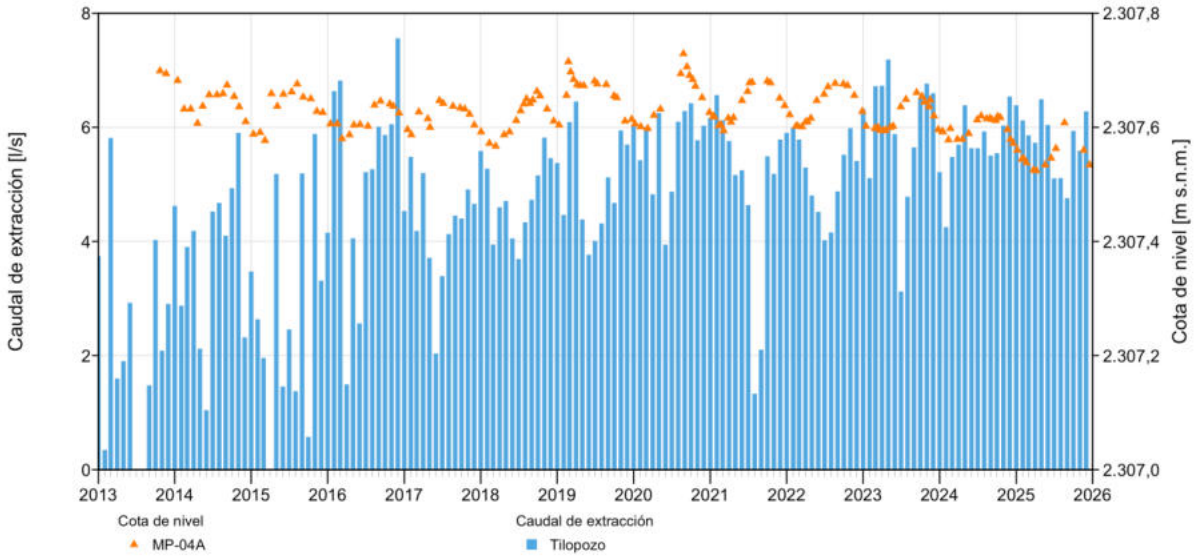
Figura 6-181 Evolución niveles multipiezómetros MP-05A y MP-06A, y caudal bombeado en pozo Tucúcaro. Subsector Tucúcaro, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

El pozo MP-04A (Figura 6-182), ubicado en el subsector Vegas de Tilopozo, cercano a la vertiente Tilopozo (a 2 m aprox.), muestra una variación estacional, que estaría relacionada con la zona de vegas y la evaporación, con una tendencia más constante hasta 2022 en sus niveles, y mostrando descensos descenso los últimos años. No se observa una influencia directa del bombeo de la vertiente Tilopozo en este punto.

Figura 6-182 Evolución niveles piezómetro somero MP-04A, próximo a la vertiente Tilopozo. Subsector Vegas de Tilopozo, Sector La Punta-La Brava

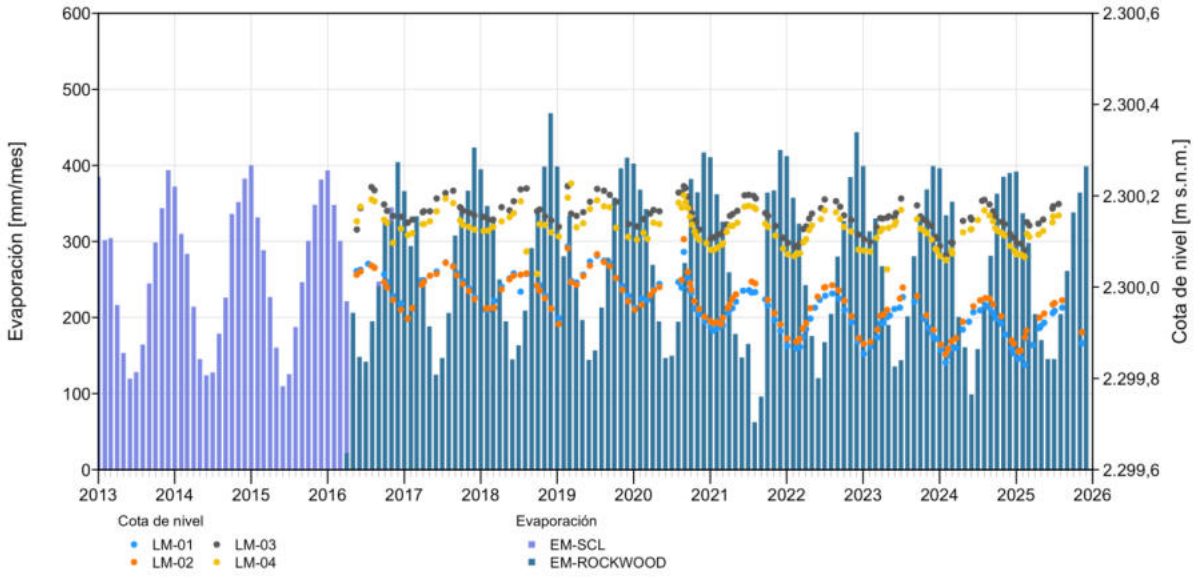


Fuente: Elaboración propia

En relación con los niveles limnimétricos del sistema lagunar La Punta – La Brava (Figura 6-183), se observan comportamientos diferenciados entre los sectores La Punta (LM-01 y LM-02) y en sector La Brava (LM-03 y LM-4). Entre 2016 y 2019 los niveles presentan oscilaciones estacionales con máximos y mínimos relativamente estables en ambos sectores. Después de 2020, en el sector La Punta (LM-01 y LM-02) se observa una tendencia al descenso. En contraste, en el sector La Brava (LM-03 y LM-04) los niveles muestran un descenso entre aproximadamente 2020 y 2022, tras el cual se mantienen relativamente estables. Se observan variaciones estacionales con descensos de nivel en los meses de estaciones cálidas —coincidentes con mayores tasas de evaporación— y recuperaciones en los meses de estaciones frías, cuando la evaporación disminuye; evidenciando una relación inversa entre ambas variables.

Figura 6-183 Evolución de niveles en las lagunas del sistema La Punta-La Brava

,



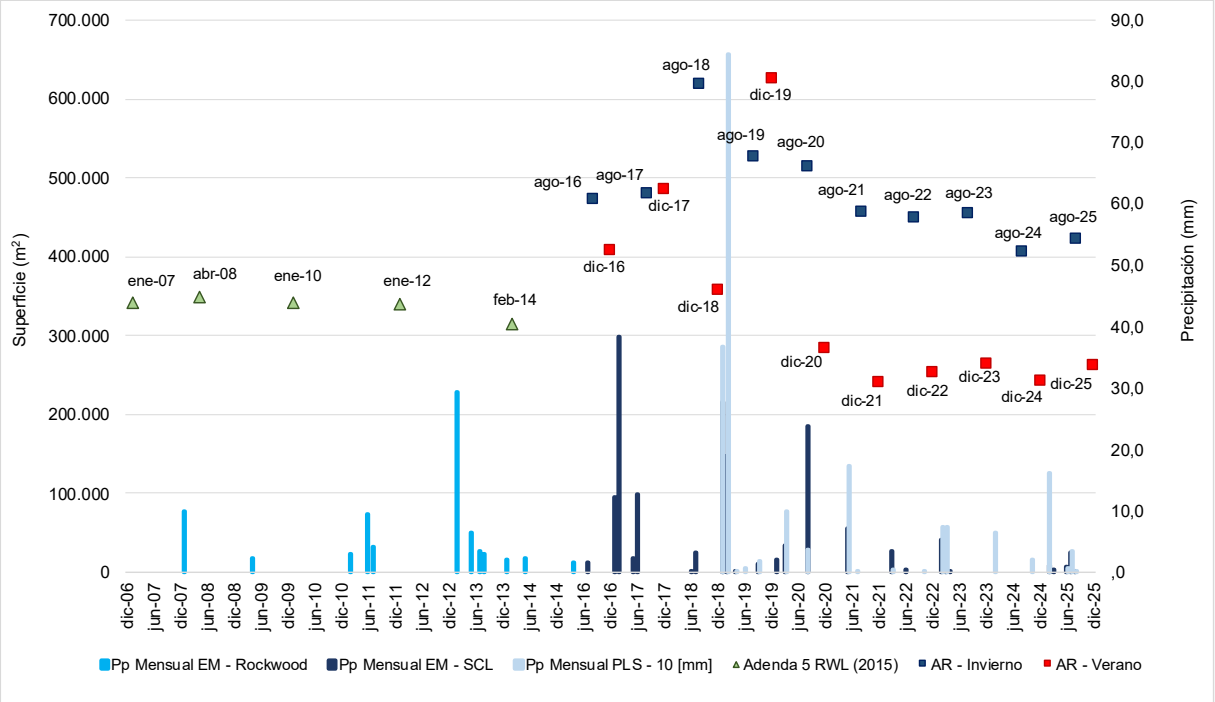
(*) La evaporación de agosto y septiembre 2021, no está considerado el mes completo.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la **superficie cubierta por lagunas** la Figura 6-184 muestra los 5 registros históricos disponibles de alta resolución de la Adenda 5 para el periodo 2007 a 2014, seguido de las mediciones periódicas en alta resolución entre los años 2016 y 2025 realizadas en el marco del PSAH (invierno – verano). De la figura (Figura 6-184) se observa un comportamiento estacional donde, en general, las mayores superficies se registran durante los meses de invierno y las menores en verano. Entre los años 2016 a agosto 2020, se observa que las mediciones tanto de invierno como las de verano presentaron valores por sobre la superficie de referencia histórica de alta resolución (31,6 ha en febrero de 2014) (ver Sección 6.1.3). A partir de diciembre 2020 a diciembre de 2025, sólo las superficies medidas durante invierno

han presentados valores sobre la superficie de referencia, mientras que aquellas medidas en verano se encuentran por debajo de dicho valor (detalles en subsección 6.1.3.1).

Como se menciona en la sección 6.1.3 se hace relevante analizar los registros Landsat dado que se cuenta con un amplio periodo (años 1973 a 2014) y se ha obtenido desde un mayor número de imágenes satelitales de mediana resolución (68 imágenes entre los 4 sistemas, Figura 6-185).

Figura 6-184 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema La Punta - La Brava (imágenes alta resolución)



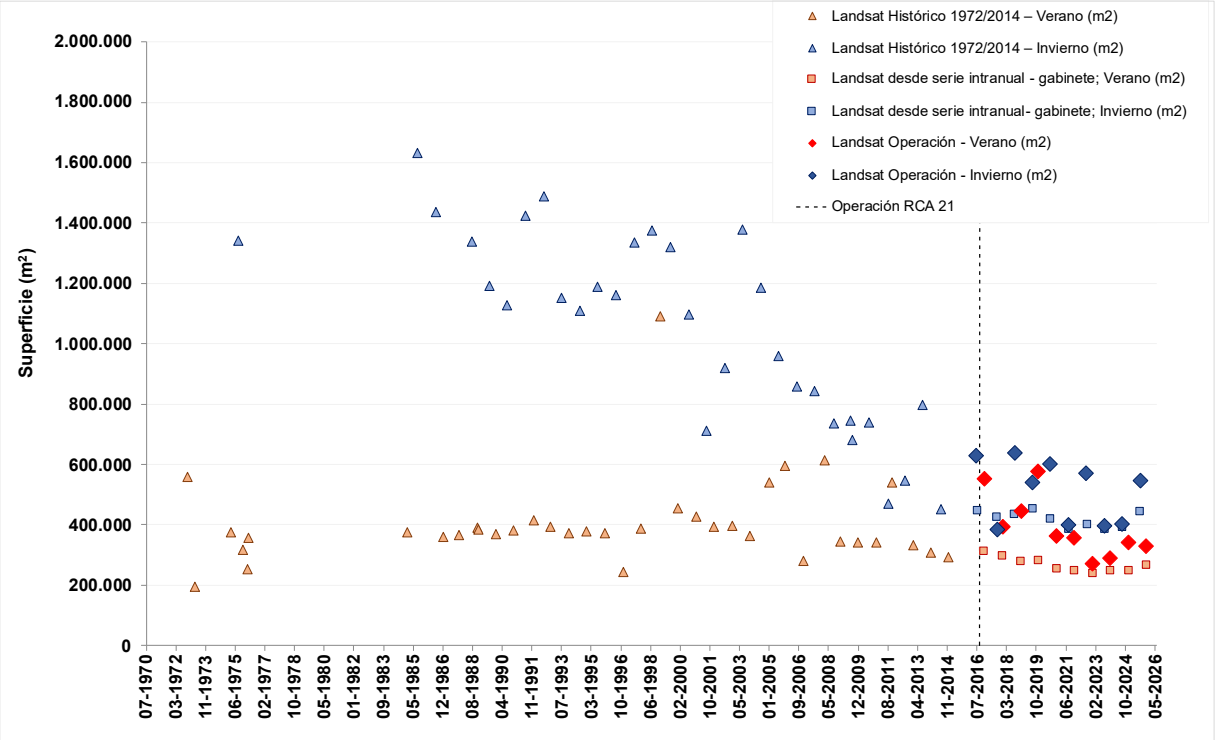
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a las imágenes de **mediana resolución** de la serie "*Landsat 2016/2014*" interanual de la Figura 6-185 (información disponible en el Anexo C) es posible observar las variaciones del sistema La Punta-La Brava, con una marcada variación estacional, de aumentos en invierno y disminuciones en verano, que tendrían una relación más directa con la evapotranspiración y, por ende, con los niveles de aguas subsuperficiales, dejando la precipitación como un factor secundario para este sistema lagunar.

Las máximas extensiones de las lagunas se producen durante los meses de invierno, mientras que las mínimas extensiones durante los meses de veranos (Figura 6-185). Se observa una tendencia histórica al descenso, que se presenta con mayor pendiente para las superficies medidas en invierno, y menor para las superficies de verano. Además, se observa que la diferencia de la superficie lagunar entre invierno y verano se ha ido reduciendo desde el año 2005 aproximadamente, logrando una variación entre invierno y verano con una diferencia que se mantiene relativamente constante entre 2016 y 2025.

En resumen, tanto las superficies lagunares de alta resolución, como las de media resolución, muestran una tendencia al descenso, observada desde antes del comienzo de la operación del proyecto, la que habría tenido su mayor quiebre a partir de los años 2005-2008.

Figura 6-185 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector La Punta y la Brava.



Fuente: Elaboración Propia

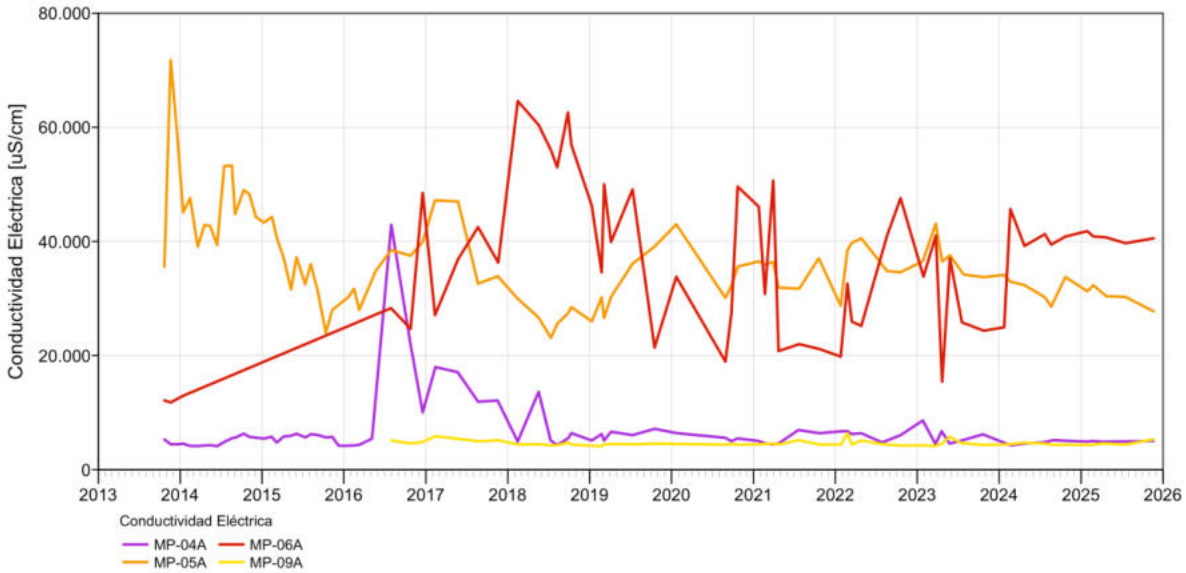
En cuanto a la **calidad química**, desde una perspectiva espacial, se observa que en las aguas subterráneas someras hay un aumento en la salinidad a medida que se avanza desde la Zona Marginal hacia las lagunas, siguiendo la dirección del flujo subterráneo. Esto se puede inferir a partir de los valores de conductividad eléctrica o de la concentración de sólidos disueltos totales.

De este modo, las conductividades históricas más bajas se detectan en los piezómetros MP-04A y MP-09A, ubicados al sur del sistema lagunar La Punta – La Brava, como se puede ver en Figura 6-186. La conductividad más alta del período de registro fue de 71.800 (µs/cm) medida en el punto de monitoreo MP-05A (noviembre de 2013)[47] y, en el año 2018 en el punto MP-06A con un valor máximo de 64.600 (µs/cm) en el mes de febrero. Ambos puntos están

[47] Dato presuntamente outlier, dado que se muestreó con bailer un mes después de la perforación del pozo.

ubicados en las cercanías del Núcleo y con un menor aporte de los flujos de recargas desde las subcuencas aportantes.

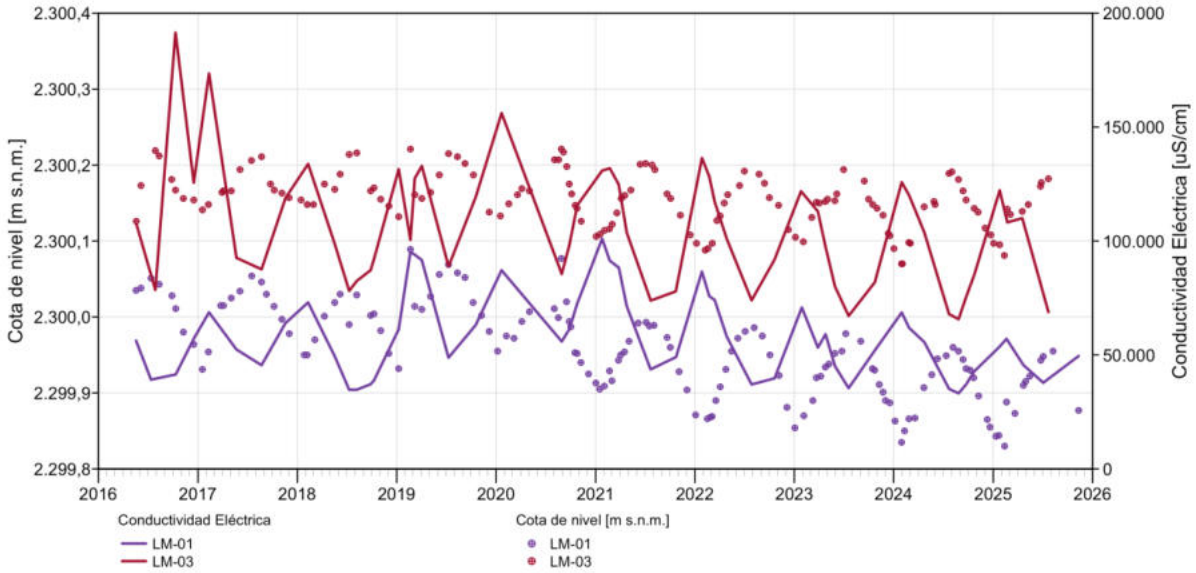
Figura 6-186 Evolución de conductividad eléctrica en multipiezómetros del sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración Propia

Los incrementos de conductividad eléctrica en dirección al Núcleo estarían relacionados con la disolución de sales durante el recorrido de las aguas desde la Zona Marginal (ver punto MP-09A en Figura 6-186) hacia las lagunas (ver punto LM-01 y LM-02 en Figura 6-187) y a la evaporación, que genera un aumento de las concentraciones de sales en el fluido. Este proceso se ilustra en la Figura 6-187, dónde se presenta la evolución temporal del nivel limnimétrico y la conductividad eléctrica en las lagunas (LM-01, en la Punta y LM-03, en La Brava). Se observa una relación inversa entre el nivel y la conductividad eléctrica, es decir, los mayores valores de conductividad eléctrica se registran en períodos de niveles bajos y viceversa. Además, en la Punta (LM-01), la conductividad eléctrica es menor que en la Brava (LM-03), al igual que su cota respectiva de nivel limnimétrico, con un descenso sostenido desde 2021.

Figura 6-187 Evolución de nivel frente conductividad eléctrica en lagunas sistema La Punta-La Brava



CE: Conductividad Eléctrica
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la **Interfase Salina,** esta se presenta estable durante el año 2025 sin mostrar cambios importantes en los puntos monitoreados dentro del año y con respecto al registro histórico, con excepción del punto MP-01C que muestra una cierta profundización en el nivel de salmuera entre 2016 y 2018 y se mantiene estable para los últimos Espacialmente, la Interfase Salina se profundiza a medida que los puntos de monitoreo se ubican más alejados del Núcleo.

6.2.2 Sector Peine

Este sector se han definido 4 subsectores (Laguna Interna y su desborde, Laguna Salada y Saladita, Inicio Laguna Salada, Borde Este y Sur de Peine), ubicadas alrededor del sistema lagunar de Peine y parte del Núcleo (Figura 6-60 y Figura 6-61), donde se encuentran las lagunas Salada, Saladita e Interna.

El funcionamiento del Sistema Peine consiste en que las aguas de las lagunas son alimentadas por agua subterránea procedente del sureste. En la zona donde el nivel freático del acuífero de agua salobre intercepta la superficie del terreno, se sitúan puntos de surgencia, que se disponen a lo largo de un canal situado a unos 2 km al sur de la Laguna Salada. Una vez en superficie, el agua comienza a sufrir proceso de evaporación con más intensidad, fluyendo a través de la Laguna Salada, luego por la Laguna Saladita y finalmente hacia la Laguna Interna, a través de una serie de canales de ancho variable y muy poco espesor de lámina de agua. Por último, el agua de la Laguna Interna acaba adentrándose en el Núcleo de salmuera de manera superficial, disolviendo la costra de cloruros y enriqueciéndose paulatinamente en

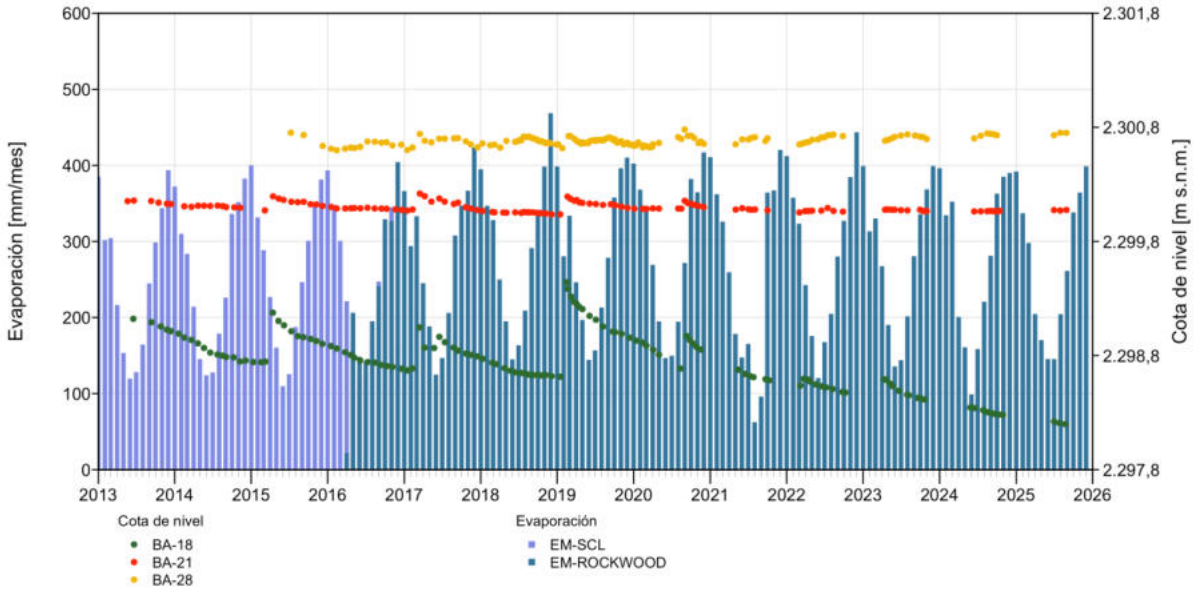
sales disueltas, hasta que finalmente, ya convertida en salmuera, se incorpora al Núcleo. Ocasionalmente se genera un nuevo escurrimiento denominado “avance Interna” que aparece o se acentúa luego de periodos de precipitación, como rebose de las aguas superficiales del sistema. Además, al sur de las lagunas, existen otros afloramientos de aguas subterráneas que generan pequeños cursos de agua y que terminan infiltrando nuevamente al acuífero. Esto se detalla en el informe cuarta actualización (Albemarle-Gestionare, 2025b).

Durante el año 2025, se debe considerar que Laguna Interna, Laguna Salda y Saladita e Inicio Laguna Salada, del sector Peine, muestran escasez de datos contando con alrededor de 6 meses de datos, debido a restricciones de acceso de la Comunidad de Peine (detalles en sección 5.6.2 y Anexo F-1).

En la Figura 6-188 se observa que no hay relación entre la evaporación estacional y los niveles en los puntos BA-18 (característico de laguna Interna, ubicado en zona salmuera) y BA-21 (característico de zona media de lagunas, ubicado en zona intermedia).

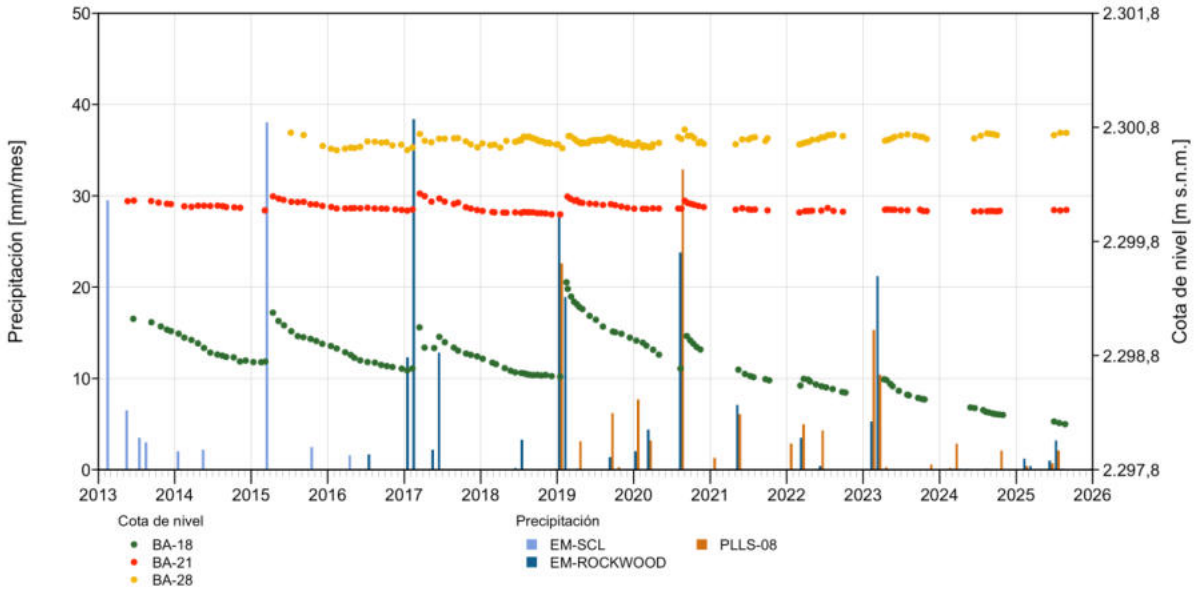
En la Figura 6-189, es posible observar una clara respuesta ante los eventos de precipitación a medida que los puntos son más cercanos al Núcleo (BA-18, por ejemplo, entre enero y febrero de 2019, ascendió 83 cm posterior a la lluvia). En los puntos ubicados hacia el sur, más alejados del Núcleo, también existe una respuesta del nivel frente a eventos de precipitación, pero de menor magnitud (BA-21 y BA-28). Por ejemplo, el piezómetro BA-21, ubicado en la zona intermedia, entre las lagunas Salada y Saladita, presenta aumentos notorios en el nivel luego de las lluvias, para posteriormente descender paulatinamente; se observan respuestas a los eventos de precipitación en 2015, 2017, 2019 y en 2020) luego de las precipitaciones del mes de mayo (7,1 mm). En la Figura 6-190, se observa que los niveles de los puntos BA-18 y MPS-CA presentan en general una leve tendencia al descenso, la que se ve interrumpida periódicamente por eventos de precipitación, que generan ascensos de nivel del orden centimétrico. Esta tendencia al descenso estaría relacionada a la proximidad a la zona del núcleo. Estos antecedentes dan cuenta de la relevancia de la precipitación directa en la recarga del Núcleo.

Figura 6-188 Evolución de nivel en relación con la evaporación Sistema Peine



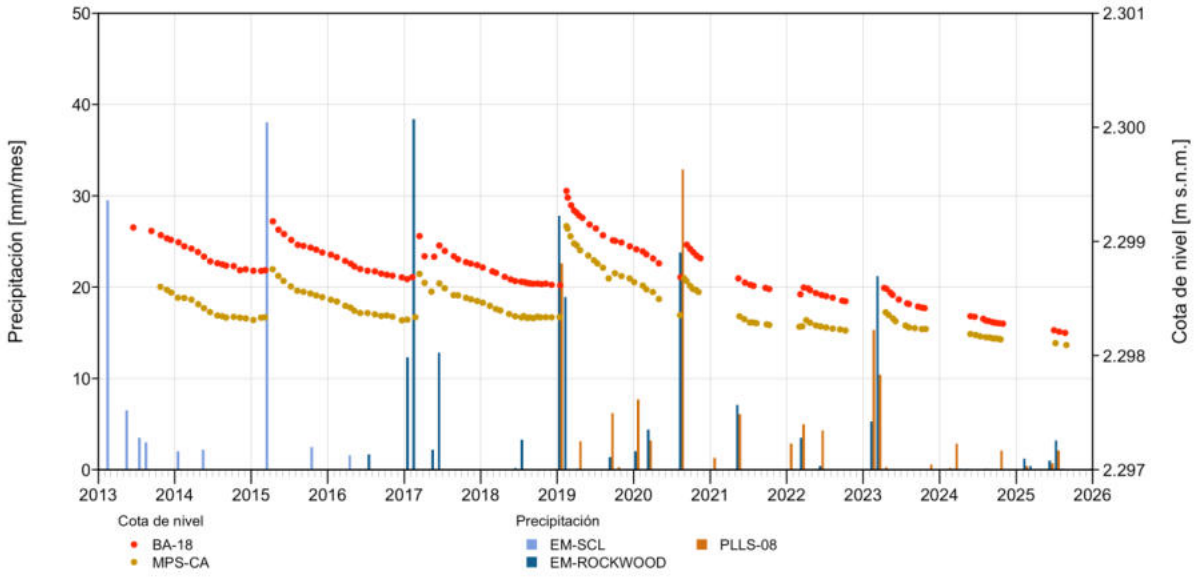
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-189 Evolución de nivel en relación con la precipitación sistema lagunar Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-190 Evolución de niveles en el sector de la laguna Interna. Sector Peine



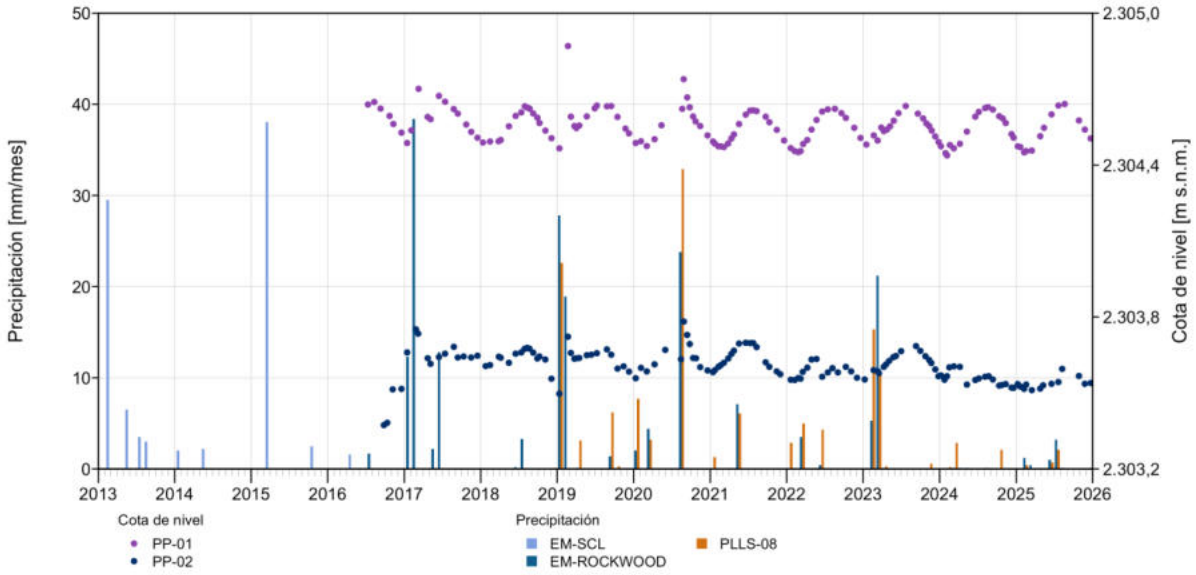
Fuente: Elaboración propia

En las zonas de recarga, localizadas en la zona Borde Este y Sur del sistema lagunar, entre la Zona Marginal y la zona de pie de monte de la cordillera Andina, los niveles medidos durante el año 2025 de los puntos comprometidos del borde este y sur del sistema lagunar Peine siguen la tendencia observada durante el registro histórico (Figura 6-191), con oscilación estacional dentro del rango esperado, con una amplitud de hasta 27 cm (calculados en el MP-07A entre febrero y agosto de 2025). Históricamente, los pozos del sector han reaccionado a eventos de precipitación de alta intensidad generando un aumento en los niveles, como es el caso de las precipitaciones de agosto de 2020, dónde ocurrieron aumentos de niveles entre 0,02 m y 0,15 m en los pozos MP-07A y PP-02, inferiores a los registrados en los sectores más cercanos al Núcleo.

La evaporación posee un rol importante en el control del nivel freático de la zona. La Figura 6-192 muestra la relación inversa de la evaporación y el nivel freático en los pozos PP-01 y PP-02, con mayores descensos cuando la evaporación es mayor.

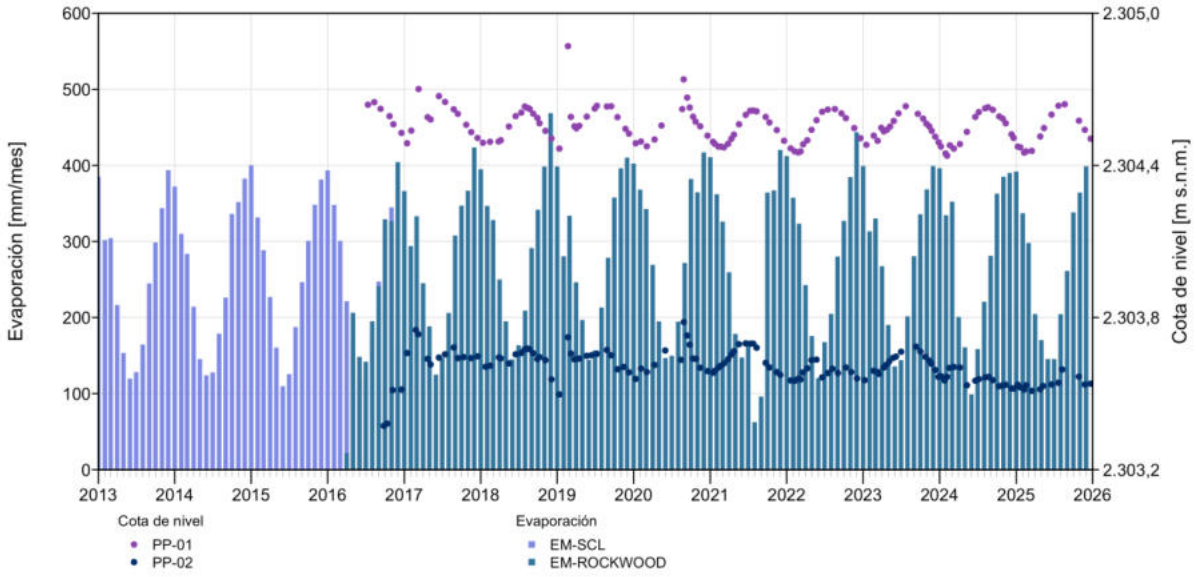
En pozos ubicados más cerca del Núcleo los niveles muestran una dinámica influenciada de mayor forma por los eventos de precipitación intensa descritos anteriormente.

Figura 6-191 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y precipitaciones en el borde Este. Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-192 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y evaporación en el borde Este. Sistema Peine

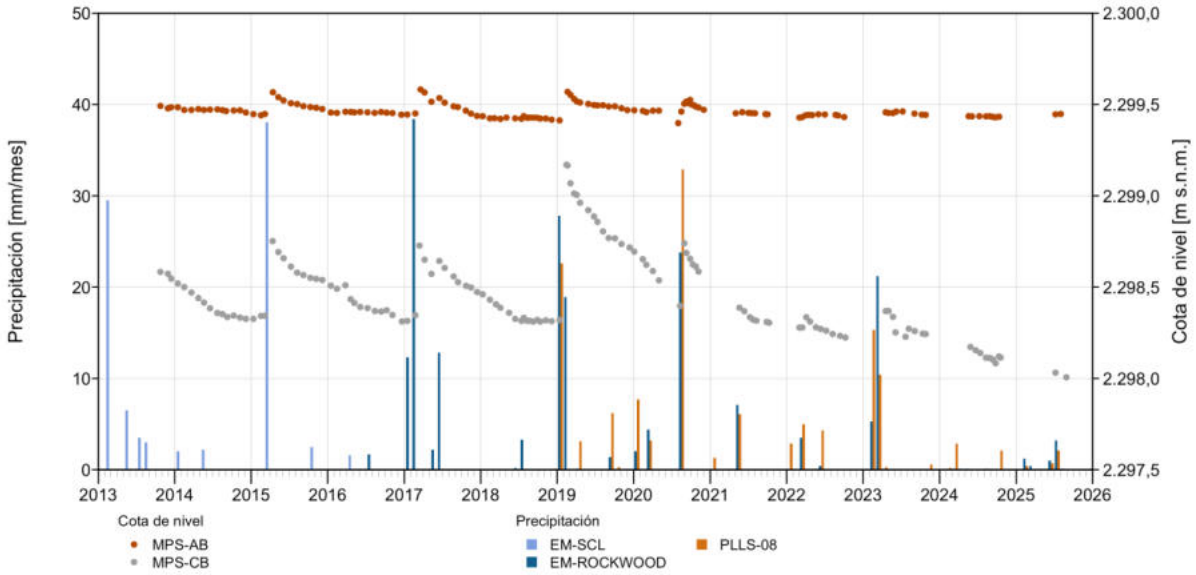


Fuente: Elaboración propia

Los pozos MPS-AB (Zona intermedia, en laguna media, a mayor distancia del Núcleo) y MPS-CB (límite zona intermedia y salmuera, Laguna Interna, a menor distancia del Núcleo), están habilitados en salmuera, el punto MPS-AB muestra un comportamiento estable de sus niveles en el tiempo (Figura 6-193) y MPS-CB un leve descenso con una respuesta a los eventos de precipitación diferente en cuanto a la magnitud del ascenso de nivel. El punto MPS-AB presenta aumentos menores posterior a los eventos de precipitación, entre 0,04 m y 0,16 m,

mientras que MPS-CB, más cercano al núcleo, muestra aumentos mayores posterior a la precipitación de hasta 0,85 m. Esta situación ejemplifica lo planteado anteriormente respecto a que los niveles freáticos y/o de salmuera en la Zona Marginal, muestran una mayor respuesta a los eventos de precipitación mientras más cerca se encuentren del Núcleo.

Figura 6-193 Evolución de niveles profundos, salmuera. Sector Peine

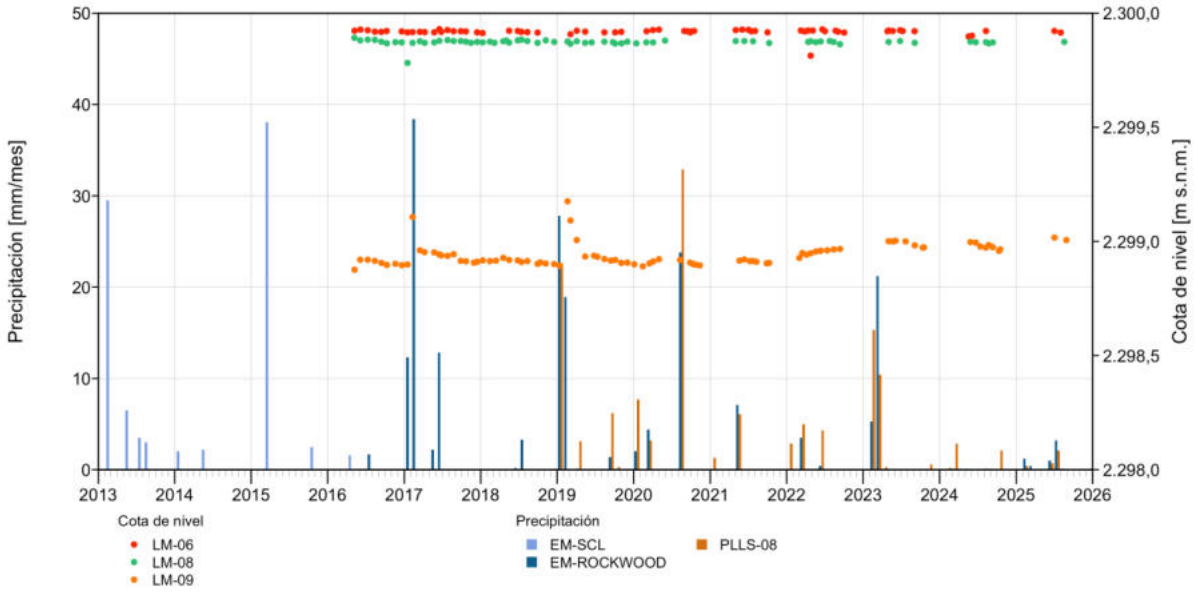


Fuente: Elaboración propia

Respecto a los niveles registrados en los limnímetros en el sector de las lagunas, se observa un gradiente de la cota del nivel desde la laguna Salada hacia la laguna Interna (Figura 6-194), lo que confirmaría la dirección de flujo de agua desde el sureste hacia el noroeste a través los canales que las comunican. Como se ha descrito anteriormente para los niveles freáticos, el nivel limnimétrico en las lagunas coincide en presentar un comportamiento más sensible a las precipitaciones dependiendo de su cercanía al Núcleo. La respuesta más notoria se observa los años 2017 y 2019 en la Laguna Interna (LM-09), donde los niveles de la laguna suben como respuesta a las precipitaciones ocurridas en el período estival. No ocurre de igual forma en los puntos de laguna Salada y Saladita (LM-06 y LM-08), en que no se observa respuesta a las precipitaciones.

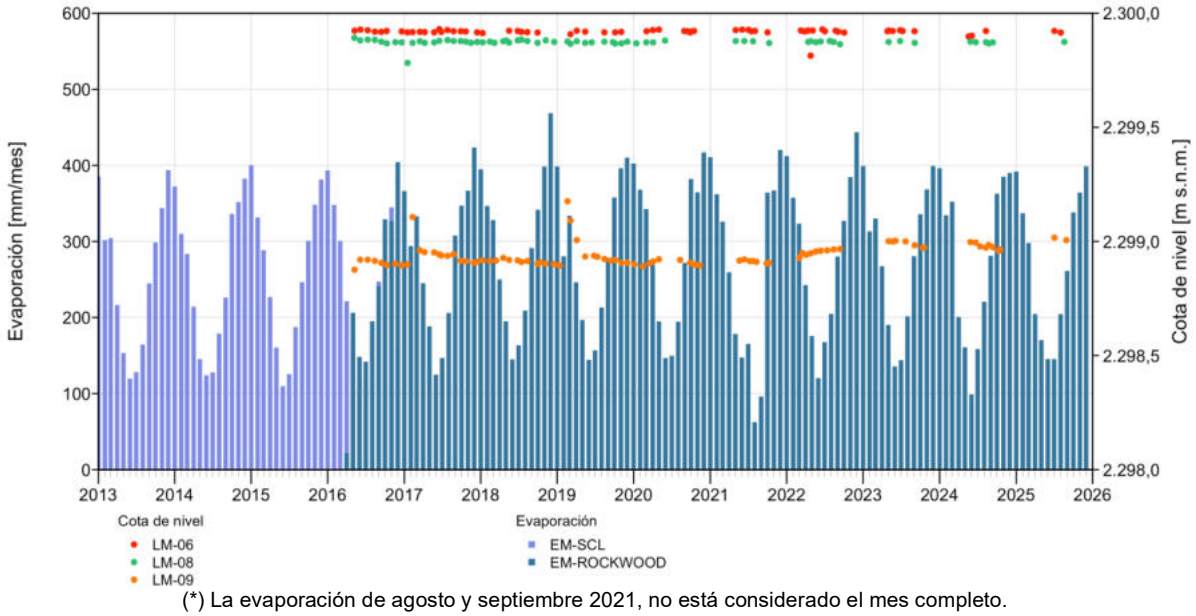
Al relacionar niveles liminmétricos con evaporación (Figura 6-195) se observa, en primera instancia, una amplitud de oscilación estacional de 1 cm y 4 cm para LM-06 y LM-08, respectivamente; lo que es menor en relación con los otros sistemas lagunares como La Punta-La Brava y el Sector Norte y Borde Este, donde la amplitud estacional observada presenta valores incluso por sobre los 10 cm (alrededor de 16 cm en LM-14, Borde Este). Dada la limitada disponibilidad de datos, no se puede observar amplitud desde mediados del año 2020.

Figura 6-194 Evolución de niveles de lagunas en Sistema Peine respecto a la precipitación



Fuente: Elaboración propia

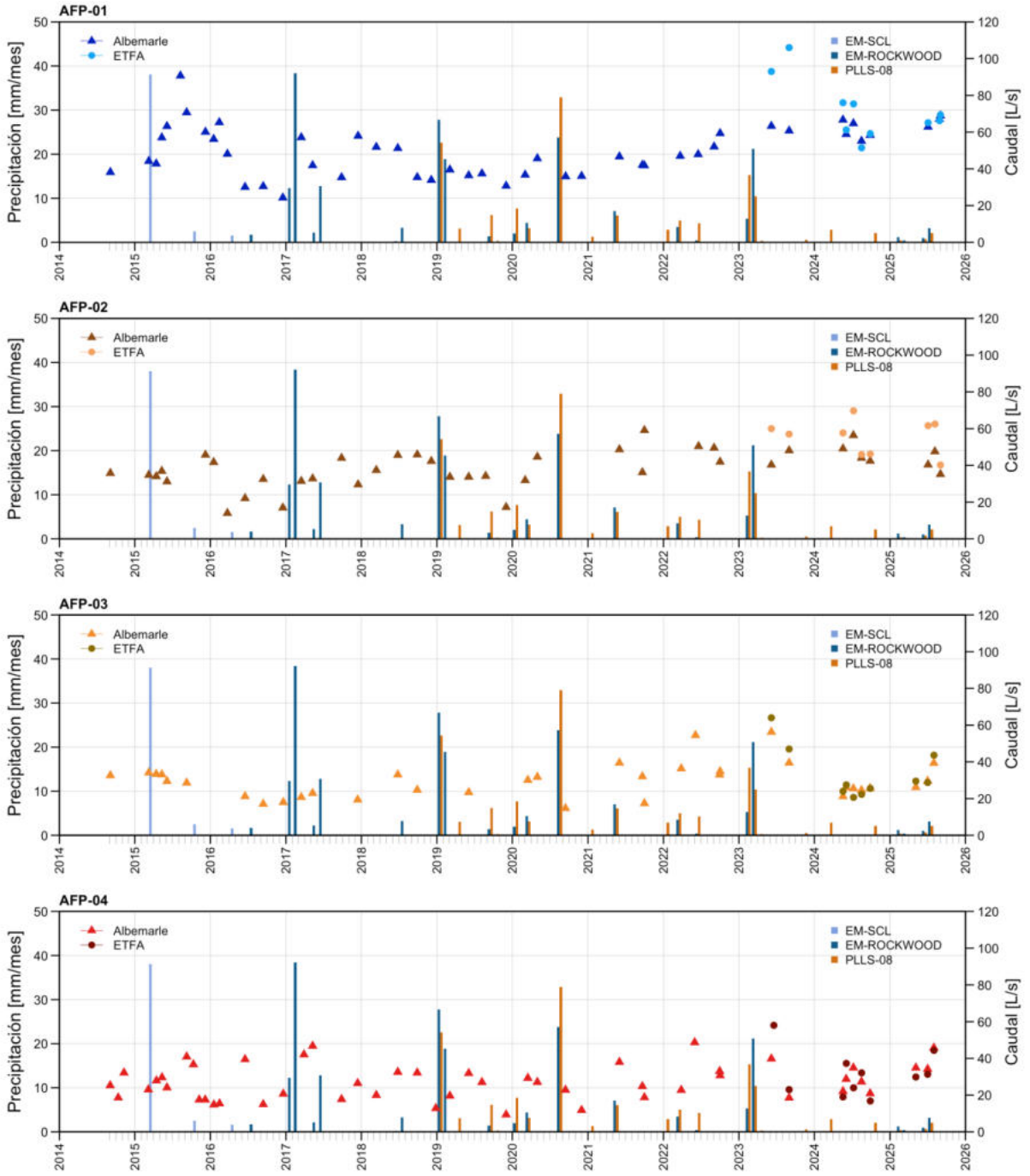
Figura 6-195 Evolución de niveles de lagunas en Sistema Peine respecto a la evaporación



(*) La evaporación de agosto y septiembre 2021, no está considerado el mes completo.
Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-196 muestra los caudales aforados de los escurrimientos superficiales de este sistema, los que, en general, durante el año 2023 incrementan respecto de los valores históricos, luego en el año 2024 se mantienen relativamente estables, y en 2025 presentan ascensos, especialmente en AFP-01, AFP-03 y AFP-04. Al comparar las mediciones realizadas por ETFA y las ejecutadas por Albemarle, estas se encuentran en el mismo orden de magnitud.

Figura 6-196 Evolución histórica de Caudales Aforados en el Sistema Lagunar Peine

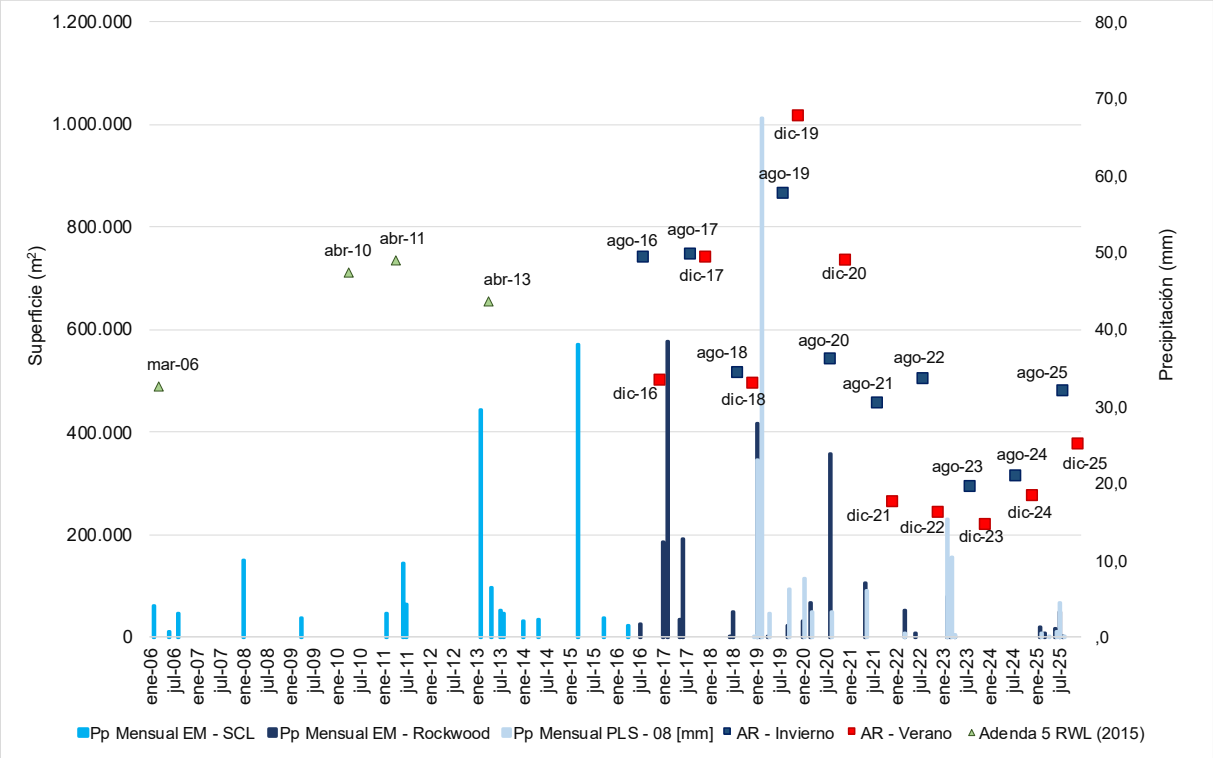


Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la **superficie cubierta por lagunas** (detalle en sección 6.1.3) la Figura 6-197 los registros determinados a partir de imágenes de alta resolución entre 2017 y 2020, muestran que durante dicho período no ha existido una dinámica estacional en las lagunas, como en periodos previos, mientras que desde el 2021 al 2025 sí se observa comportamiento

estacional, menores superficies en verano y mayores superficies en invierno. Además, se observa en 2017-2018 magnitudes similares para la superficie lagunar entre verano e invierno y en 2019 y 2020 superficies de verano superiores a las de invierno, posiblemente relacionados con el efecto de la precipitación (febrero de 2019 y agosto de 2020). Esta falta de estacionalidad observada en los periodos 2017 y 2020 es consecuencia de las lluvias, las cuales inundan la zona de aguas abajo de la laguna interna e influyen significativamente en la extensión total del sistema. En general se observa una respuesta de la superficie lagunar a eventos particulares de precipitación (2019-2020), aunque no se aprecian de manera tan clara los efectos del evento de 2017 en la superficie de agosto medida el mismo año. Durante 2023, en tanto, se ve una disminución de la superficie en agosto y diciembre, las cuales aumentan levemente en 2024 y de forma más marcada 2025. En comparación con la superficie de referencia histórica, entre los años 2021 y 2025 se observa una disminución de las superficies tanto de invierno, como de verano, con valores por debajo de la referencia (48,9 ha en marzo de 2006), con excepción de invierno de 2022 (50,5 ha) y el invierno de 2025 que presenta una clara recuperación (48,1 ha), acercándose al valor de referencia histórica.

Figura 6-197 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema Peine (imágenes alta resolución)



Fuente: Elaboración propia

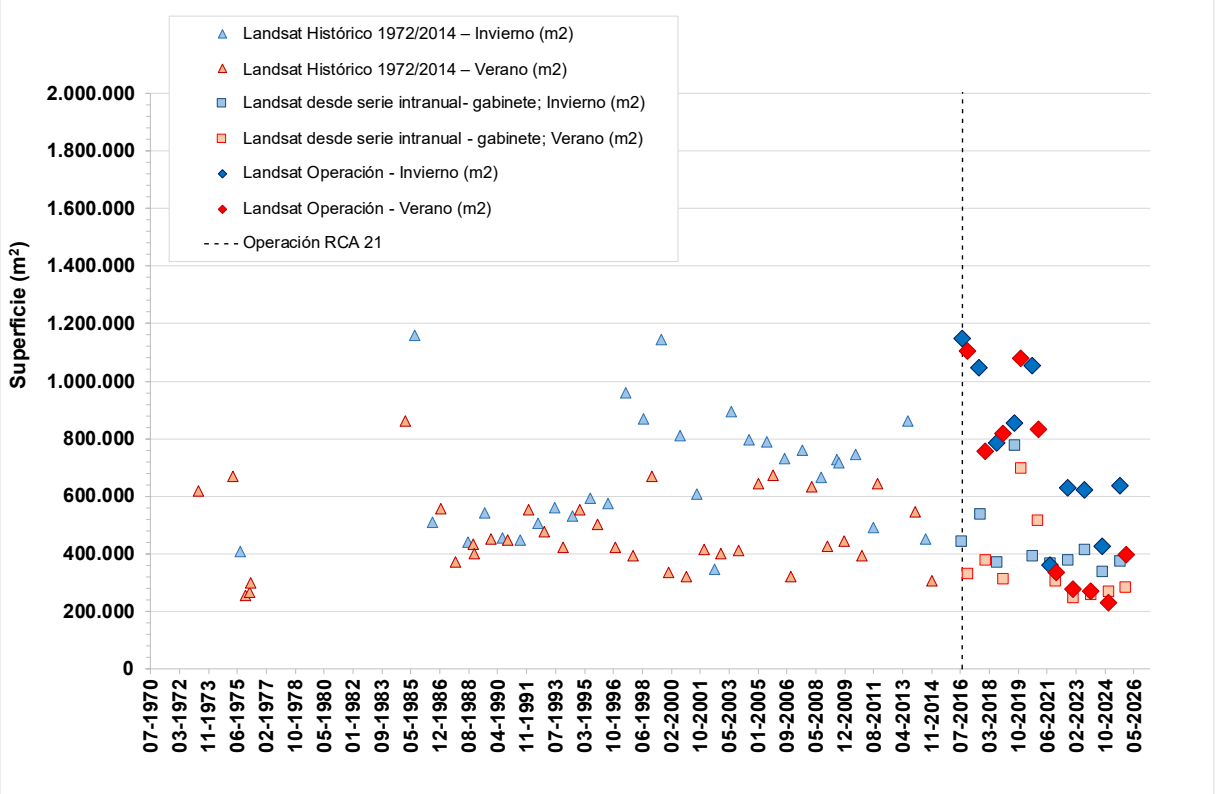
De acuerdo con los registros históricos presentados en la Figura **6-198** (serie *Landsat Histórico 1972/2014)* el sistema lagunar presentó una dinámica estacional al menos entre los años 1997 y 2014, con incrementos de la superficie durante el invierno y una reducción de esta en verano,

con valor mínimo para esta estación en el año 2014. Al respecto, cabe señalar que, si se consideran los valores medidos en la serie **"*Landsat intranual 2016/2025***", la superficie de verano de la mayoría de los años del período 2016-2025 ha sido similar a la de los años previos hasta el año 2021, para luego mostrarse bajo esta superficie. En el caso de los registros de invierno, también se observa que desde 2010 se ha producido una reducción de la superficie de invierno, alcanzando sus valores mínimos en los últimos años. La serie "*Landsat Operación"* entrega superficies de mayor magnitud, atribuibles al método de mayor detalle y con validación de terreno, por lo que los valores no son directamente comparables con "*Landsat 2016/2025*" (sin validación en terreno). Sin embargo, se observa que se encontraría dentro de los registros máximos y mínimos de la serie históricas 1972 – 2014 y muestran para los últimos años una reducción de la superficie de verano e invierno, que coincide con años sin precipitaciones de gran magnitud.

Dado que el sistema Peine se compone de 3 lagunas, y que estas no necesariamente presentan una misma dinámica, la superficie determinada no necesariamente da cuenta de la dinámica de cada una. Este sistema lagunar se alimenta de agua subterránea que aflora aguas arriba de la Laguna Salada, que escurre de forma canalizada hacia la misma, además de hacia la laguna Saladita y la Laguna Interna (y el sector de Avance Interna). Así, los incrementos y cambios verificados durante el período de invierno (o luego de eventos de precipitación de alta intensidad), se explican principalmente por la variación de la superficie de la zona terminal del sistema lagunar, es decir, laguna Interna y sus desbordes.

En resumen, las superficies lagunares de alta y mediana resolución coinciden en dar cuenta de un posible cambio en la dinámica de la superficie lagunar, que variaría de una condición estacional, dominada por la evaporación, a una que responde a eventos puntuales de precipitación con incrementos abruptos luego de las mismas, y una tendencia posterior al descenso. Este cambio se habría producido alrededor de 2012, y coincide con una disminución de la superficie lagunar, principalmente en ausencia de lluvias. Desde el año 2019 a la fecha las superficies lagunares AR desciende tanto en invierno como en verano (Ver Anexo C).

Figura 6-198 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Peine.



Fuente: ALB – CEDREM 2023 (ver Anexo C)

En relación con la **calidad química**, en el sector Peine, se observa que las aguas subterráneas presentan un aumento en la conductividad eléctrica en dirección hacia el Núcleo del Salar. Así, las aguas menos mineralizadas se encuentran en la estación Antereprepresa Tilomonte y en los piezómetros MP-07A y MP-08A, que están habilitados en aguas subterráneas someras, dulce – salobres y situados al sureste de las lagunas, donde tienen mayor influencia de las aguas de recarga del acuífero aluvial del Borde Este. Por otro lado, las aguas con mayor conductividad eléctrica se registran en los piezómetros profundos MPS-CB y MPS-AB, que presentan valores superiores a 200.000 µS/cm debido a su naturaleza salina, dado que miden salmuera.

Respecto a la **posición de la Interfase Salina**, destaca que, en general, la profundidad de medición de la Interfase Salina en los piezómetros del sector de Peine monitoreados durante 2025 no ha sufrido cambios en relación con los registros históricos de cada punto, con excepción de los puntos MPS-AC y MPS-CC en los que se observa una leve tendencia al descenso, lo que se ha descrito en el Informe de la Cuarta Actualización del Modelo y en el Informe de Investigación N°5.

6.2.3 Sector Norte y Borde Este

6.2.3.1 Sistema Aguas de Quelana

La Zona Marginal Este recibe sus aguas desde las subcuencas laterales del borde este del Salar. Debido a la presencia de la salmuera del Núcleo y la interfase salina que se forma debajo del acuífero ubicado en la Zona Margina, las aguas subterráneas ven disminuida su sección de paso por lo que ascienden y emergen en superficie formando los cuerpos lagunares dispersos y quedando expuestas a la evaporación desde el terreno y en lámina libre los que varían en magnitud según la estación.

De esta manera, las lagunas de este sistema corresponden a una expresión del sistema subterráneo en superficie. Dada su ubicación, y de acuerdo con su composición química e isotópica, su descarga corresponde a las aguas subterráneas de la Zona Salobre, pero también a una mezcla de salmuera con agua de la zona Intermedia, que representa la expresión superficial de la Zona de Mezcla. En el sistema Aguas de Quelana no se observan desbordes superficiales permanentes hacia el Núcleo, por lo que la principal salida del sistema sería la evaporación. Cabe destacar que este sistema se compone de numerosos cuerpos de agua de baja extensión, característica que dificulta la delimitación precisa y tiende a reducir la exactitud de los registros obtenidos mediante el uso de imágenes satelitales.

En este sector, **las aguas subterráneas** del acuífero dulce-salobre se monitorean en el multipiezómetro MP-12, series A y C, situado a unos 15 km al sur del sistema lagunar Aguas de Quelana, en el acuífero aluvial del Borde Este.

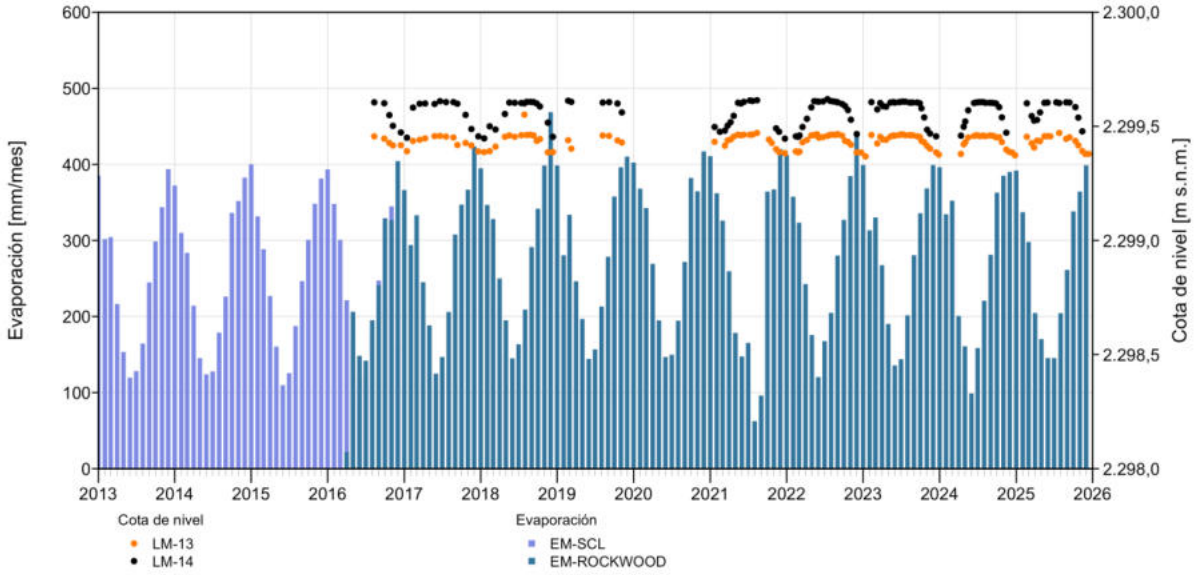
El registro histórico de los piezómetros MP-12A y MP-12C, muestran una tendencia de aumento de niveles hasta la mitad del 2020 y luego una tendencia al descenso hasta el año 2023, durante el año 2024 no se cuenta con suficientes datos para analizar. A comienzos de 2025 se observan niveles de agua más bajos que 2023, y una recuperación del nivel en el último trimestre del año 2025. No se observa respuesta de los niveles en este sector a las precipitaciones registradas en los pluviómetros PLLS-03 y PLLS-04, como se observa en la Figura 6-62.

En la Figura 6-199, se observa que los registros de **nivel limnimétrico** desde el año 2016 hasta 2025 muestran un comportamiento estacional sincrónico, aunque con mayor amplitud en el punto LM-14 en relación con LM-13. Cabe señalar que no se pudo realizar el monitoreo de los limnímetros del sistema lagunar Aguas de Quelana durante el año 2020, debido a las restricciones de acceso a los sitios SNASPE asociado a la Pandemia del COVID-19.

El comportamiento de oscilación estacional de los niveles en las lagunas muestra una relación inversa con la evaporación, tal como se puede observar en la Figura 6-199 donde, por ejemplo, los niveles limnimétricos más altos coinciden con los valores mínimos de evaporación

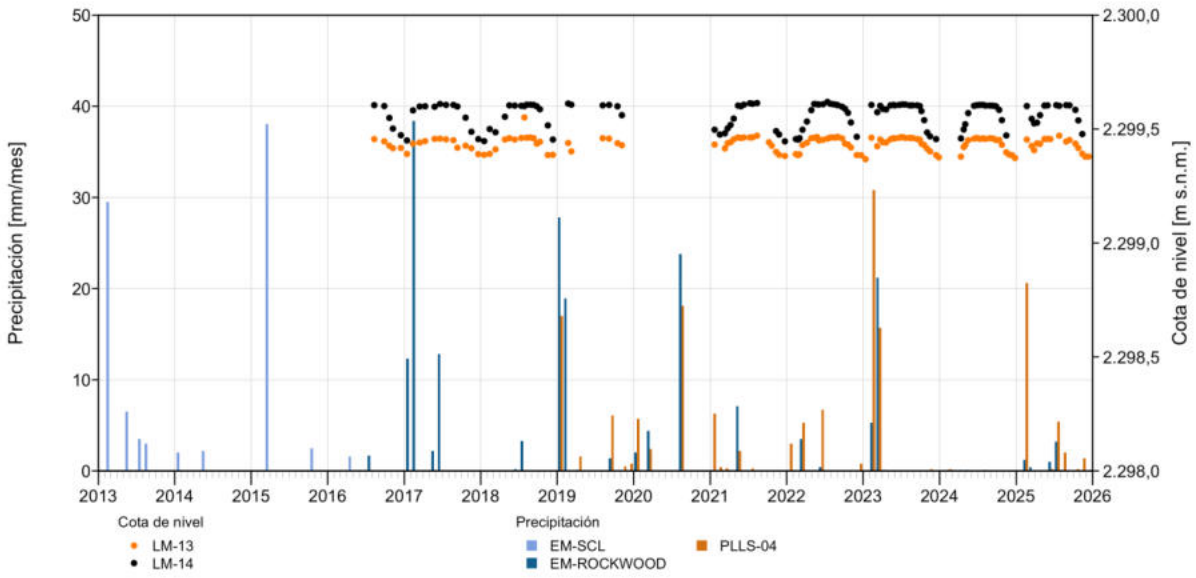
(invierno). En la Figura 6-200 se observa que los puntos presentan una respuesta a los eventos de precipitación.

Figura 6-199 Evolución de niveles de aguas superficiales versus evaporación. Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-200 Evolución de niveles de pozos de aguas someras, salobres, al Sur del Sistema Aguas de Quelana versus precipitación



Fuente: Elaboración propia

Se hace la observación de que en la Zona Marginal entorno al sistema lagunar de Aguas de Quelana no se cuenta con registro de niveles freáticos de salmuera en pozos, ya que Albemarle no tiene comprometidos de puntos de monitoreo de salmuera en esta área.

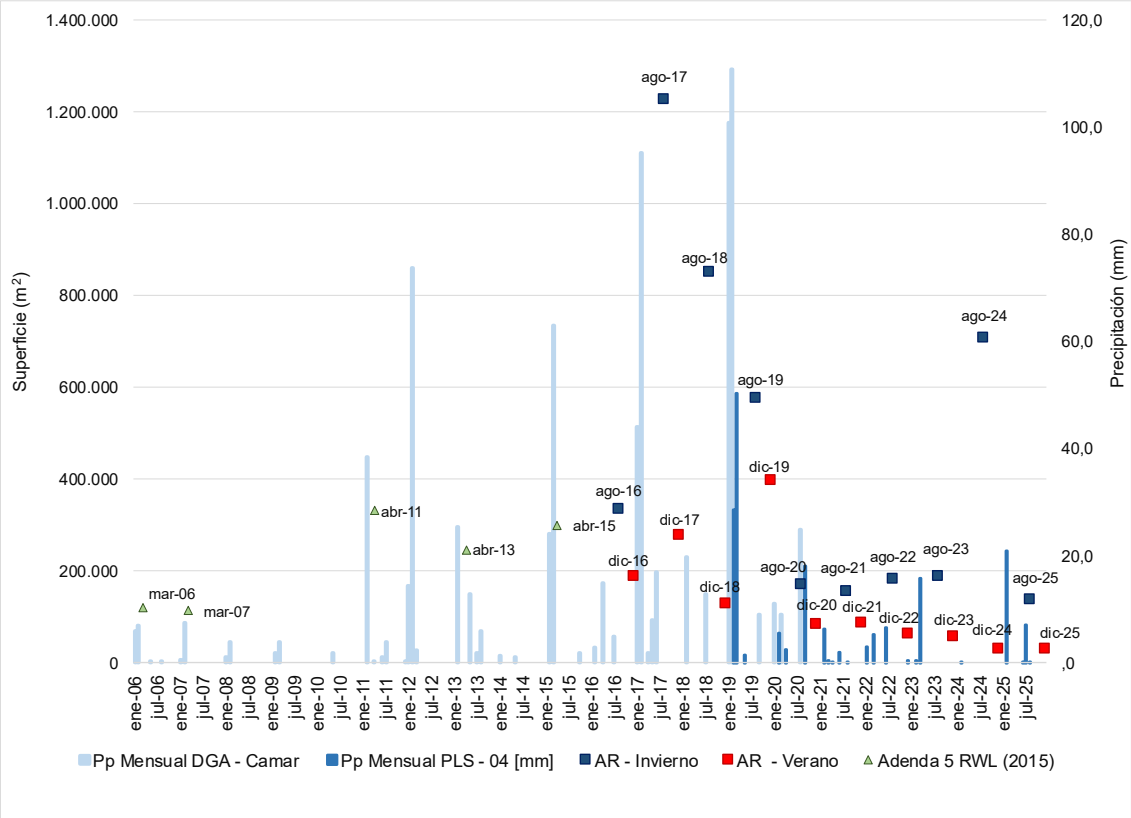
En cuanto a la **superficie cubierta por lagunas,** en la Figura 6-201 se presentan los 5 registros históricos disponibles durante la Adenda 5 de alta resolución (serie de 2007 a 2014) junto a las mediciones periódicas de seguimiento en alta resolución (serie de 2016 a 2025) realizadas en el marco del PSAH (invierno – verano) (detalle en subsección 6.1.3.3).

Es importante destacar que en este sistema se observa la mayor variabilidad entre las superficies de invierno y verano, siendo en verano donde se producen las mayores disminuciones, pudiendo reducirse por ejemplo en un 77%, para las imágenes AR, en 2025.

En la Figura 6-201 se puede observar una cierta variabilidad estacional, con fluctuaciones entre invierno y verano de diferente magnitud, y un incremento de la superficie para eventos de alta intensidad de precipitación. Las superficies de verano, entre los años 2020 a 2025 se encuentran bajo el mínimo de las imágenes de alta resolución disponibles de la Adenda 5, (11,3 ha en marzo 2007), mientras que las superficies de invierno (años 2020 a 2025) se encuentran por sobre este valor, con un aumento importante de hasta 70,9 ha en invierno 2024, seguido de un descenso a 13,8 ha en el invierno de 2025.

Como se menciona en la sección 6.1.3 se hace relevante analizar los registros Landsat (años 1973 a 2014) obtenido desde un mayor número de imágenes satelitales de mediana resolución (68 imágenes entre los 4 sistemas, Figura 6-202).

Figura 6-201 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema Aguas de Quelana (imágenes alta resolución)

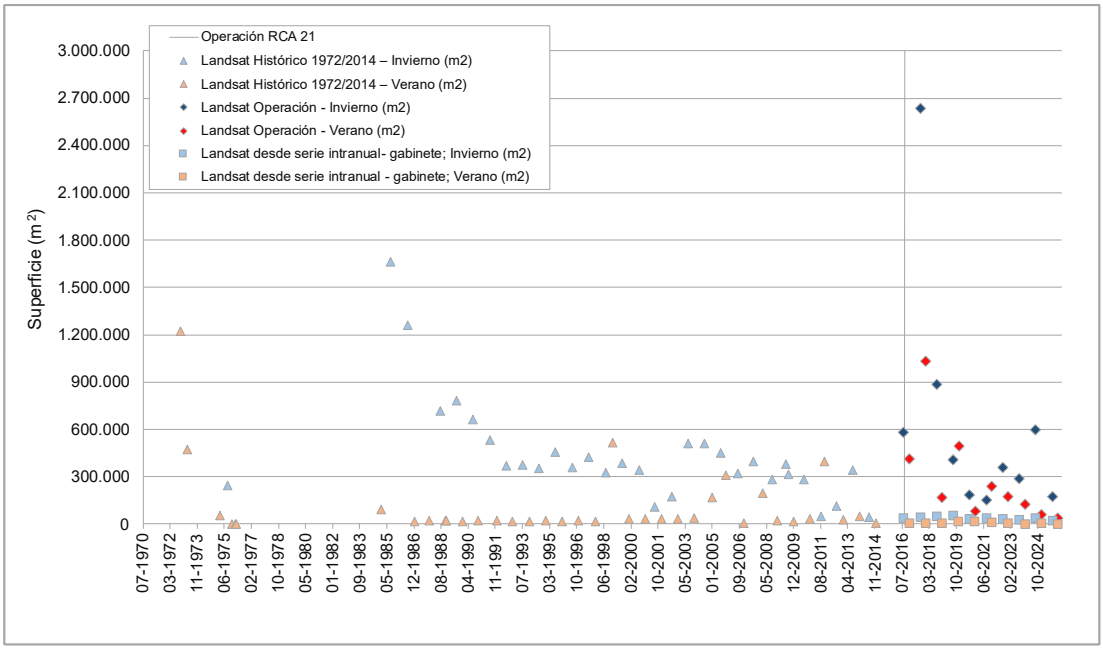


Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-202 presenta los registros de mediana resolución a partir de imágenes Landsat. de la serie Landsat Histórico 1972/2014, proveniente de la Adenda 5, junto a la serie “Landsat 2016/2025”, que corresponde a los valores semestrales de invierno y verano para dicho periodo. El detalle de estas series se encuentra en Anexo C de este Informe.

De la serie Landsat Histórico 1972/2014 (Figura 6-202) es posible observar que las superficies de invierno presentaron una fuerte tendencia a la baja en los años previos a 1992 y que desde entonces hasta aproximadamente el año 2013, se presentaba con una variabilidad estacional estable. Los valores más bajos de las estaciones de invierno se han concentrado desde julio de 2014 a la fecha. En la serie “Landsat 2016/2025” entre los años 2016 a 2019 se observan mayores superficies que los años 2020 a 2025, registrándose en verano de 2025 la menor superficie de la serie (4,3 ha), pero manteniéndose por sobre el mínimo histórico de mediana resolución (0,2 ha).

Figura 6-202 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Aguas de Quelana



Fuente: ALB – CEDREM 2023 (ver Anexo C)

En cuanto a la **calidad química** del Sistema Aguas de Quelana, se evidencia una conductividad eléctrica similar a la observada en 2024, con valores en el punto LM-13 indicativos de aguas de salmuera (por sobre los 200.000 µS/cm), mientras que LM-14 presenta valores más dispersos y bajos, con mínimos cercanos a los 50.000 µS/cm y máximos cercanos a los 180.000 µS/cm, indicativo de aguas intermedias.

Los perfiles de conductividad eléctrica efectuados en el sector (piezómetro MP-12C), indica que la **Interfase Salina**, no ha presentado cambios en la ubicación en relación con los registros históricos. Durante el año 2025, no obstante, ha habido vacío de datos por la restricción de acceso.

6.2.3.2 Sistema Lagunar Soncor

Este sector abarca el área de la Zona Marginal, alrededor del sistema lagunar Soncor y el área frente a las lagunas del Borde Este. Del modelo conceptual se tiene que el sistema Soncor se compone de las lagunas de Chaxa, Barros Negros y Puilar. Estas lagunas son alimentadas por agua subterránea que ingresa al sistema proveniente de los acuíferos situados al norte y este, que afloran en superficie en ciertos puntos, expresándose como pequeñas surgencias que escurren pocos metros y desaparecen, formando lagunas como el caso de la laguna Puilar, o generando cauces superficiales como el Canal de Burro Muerto que alimentan el sistema de Chaxa y Barros Negros

Efectivamente, en la zona donde la interfase salina intercepta con el terreno se producen afloramientos de aguas que confluyen hacia el canal de Burro Muerto, generando un flujo superficial permanente que desemboca a la laguna Chaxa. A medida que el agua fluye hacia el sur, esta está sujeta a procesos de evaporación. Luego desde la laguna Chaxa, se genera otro escurrimiento superficial, permanente, que conecta la laguna Chaxa con Barros Negros.

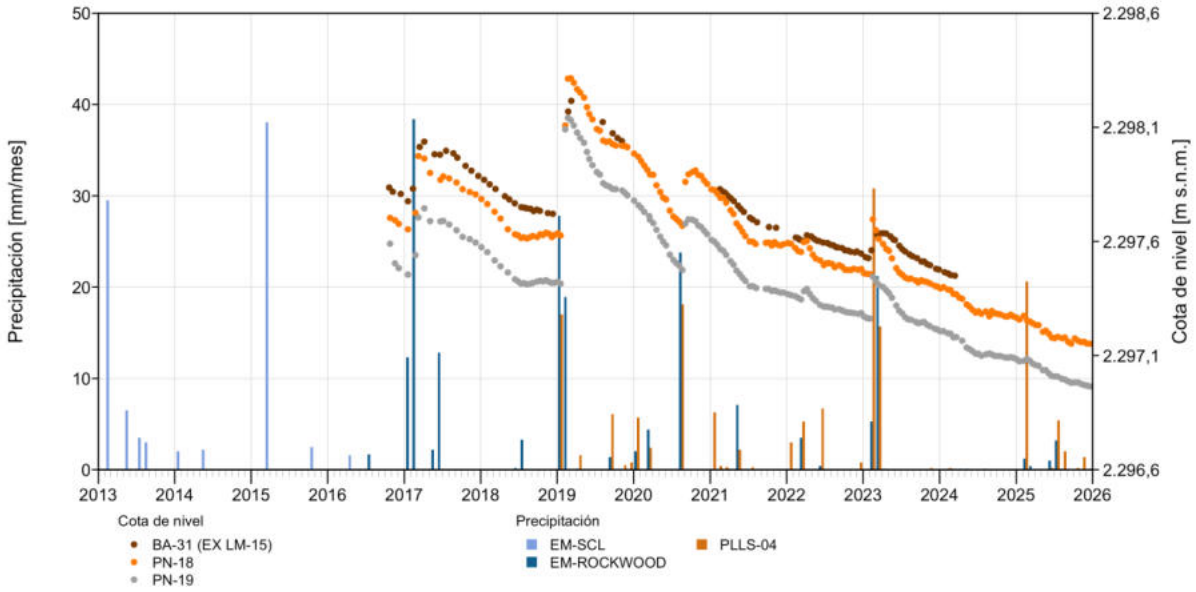
Hasta noviembre de 2012, este sistema lagunar tenía su salida por la zona de desbordamiento "Cola de Pez", ubicada al sureste de esta laguna, donde parte de los flujos que pasaban hacia el Núcleo infiltraban (SQM, 2022). Esta infiltración generalmente tenía un carácter estacional, siendo mayor en invierno y mucho menor en verano. Esto demostraría que el sistema movía más agua en invierno, momento en que los caudales de entrada al sistema debían ser mayores producto de los niveles subterráneos más altos que alimentan el sistema. En cambio, en verano, cuando los niveles subterráneos someros son menores, producto de la evaporación, generan surgencias menores y por lo tanto entradas menores al sistema superficial. De la misma manera, las salidas por desbordes también eran estacionales.

No obstante, esta dinámica mostró variaciones espaciales durante la última década. A partir de diciembre del año 2012 se observó un cambio en la dinámica de los desbordes del sistema lagunar, cuando estos empezaron a desarrollarse preferentemente hacia el sur de la laguna Barros Negros (Desborde Sur). En la cuarta actualización del modelo (Albemarle-Gestionare, 2025a y Albemarle-Gestionare, 2025b) indica que este cambio en la dinámica fue tan abrupto, toda vez que *"(…) las imágenes satelitales de Google Earth, demuestran que desde 2010 ya se generaban desbordes desde ambos sectores y que solamente desde 2018, estos empiezan a tener un carácter más relevante en el área de Desborde Sur*"

El **nivel de agua subterránea** de la Zona Marginal se monitorea mediante el piezómetro somero BA-31. Durante el año 2020 no se pudo realizar el monitoreo de este punto debido a las restricciones de acceso derivadas de la Pandemia de COVID-19. No obstante, se observa en el registro histórico una tendencia al descenso originada por la extracción de salmuera en el Núcleo del Salar, interrumpida por las alzas de nivel asociadas a eventos de precipitación los años 2017 y 2019, y en menor medida 2020 y 2023. El evento de precipitación de marzo 2023 genera un ascenso en los niveles, sin embargo, la tendencia se recupera y nuevamente descienden a niveles más bajos que a fines de 2023. La información levantada durante el año 2023 indica, una continuación del descenso observado durante el año 2019 (Figura 6-203), durante 2024 y 2025 el punto se encuentra principalmente seco.

En las cercanías del sistema lagunar Soncor, en el Núcleo de Salar, los piezómetros PN-18 y PN-19 muestran el mismo comportamiento descrito para el piezómetro somero BA-31, registrando un efecto más marcado de la extracción de salmuera respecto al barreno.

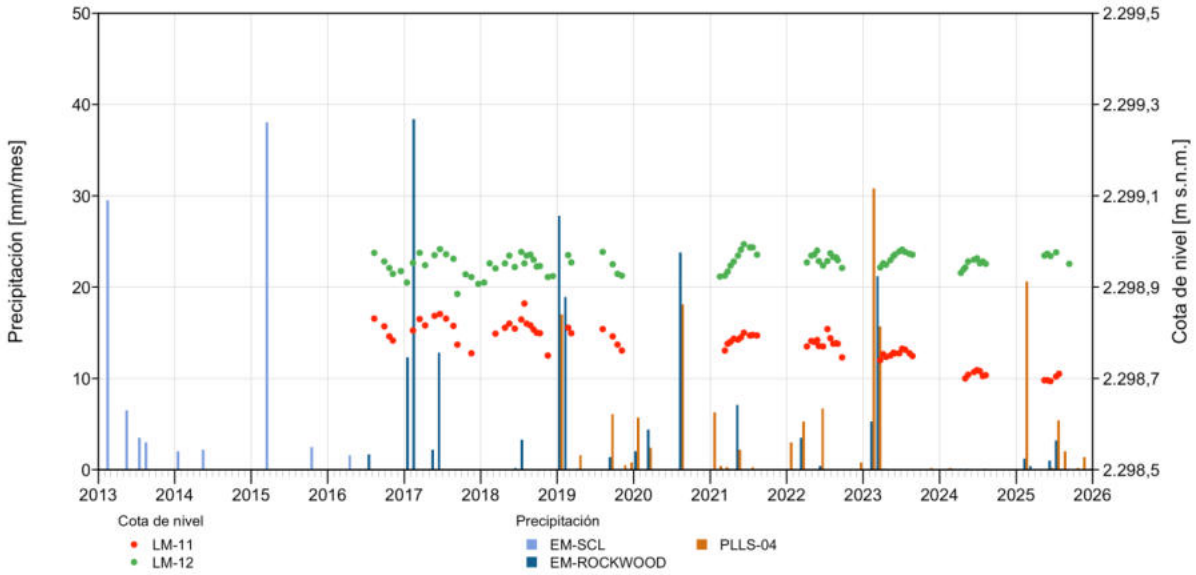
Figura 6-203 Evolución de nivel en piezómetros de salmuera próximos al Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia

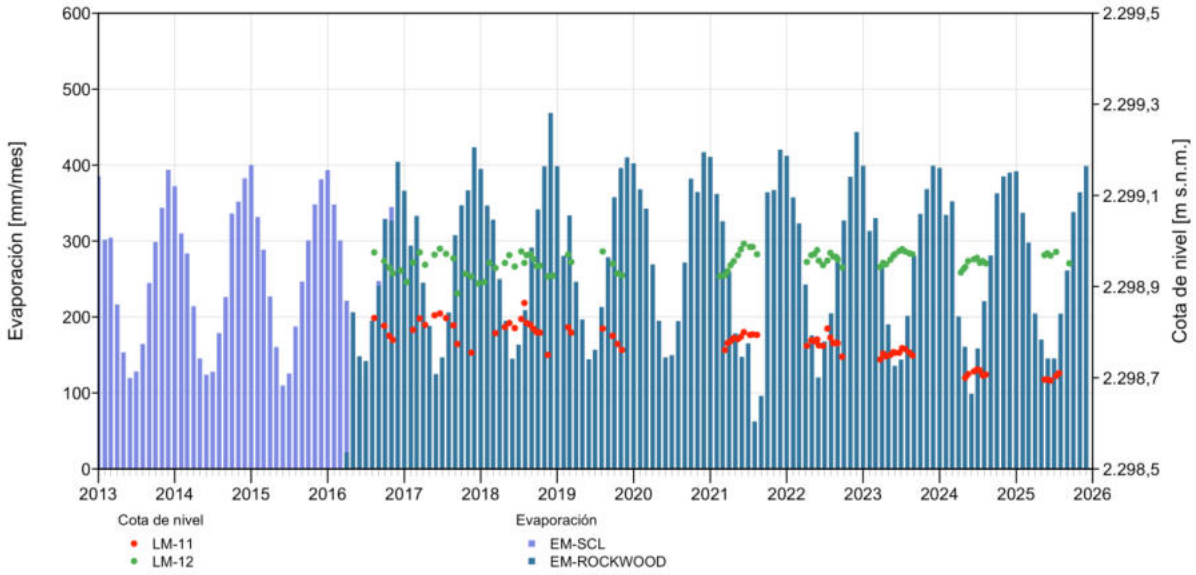
Los niveles freáticos cercanos al Sistema Lagunar Soncor, muestran un comportamiento estacional, con máximos en invierno y mínimos en verano, mostrando ascensos de nivel como respuesta a las precipitaciones (Figura 6-204) y una relación inversa con la evaporación (Figura 6-205).

Figura 6-204 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor respecto a las precipitaciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-205 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor respecto a la evaporación

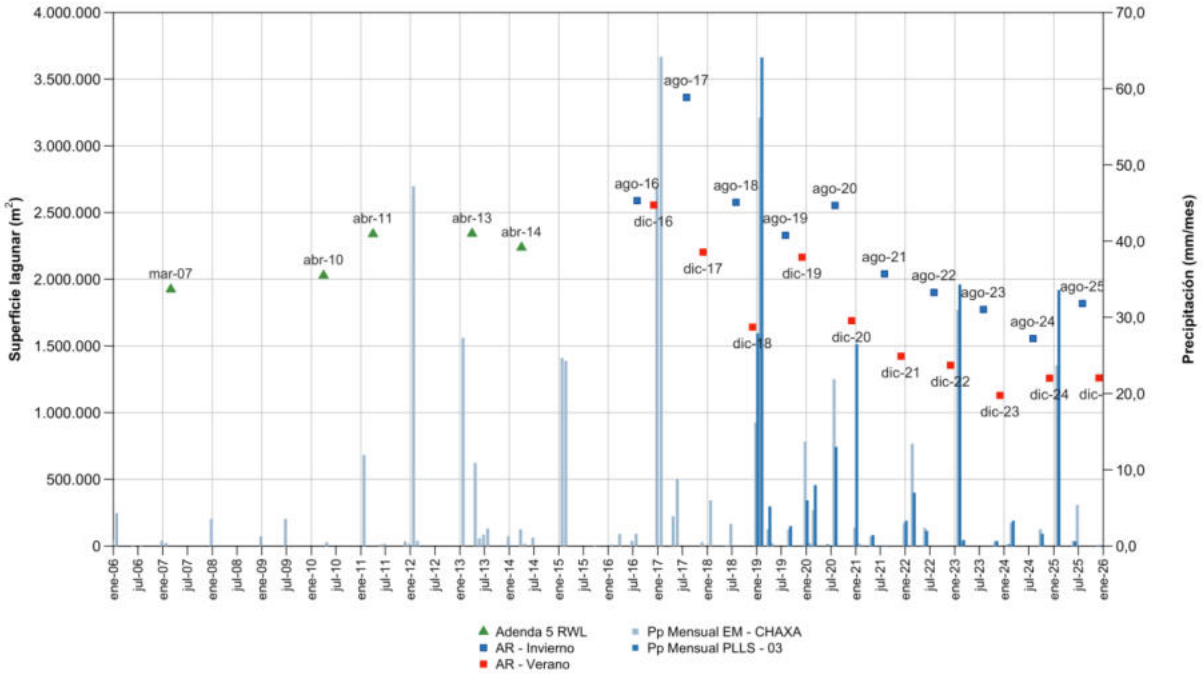


Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la **superficie cubierta por lagunas** en el sistema Soncor, la Figura 6-206 presenta de forma gráfica los 5 registros históricos disponibles de la Adenda 5 de la cobertura de cuerpos de agua de imágenes de alta resolución presentados en la Adenda 5 (serie 2006 a 2014), junto con las coberturas provenientes de las imágenes semestrales (invierno y verano) de alta resolución del período 2016 – 2025, evaluadas en el contexto del PSAH.

En la Figura 6-206, a partir de la serie 2016 a 2025, se observa la variabilidad estacional, con superficies mayores en invierno y menores en verano. La comparación entre las mediciones de verano del PSAH, con los registros históricos de la Adenda 5 muestran que, desde diciembre del año 2020 a diciembre 2025, las superficies han sido inferiores a los menores valores referencia histórica disponible de la Adenda 5 (192,4 ha, marzo 2007). Se observa, además, desde 2016 a 2024 una tendencia a la baja de la extensión de la superficie lagunar (tanto en invierno como en verano), llegando en diciembre de 2023 al valor mínimo de todo el registro de alta resolución (112,9 ha), tendencia a la baja que se revierte parcialmente en el invierno de 2025 con una recuperación de la superficie, aunque en el verano de 2025 se mantiene estable respecto al año anterior y dentro de los valores mínimos.

Figura 6-206 Variación semestral de la superficie lagunar del sistema Soncor (imágenes alta resolución)



Fuente: Elaboración propia

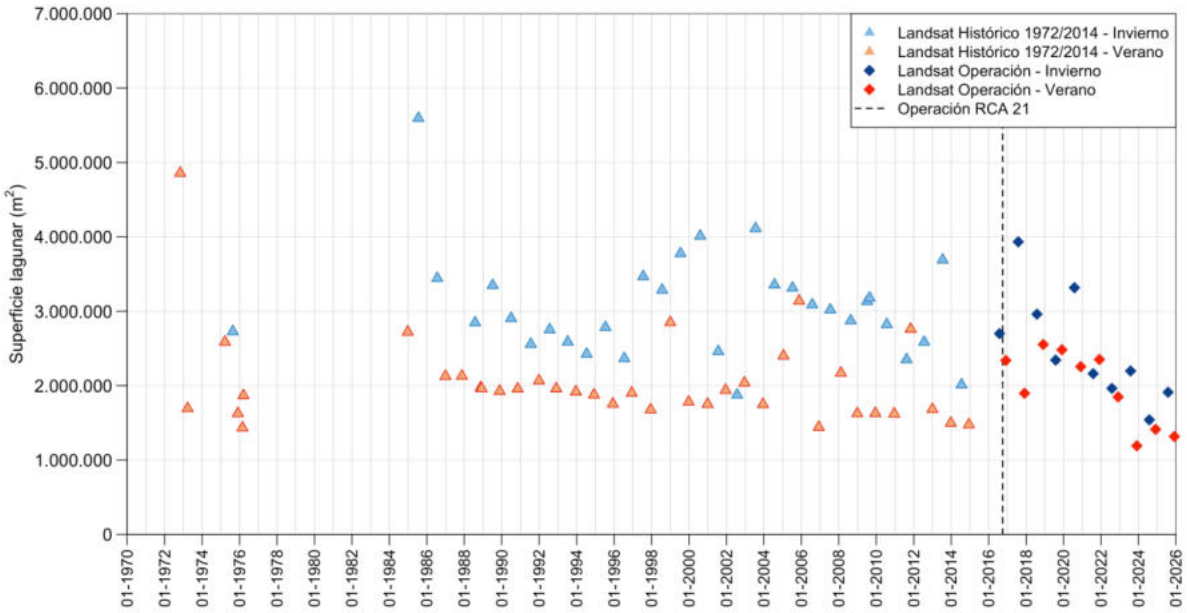
Luego, en el sistema Soncor, al igual que para los demás sistemas lagunares, con el objetivo de entender las tendencias históricas y variabilidad del sistema lagunar, se presentan en la Figura 6-207 los registros históricos de media resolución de la serie "Landsat Histórico 1972/2014" (*provenientes del Anexo 1 de la Adenda 5*), junto con la serie "Landsat 2016/2025", que corresponde a los valores de superficie semestral (verano e invierno). Todo el detalle de estas series se encuentra en Anexo C de este Informe.

De la serie *"Landsat Histórico 1972/2014"* (Figura 6-207)**,** es posible observar que la máxima extensión de las lagunas se produce principalmente durante los meses de invierno, siendo los años con menor superficie de invierno los años 2002 y 2014. Al considerar esta serie de manera conjunta con la serie *"Landsat 2016/2025"***,** se observa que la superficie lagunar de invierno se ha reducido de manera paulatina desde el año 2005, hasta 2024, pero en el invierno de 2025 se registra un incremento que interrumpe esta caída. En relación con las mismas dos series, pero de la condición de verano, se puede observar en general una tendencia histórica al descenso que comenzó en el verano del año 1987 aproximadamente y que se mantiene en la misma línea de tendencia a diciembre 2025. Cabe destacar que estos registros coinciden con años sin precipitaciones de gran magnitud (Ver Figura 6-206).

Al considerar tanto las series de invierno y verano de las series *"Landsat Histórico 1972/2014"* y *"Landsat 2016/2025"*, es posible evidenciar la existencia de estacionalidad en la extensión

superficial del sistema lagunar en Soncor, representando los registros de verano cerca de un 60% de los valores de invierno (Anexo C).

Figura 6-207 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Soncor



Fuente: ALB – CEDREM 2023 (ver Anexo C)

Finalmente, del análisis presentado intranual e interanual se tiene que, si bien el aporte de precipitaciones es importante y condiciona la extensión superficial de las lagunas que componen el Sistema Soncor, el factor principal que da cuenta de su variabilidad temporal corresponde a los aportes de aguas subterráneas y al efecto de la evaporación sobre estas (efecto indirecto) y sobre las lagunas (efecto directo). Adicionalmente, se deben tener presente los cambios morfológicos de la zona de desborde, como factor a considerar en el análisis de la variación de mediano y largo plazo de la superficie lagunar, dado que antiguamente la laguna Barros Negros descargaba por un sector denominado “Cola de Pez”, mientras que actualmente lo hace por “Desborde Sur”, variación asociada a cambios en la dinámica de sedimentación del sistema lagunar, como consecuencia del efecto de eventos de alta intensidad de precipitación y escorrentía (SQM, 2020). Dichos cambios se produjeron principalmente entre 2007 y 2012. Al modificarse la morfología de la zona de desborde, se producen cambios en la superficie total del Sistema Soncor, que no estarían asociados necesariamente a un aumento o disminución del recurso hídrico disponible.

En relación con la **calidad química**, se observa un aumento de la conductividad eléctrica en el escurrimiento entre la Laguna Chaxa (LM-12) y Laguna Barros Negros (LM-11). Esto se debe, por una parte, a la concentración por evaporación de las aguas a medida que circulan

por el sistema lagunar en dirección al núcleo y, por otra parte, a la disolución de sales presentes en el Salar.

En cuanto al monitoreo de la **posición de interfase salina**, se hace la observación de que en el Sector de Soncor Albemarle no tiene el compromiso de monitorearla. El punto más cercano en el que se monitorea esta variable es el MP-12C, en el borde Este del Salar.

6.2.4 Sector Núcleo

El Sector Núcleo corresponde a la zona de descarga de la cuenca donde confluyen las aguas de recarga provenientes de las cuencas aportantes (norte, este, sureste y suroeste), junto con las aguas provenientes de los sistemas lagunares, que por escorrentía superficial e infiltración subsuperficial fluyen hasta la costra salina.

En la Figura 6-208 se muestra la evolución de las series temporales de niveles de algunos de los pozos de Núcleo, con respecto a las precipitaciones medidas en las estaciones meteorológicas SCL y Rockwood, con el fin de analizar el comportamiento general de los niveles del núcleo.

Para realizar esta descripción se utiliza, para el subsector Centro Norte del Núcleo el punto ES-04, para el subsector Este el punto S-1, para el subsector Oeste el piezómetro Sample-4A, y para la Zona de Producción los piezómetros CL-12 y CL-32, ubicados en el área de extracción A1.

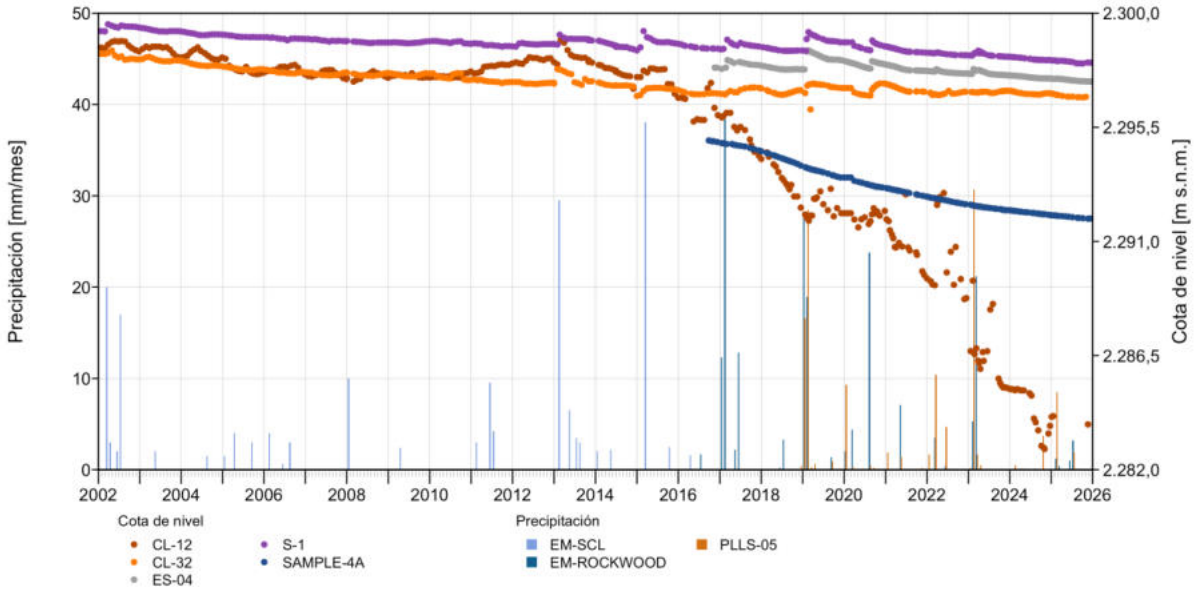
Se puede observar que los niveles en estos piezómetros reaccionan a los eventos de precipitaciones importantes, generándose un aumento brusco en el nivel y luego retomando una tendencia al descenso. Una excepción a este comportamiento es el punto Sample-4A, ubicado en el subsector Oeste del Núcleo y el punto CL-12 ubicado en la zona de producción.

En la Figura 6-208 se observa que los pozos S-1 (Núcleo Este) y ES-04 (Núcleo Centro-Norte) siguen la tendencia al descenso desde el segundo semestre del año 2021, hasta el año 2025. No así en el pozo CL-32 (zona de producción), en el que se observa una relativa estabilización los últimos 4 años.

En la misma Figura (Figura 6-208), en cambio, los piezómetros CL-12 (zona de producción) y Sample-4A (Núcleo Oeste) mantienen su tendencia de descenso hasta fines de 2025, mostrando el punto CL-12 y CL-11 un comportamiento diferente a todos los puntos graficados en la Zona de Producción (ver Figura 6-210) y en los otros subsectores (Figura 6-209).

En general, los descensos son más pronunciados en las zonas próximas a áreas de extracción de salmuera, ya sean de Albemarle o SQM (Pozo CL-12 o Sample-4A), y disminuyen conforme se alejan de la misma (ES-04).

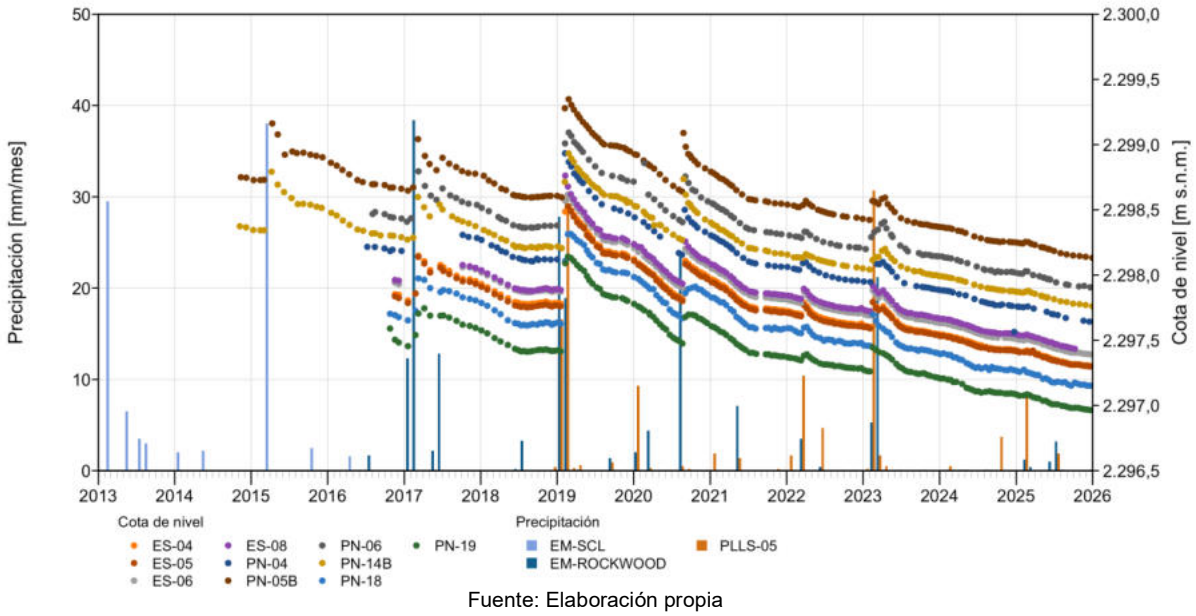
Figura 6-208 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

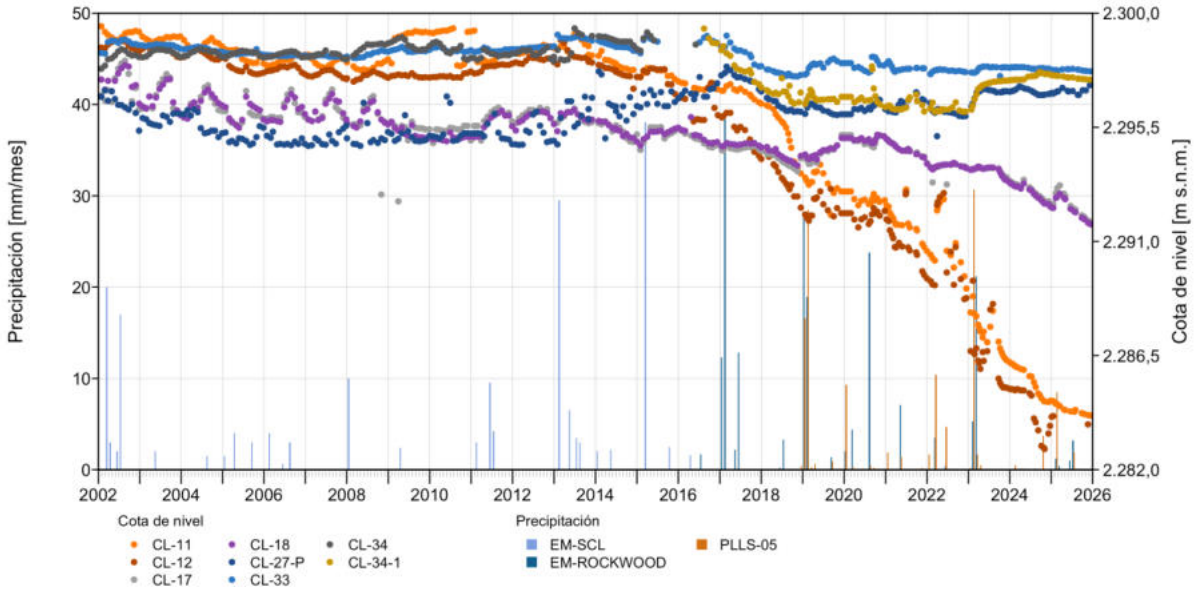
El rol de recarga directa de las precipitaciones se observa claramente en el sector norte y este del Núcleo (Figura 6-209), todos los pozos presentan un comportamiento similar y sincrónico, con aumentos de nivel asociados a eventos intensos de precipitaciones, con tendencia a la profundización. Por otra parte, los pozos de la zona de producción no son sensibles a los eventos de precipitaciones del Salar. No obstante, el factor principal que controla la evolución de los niveles en el núcleo es la influencia de extracción de salmuera (Figura 6-210).

Figura 6-209 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo Norte y Este



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-210 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo Zona de Producción



Fuente: Elaboración propia

6.3 Compromisos y Reportabilidad con la Autoridad durante 2025

El Informe del Plan de Seguimiento Ambiental (PSAH) da cumplimiento a lo establecido en: el Considerando Nº7 de la RCA Nº21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua); al Considerando Nº10.19 de la misma resolución, el que a su vez remite al Capítulo 3 del Anexo 3 de la Adenda 5; y a los compromisos vinculados a la componente hídrica de las otras dos RCA indicadas en la Tabla 2-1 de este informe.

En la evaluación ambiental del Proyecto quedó establecido, además de la entrega anual del Informe del PSAH, una serie de compromisos indicados en el Considerando Nº10 de condiciones o exigencias específicas de la RCA Nº21/2016. Relacionado con lo anterior, y con las variables del PSAH, se adjunta toda la información de respaldo de las entregas a la SMA durante el año 2025 (ver Anexo M) y a continuación se presenta un resumen de cada una de ellas.

6.3.1 Entrega periódica de información digital

La información comprometida se entrega con frecuencia trimestral, semestral y anual. En la Tabla 6-19 se presenta el listado de las cartas y reportes entregados durante el año 2025 (ver Anexo M):

Tabla 6-19 Listado entrega periódica de información digital

Categoría	Reporte	Código Carta	Fecha
Reportes Trimestrales PSAH	4° Trimestre 2024	ALB-GMA-2025-SMA-025	18-03-2025
	1° Trimestre 2025	ALB-GMA-2025-SMA-054	26-06-2025

Tabla 6-19 Listado entrega periódica de información digital

Categoría	Reporte	Código Carta	Fecha
	2° Trimestre 2025	ALB-GMA-2025-SMA-090	30-09-2025
	3° Trimestre 2025	ALB-GMA-2025-SMA-121	30-12-2025
Reportes Semestrales Lagunas	Verano 2024	ALB-GMA-2025-SMA-014	05-02-2025
	Invierno 2025	ALB-GMA-2025-SMA-095	07-10-2025
Informe Anual PSAH	Informe Anual N°9	ALB-GMA-2025-SMA-027	31-03-2025

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 En relación con la conexión en línea y reporte electrónico para el monitoreo del componente hídrico, la Res. Ex. SMA Nº 1.314 / 2020 se establece lo siguiente:

"Información histórica: todos los registros anteriores a la fecha a la que se dará inicio a la reportabilidad en línea exigida en esta Resolución deberán ser informados a esta Superintendencia como parte de la instalación del sistema de monitoreo. Para ello, cada título debería acompañar las respectivas bases de datos con la información histórica de caudales de extracción de salmuera, caudales de reinyección de salmuera, caudales de extracción de agua subterránea y niveles (agua subterránea y/o salmuera), según corresponda, siguiendo los formatos de la Res. Ex. SMA No 894 de fecha de junio de 2019 que "Dicta instrucciones para la elaboración y remisión de informes de seguimiento del componente ambiental agua", considerando los formatos más recientes publicados en la web de la SMA".

A la fecha de entrega de este informe, se transmiten en línea los caudales de extracción de salmuera y se reportan los niveles de los puntos del Plan de Alerta Temprana y de otros puntos de monitoreo de acuerdo con lo establecido en la resolución mencionada.

6.3.3 En relación con los Lisímetros, Considerando 10.5 y 10.6 de RCA Nº21/2016.

A la fecha de entrega de este informe, en febrero de 2025 se recibió por parte de la SMA, el ORD N°437, donde se remite el pronunciamiento técnico sobre modificación de seguimiento ambiental, e indica: *"la propuesta no alteraría el objeto fijado en la evaluación ambiental, ni tampoco constituiría una desviación del seguimiento ambiental establecido en la RCA del proyecto".* Además, recomienda determinar la porosidad efectiva que interviene en el cálculo de la evaporación a partir de los lisímetros de carga variable con la mayor certidumbre posible.

Finalmente, la SMA indica que: *"este oficio no constituye un pronunciamiento que autorice la modificación de las obligaciones de seguimiento ambiental establecidas en la RCA N°21/2016, sino que, únicamente, constituye un pronunciamiento técnico en cuanto a si la modificación propuesta permite o no cumplir con el objetivo fijado en la evaluación ambiental"*

De acuerdo con lo anterior, Albemarle se encuentra trabajando para abordar lo indicado por la autoridad.

6.3.4 En relación con Modelo Hidrogeológico, Considerando 10.7 de RCA Nº21/2016

Para 2025 se tienen 3 reportes, los cuales se muestra en la Tabla 6-20.

Tabla 6-20 Reportabilidad modelo hidrogeológico

Reporte	Código Carta	Fecha Entrega
4ta Actualización Modelo (SMA)	ALB-GMA-2025-SMA-026	31-03-2025
4ta Actualización Modelo (DGA)	ALB-GMA-2025-DGA-011	31-03-2025
4ta Actualización Modelo Conceptual	ALB-GMA-2025-SMA-114	15-12-2025
4ta Actualización Modelo Numérico	ALB-GMA-2025-SMA-115	19-12-2025

Fuente: Elaboración propia

6.3.5 En relación con la cota topográfica de referencia, considerando 10.10 de la RCA Nº21/2016.

El considerando 10.10 establece que *"Sobre el nivel de las lagunas, la cota topográfica de referencia deberá ser revisada y validada por la SMA cada 2 años"*

- Para 2025 correspondía revisar y validar las cotas topográficas relacionadas con el nivel de las lagunas, lo cual fue realizado e informado a SMA mediante carta ALB-GMA-2025-SMA-048 del 06 de junio de 2025.

6.3.6 En relación con las activaciones de los PAT

A continuación, se presentan las medidas de activación asociadas al PAT, que conllevan a entregas de informes, datos y reportabilidad.

6.3.6.1 Medidas activadas asociadas al PAT

Respecto a las activaciones del PAT ocurridas durante el 2025 y al cumplimiento de las medidas exigidas en el numeral 4.5.3.1 del Anexo 3 de la Adenda 5, se indica en primer lugar que Albemarle dio cumplimiento a todas las medidas y actividades comprometidas.

6.3.6.1.1 PAT Alerta Norte

Respecto a las medidas relacionadas con la activación del PAT Alerta Norte se comenta lo siguiente:

- Se siguen entregando en forma mensual los reportes de monitoreo tomados en el mes anterior, lo que se viene realizando desde el año 2021, esta información es reportada a la

SMA en su plataforma de reporte. El detalle de los informes entregados y sus respectivas cartas se muestra en la Tabla 6-21.

Tabla 6-21 Informes de monitoreo PAT Alerta Norte.

Carta	Fecha de emisión	Mes	Informe de monitoreo
ALB-GMA-2025-SMA-010	30 de enero	dic-24	N°48 (Fase I) y N°42 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-019	27 de febrero	ene-25	N°49 (Fase I) y N°43 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-028	31 de marzo	feb-25	N°50 (Fase I) y N°44 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-038	29 de abril	mar-25	N°51 (Fase I) y N°45 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-043	28 de mayo	abr-25	N°52 (Fase I) y N°46 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-056	30 de junio	may-25	N°53 (Fase I) y N°47 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-069	31 de julio	jun-25	N°54 (Fase I) y N°48 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-083	28 de agosto	jul-25	N°55 (Fase I) y N°49 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-091	30 de septiembre	ago-25	N°56 (Fase I) y N°50 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-098	29 de octubre	sept-25	N°57 (Fase I) y N°51 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-108	27 de noviembre	oct-25	N°58 (Fase I) y N°52 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-118	30 de diciembre	nov-25	N°59 (Fase I) y N°53 (Fase II)
ALB-GMA-2026-SMA-005	20 de enero	dic-25	N°60 (Fase I) y N°54 (Fase II)

Fuente: Elaboración propia

- En relación con la superación de umbrales, se entregaron las cartas que informan la superación de los umbrales del punto L4-12 de Fase I y Fase II, valores que fueron obtenidos desde la plataforma www.sqmenlinea.com. En ambos casos la Fase II ya se encontraba activada, por lo que no se tomaron medidas adicionales.

Tabla 6-22 Superación de umbral PAT Alerta Norte

Carta	Fecha de emisión	Punto	Fase
ALB-GMA-2025-SMA-104	06 de noviembre	L4-12	I
ALB-GMA-2025-SMA-112	11 de diciembre		II

Fuente: Elaboración propia

- Para el año 2025 se mantuvo activa la Fase II del PAT sector Alerta Norte durante los 12 meses del año operacional 2025, lo que se traduce en una reducción en la extracción de salmuera de 12,76 l/s. Esta reducción, sumada a los 60 l/s de reducción por la activación del PAT Alerta Núcleo, implican un límite de extracción para el año operacional 2025 (octubre 2024 – septiembre 2025) correspondería a 429,24 l/s (ver 6.1.9.1.1).

6.3.6.1.2 PAT Alerta Núcleo

Respecto a las medidas relacionadas con la activación del PAT Alerta Núcleo en Fases I y II, durante 2025 se ejecutó lo siguiente,

- Se siguen entregando en forma mensual los reportes de monitoreo tomados en el mes anterior, cuya información es reportada a la SMA en su plataforma de reporte. El detalle de los informes entregados y sus respectivas cartas se muestra en la Tabla 6-23.

Tabla 6-23 Informes de monitoreo PAT Alerta Núcleo

Carta	Fecha de emisión	Mes	Informe de monitoreo
ALB-GMA-2025-SMA-020	27 de febrero	ene-25	N°16 (Fase I) y N°06 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-029	31 de marzo	feb-25	N°17 (Fase I) y N°07 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-039	29 de abril	mar-25	N°18 (Fase I) y N°08 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-044	28 de mayo	abr-25	N°19 (Fase I) y N°09 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-057	30 de junio	may-25	N°20 (Fase I) y N°10 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-070	31 de julio	jun-25	N°21 (Fase I) y N°11 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-084	28 de agosto	jul-25	N°22 (Fase I) y N°12 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-092	30 de septiembre	ago-25	N°23 (Fase I) y N°13 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-099	29 de octubre	sept-25	N°24 (Fase I) y N°14 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-109	27 de noviembre	oct-25	N°25 (Fase I) y N°15 (Fase II)
ALB-GMA-2025-SMA-119	30 de diciembre	nov-25	N°26 (Fase I) y N°16 (Fase II)
ALB-GMA-2026-SMA-006	29 de enero	dic-25	N°27 (Fase I) y N°17 (Fase II)

Fuente: Elaboración propia

- En relación con la superación de umbrales, en la Tabla 6-24 se listan las cartas que informan dicha situación y los puntos y Fases asociadas. En ambos casos la Fase II ya se encontraba activada, por lo que no se tomaron medidas adicionales.

Tabla 6-24 Superación de umbral PAT Alerta Núcleo

Carta	Fecha de emisión	Punto	Fase
ALB-GMA-2025-SMA-061	04 de julio	PN-14B	I
ALB-GMA-2025-SMA-073	04 de agosto	PN-05B	II

Fuente: Elaboración propia

- Para el año 2025 se mantuvo activa la Fase II del PAT sector Alerta Núcleo durante los 12 meses del año operacional 2025, lo que se traduce en una reducción en la extracción de salmuera de 60 l/s. Por lo tanto, el caudal límite del año operacional corresponde a un promedio de 382 l/s y considerando la activación del PAT Norte quedaría en un total de 369,24 l/s (ver 6.1.9.1.1).

6.3.6.1.3 PAT Alerta Acuífero

Respecto a las medidas consideradas en el PAT de activación sector Alerta Acuífero Fase Única, durante el año 2025 se ejecutó lo siguiente:

- Se siguen entregando en forma mensual los reportes de monitoreo tomados en el mes anterior, cuya información es reportada a la SMA en su plataforma de reporte. El detalle de los informes entregados y sus respectivas cartas se muestra en la Tabla 6-25.

Tabla 6-25: Informes de monitoreo PAT Alerta Acuífero.

Carta	Fecha de emisión	Mes	Informe de monitoreo
ALB-GMA-2025-SMA-021	27 de febrero	ene-25	N°2
ALB-GMA-2025-SMA-030	31 de marzo	feb-25	N°3
ALB-GMA-2025-SMA-040	29 de abril	mar-25	N°4
ALB-GMA-2025-SMA-045	28 de mayo	abr-25	N°5
ALB-GMA-2025-SMA-058	30 de junio	may-25	N°6
ALB-GMA-2025-SMA-071	31 de julio	jun-25	N°7
ALB-GMA-2025-SMA-085	28 de agosto	jul-25	N°8
ALB-GMA-2025-SMA-093	30 de septiembre	ago-25	N°9
ALB-GMA-2025-SMA-100	29 de octubre	sept-25	N°10
ALB-GMA-2025-SMA-110	27 de noviembre	oct-25	N°11
ALB-GMA-2025-SMA-120	30 de diciembre	nov-25	N°12
ALB-GMA-2026-SMA-007	29 de enero	dic-25	N°13

Fuente: Elaboración propia

- En relación con la activación del PAT Acuífero, el punto BA-07 en el mes de julio no se pudo acceder a registrar la medida (verificador en acta terreno ‘20250731 PAT’, Anexo K; y reporte en carta ALB-GMA-2025-SMA-072, Anexo M) pero acorde a su estacionalidad era de esperarse que presentara un valor sobre este, cumpliendo así la segunda medida mensual continua sobre el umbral (la medida de junio y agosto estuvieron sobre el umbral respectivamente) Dado que no se pudo corroborar esto Albemarle continúa con su activación en este sector.
- En cuanto al límite de extracción de salmuera durante el año operacional 2025, esta medida estuvo vigente desde diciembre 2024 hasta septiembre 2025 (10 meses), donde se mantuvo un caudal límite mensual de bombeo de 382 l/s; y el de agua dulce-salobre a un límite de 10,9 l/s en forma mensual en puntos Tucúcaro + Tilopozo según lo indicado en el Anexo 3 de la Adenda 5, más detalles en sección 6.1.9.

6.3.6.2 Entrega informe Investigación de causas

- Con fecha de 06 de junio de 2025, Albemarle hace entrega a la autoridad del “Informe de Investigación de las causas del desvío de los pronósticos y activación del Plan de Alerta Temprana (PAT), en el sector de alerta Acuífero N° 5”, a través de la carta ALB-GMA-2025-SMA-049 (en Anexo M); y en el cual se valida lo levantado en el 25 Quinquies referente a la identificación de la posible relación del Barreno BA-07 y los pozos de salmuera; así como se ha observado que las zonas de inundación de los sistemas lagunares han ido

disminuyendo desde la década de los 90; además que los índices de humedad estaría dando señales de cambio en esta, particularmente en el tramo norte de las lagunas (entre el núcleo y estos cuerpos de agua) la humedad se ha ido reduciendo; lo que gatilla generar mayor investigación sobre estas relaciones y sus causas.

6.3.6.3 Entrega informe Efectividad de la medida

- Con fecha de 27 de junio de 2025 y se hace entrega del complemento del "Cuarto Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la Medida de Reducción de la Extracción de salmuera, en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Norte", mediante la carta ALB-GMA-2024-SMA-046 (en Anexo M), cumpliendo así con el compromiso establecido en el Anexo 3 de la Adenda 5 del Proyecto aprobado por la RCA N°21/2016. La principal conclusión del informe es que la efectividad de la medida a marzo de 2025 está siendo efectiva.
- Con fecha de 22 de julio de 2025, según lo informado en la carta ALB-GMA-2025-SMA-067 (Anexo M), se hace entrega del informe "Primer Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la Medida de Reducción de la Extracción de salmuera, en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Núcleo". La principal conclusión del informe es que la efectividad de la medida a abril de 2025 está siendo efectiva.
- Con fecha 22 de octubre de 2025 y acorde a lo indicado en el ORD N°17/2023 de la DGA se hace entrega del Informe: Complemento del Primer Informe de Efectividad de La Medida de reducción de la extracción de salmuera en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Núcleo", incluyendo 12 meses de medidas y su posterior análisis (3 meses); y cuyos resultados son consistentes a lo indicado anteriormente.

6.3.6.4 Entrega informe Verificación Efecto Sinérgico.

- Se hace entrega del "Informe de resultados de la herramienta de efecto sinérgico" (por la Fase II) a modo de analizar el impacto acumulativo de todas las variables asociadas a las actividades de Albemarle, el cual es entregado a la autoridad el día 22 enero de 2025, mediante carta ALB-GMA-2025-SMA-006; donde sus principales conclusiones indican que gran parte del Núcleo del Salar presenta contribuciones del orden del 70% por parte de SQM, y del 30% para Albemarle.

7 CONCLUSIONES

El presente informe da cuenta del cumplimiento del compromiso de monitoreo periódico que ejecuta Albemarle sobre la componente hídrica de la cuenca del Salar de Atacama en cuanto a sus variables físicas y químicas más importantes, las cuales reflejan y permiten analizar el comportamiento del sistema hídrico. Asimismo, este informe da cumplimiento a los considerandos vinculados a la componente hídrica Nº7, 10.18 y 10.19 de la RCA Nº21/2016, que calificó favorablemente el Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".

En relación con el objetivo del presente informe, se cumple con presentar los resultados de muestreo, medición, análisis y/o control de los parámetros, de forma gráfica y numérica y a partir de aquello analizar la evolución y comportamiento del sistema, observando la data histórica con énfasis en los datos del año 2025 (enero-diciembre). Lo anterior, considerando la Res. Ex. N°223/2015, la cual indica "*a) El análisis cualitativo, cuantitativo y la evolución de los parámetros en el tiempo, en relación con los límites considerados en la evaluación ambiental, los valores de la línea base y los resultados de los informes anteriores según corresponda*". Dado lo anterior, a continuación, se concluye respecto a ello, comenzando por las generales o aquellas variables transversales y luego por Sector.

En relación con la meteorología, se tiene que los registros de **precipitación** de las diferentes estaciones consideradas (EM-Rockwood, EM-Camar, EM-El Tatio, EM-Peine, EM-Rio Grande, EM-San Pedro de Atacama, EM-Socaire, EM-Talabre, EM-Toconao Experimental, EM-Chaxa, y EM-KCL) muestran un patrón consistente con el gradiente altitudinal típico de esta variable, observándose mayor frecuencia y magnitud de precipitación en las estaciones ubicadas en cotas más altas. Por ejemplo, en la estación EM-El Tatio, con la mayor altitud (4.329 m s.n.m.) se presentan precitaciones con un promedio anual de 142,2 mm/año (periodo 2000-2025), y en la estación EM-KCL ubicada en la menor altitud (2.300 m s.n.m.) la precipitación promedio anual es de sólo 10,1 mm/año (periodo 2000-2025). En general, existe una alta heterogeneidad en la distribución de las precipitaciones en la zona.

En la estación EM-Rockwood, los registros del año 2025 muestran una precipitación acumulada de 5,9 mm, cuya probabilidad de excedencia corresponde a un 52,0% considerando las mediciones anuales desde 2002. Se destaca que, aun cuando el 2025 corresponde a un año normal, las leves precipitaciones de la zona no generan recarga sustantiva en el sistema.

Respecto a las **temperaturas**, las máximas se registran principalmente en las estaciones de primavera y verano (octubre a marzo), y las temperaturas mínimas se registran en otoño e invierno (abril a septiembre). Los registros de presión atmosférica muestran variaciones estacionales, registrándose los valores máximos en la época invernal (aproximadamente entre

abril a septiembre) y los valores mínimos en la época estival (aproximadamente entre octubre a marzo).

La **evaporación** muestra variaciones estacionales en donde los mayores registros de evaporación se presentan en las estaciones cálidas de primavera-verano, mientras que los menores registros se encuentran en las estaciones frías de otoño-invierno, consistente con la variación estacional de evaporación, los resultados de las tasas de EVT muestran valores máximos en estaciones más cálidas y valores mínimos para las estaciones más frías.

Respecto a las **superficies lagunares**, y tal como se ha explicado en la sección 6.1.3, los análisis no pueden ser utilizados para definir un valor de superficie mínima histórica ya que no tienen representatividad estadística adecuada. No obstante, se mencionan las comparaciones de las superficies lagunares para el periodo histórico y mínimas de referencia que estuvieron disponibles para la Adenda 5 del proyecto para las imágenes de alta resolución (AR) y se complementa con comparaciones para las imágenes de mediana resolución (MR).

Al analizar las imágenes de media resolución (Landsat históricas) de las superficies cubiertas por lagunas en invierno, se evidencia un descenso histórico previo al inicio del proyecto en año 2016 (RCA21/2016). Al considerar las imágenes tanto de alta resolución (Pleiades) como de mediana resolución (Landsat) se observa una variabilidad entre los años 2016 hasta agosto 2020. Al observar la evolución de los 4 sistemas lagunares a través de las superficies Landsat, es posible concluir la dinámica estacional que poseen, con máximos en invierno y mínimas superficies en verano, mostrando los últimos 5 años dentro de un periodo de pseudo estabilización o equilibrio, excepto Aguas de Quelana que presenta un valor mínimo en diciembre 2025.

Sector La Punta – La Brava

Para el sector de La Punta - La Brava, las estimaciones de la superficie lagunar calculada a partir de imágenes alta resolución y mediana resolución en este sistema revela patrones cíclicos entre invierno y verano. En los registros de invierno entre 2016 e invierno de 2025, se observan variaciones, pero dentro de cierta estabilidad hasta el invierno 2020, seguido de una disminución en 2021. Se observa una ligera estabilización durante los cuatro inviernos siguientes (2021-2024), observándose un leve aumento en el invierno de 2025.

Para la condición de verano en el período 2016 a 2025 a partir de imágenes de Alta Resolución, se tiene que entre los veranos de 2016 y 2019, se observa cierta estabilidad, sin embargo, desde el verano de 2020 hasta 2025 se observan superficies menores, en comparación con los veranos de 2016 a 2019. El registro del verano 2025 se mantiene similar a lo que se viene observando desde el año 2020. En verano de 2019 (diciembre) se exhibe la máxima cobertura lagunar (Landsat y AR) registrada hasta la fecha que se puede atribuir al aumento de

precipitaciones en enero y febrero de 2019, expandiendo los límites naturales de lagunas y canales con el respectivo descenso posterior. Se observa estabilización en los últimos veranos entre 2020-2025.

Para todo el periodo desde 1972 a 2025, en las imágenes Landsat históricas (MR), se observa la variabilidad estacional regulada por la evaporación, y los efectos puntuales de la precipitación, con un rol secundario generando aumentos localizados, que se traduce tanto en una variabilidad estacional como interanual.

En relación con las mediciones del **nivel limnimétrico** de las lagunas, en general se observan variaciones estacionales con descensos de nivel en los meses de estaciones cálidas, recuperándose en los meses de estaciones frías. Históricamente, en el sector La Punta-La Brava, específicamente en la zona de vegas de Tilopozo (LM-16), muestra niveles relativamente estables durante todo el periodo del seguimiento (2016 a 2025). Por otra parte, los puntos de Laguna La Punta (LM-01 y LM-02), y Laguna La Brava (LM-03 y LM-04), muestran descensos generales, mayores en LM-01 y LM-02 y, menores LM-03 y LM-04 en todo el periodo de medición (2016-2025).

Respecto a los **niveles freáticos** en el sector La Punta-La Brava, en términos generales, se observa oscilación estacional, con mayores descensos y amplitudes en subsector Norte de las lagunas que en el subsector Sur de las lagunas. En el año 2025 los niveles freáticos tanto del subsector Norte, Centro y Sur mostraron “saltos” en respuesta a las precipitaciones registradas en PLLS-10 (13,6 mm). En relación con las precipitaciones históricas, el subsector Norte de las lagunas LP-LB se ha mostrado más sensible a los eventos de precipitación importantes, comparados con los puntos del subsector Sur.

Se observa desde 2022-2025 niveles más estables que años previos en los puntos ubicados en el subsector Sur de las lagunas. De los puntos de monitoreo del subsector Tucúcaro, se observa en el período analizado (2013-2025) variaciones en el tiempo y tendencia de mediano plazo estables, con excepción de los puntos MP-05B y MP-06B. Por una parte, el punto MP-05B muestra descensos desde mediados del año 2016 y, por otra parte, el punto MP-06B muestra un comportamiento irregular hasta mediados del 2017 y luego muestra un ascenso y posterior comportamiento estable hasta la fecha.

En el subsector de Las Vegas de Tilopozo, muestra una tendencia histórica general al descenso del orden de centímetros (en los puntos MP-04A, MP-04C, MP-09A, MP-09C y TIL-P03); estos descensos estarían relacionados con la influencia de los descensos provenientes desde el sur, producto del bombeo histórico del campo de pozos de agua industrial del sector Monturaqui y Negrillar en la parte media y cabecera de la cuenca. Por otra parte, el punto Tilopozo, si bien en su registro histórico también muestra descensos (centimétricos) de nivel en toda su data, desde el año 2019 al año 2024 se observa una tendencia al ascenso y el año

2025 se observan niveles más estables. Este punto presenta variabilidad en sus niveles dado que se miden niveles dinámicos, además, se aprecia cierta amplitud estacional. En este sector destaca el punto MP-04B, habilitado en Salmuera, que muestra ascenso abrupto desde finales del año 2019, para luego estabilizarse desde mediados del año 2024 hasta el año 2025.

La composición **química** del agua y salmuera se mantiene dentro de la variabilidad histórica. Las aguas superficiales (lagunas) son básicas, las aguas dulce – salobres son neutras a básicas y las salmueras son acidas. En cuanto a las conductividades eléctricas, las salmueras presentan los valores más altos, seguidas por las aguas lagunares, lo que se debe a los procesos de evaporación, y finalmente están las aguas salobres y de vertiente. De acuerdo con su clasificación, las aguas se mantienen siendo cloruradas-sódicas.

Por otro lado, la **interfase salina** se mantiene estable durante el año 2025, en línea con lo observado históricamente en los puntos de medición, exceptuando el punto MP-01C que ha presentado una leve profundización del nivel de salmuera, sin embargo, se muestra prácticamente estable desde 2022.

En relación con los **bombeos** de agua dulce-salobre, la extracción conjunta de los 2 puntos de extracción (Tilopozo y Tucúcaro) de agua dulce-salobre del sector durante el año calendario 2025 fue de 7,46 l/s, respetando el caudal máximo para extracción conjunta de 16,9 l/s y cumpliendo con la medida referente a la activación PAT del sector de Alerta Acuífero en la cual la extracción conjunta no debe superar los 10,9 l/s durante los meses en que estas medidas preventivas se encuentren activas.

Sector Peine

En el sector Peine, en relación con la **superficie lagunar** calculada mediante imágenes satelitales de alta resolución y media resolución, entre las principales variaciones de registros de invierno, se tiene que se observan mayores superficies de invierno en 2016 y 2017 respecto del 2018. En el invierno de 2019, se registra un aumento (AR y Landsat), el que se infiere fue debido a las precipitaciones de ese año. A partir de 2022, se observa entre rangos similares con variabilidad estacional hasta la fecha 2025.

En los veranos entre 2021 a 2025, se observa disminución de la superficie lagunar mayormente en las zonas de interconexión entre la laguna Interna y la laguna Salada y también en los canales de conexión entre Salada y Saladita. Además, el análisis de imágenes de alta resolución revela una reducción en las coberturas de cuerpos de agua en las áreas de laguna Interna y Saladita, desde el verano de 2021, debido a variaciones en la inundación. La superficie de verano completa del sector, al igual que para el sector de La Punta-La Brava, mostró una estabilización en los últimos veranos entre 2022-2025.

En relación con la evolución de lagunas en este sector, serie Landsat histórica (1985-2025), las superficies lagunares de media resolución dan cuenta de un cambio en la dinámica de la superficie lagunar, que variaría de una condición estacional, dominada por la evaporación, a una que responde a eventos puntuales de precipitación con incrementos abruptos luego de las mismas y una tendencia posterior al descenso. Este cambio se habría producido alrededor de 2012, y coincide con una disminución de la superficie lagunar, principalmente en ausencia de lluvias.

En el sector Peine, los **niveles limnimétricos** históricos de las lagunas Salada, Saladita e Interna muestran ascensos y descensos que reflejan las variaciones estacionales naturales del sistema. La ausencia de datos impide analizar la evolución completa, sobre todo en 2025 donde sólo hubo mediciones entre julio y agosto. Con las mediciones que se dispone, se puede indicar que mantienen los niveles dentro de los rangos de oscilación natural, mientras que el punto E4 en particular, muestra una recuperación respecto de la tendencia descendente observada en años anteriores.

Los **niveles freáticos** cuentan con datos limitados desde 2021 en los subsectores Laguna Interna, Laguna Salada Saladita e Inicio de Laguna Salada. En general, presentan variaciones estacionales relacionadas con la evaporación y aumentos bruscos asociados a eventos de precipitación para luego presentar descenso, esto es más acentuado en los puntos más cercanos al núcleo. En Laguna Salada y Saladita, la variación de niveles freáticos se presenta en general estable en el tiempo con descensos menores en algunos de los puntos, y aumentos de nivel al Inicio de Laguna Salada y al este de la misma. Hacia la zona de Laguna interna y su desborde, se presenta una tendencia general al descenso más cercanos al núcleo.

En general, los datos de **caudales superficiales** de las campañas de monitoreo del año 2025 muestran valores dentro del rango histórico, manteniéndose dentro de la variabilidad natural y estacional de cada punto de medición, con valores menores durante los meses de verano. En cuanto a la evolución histórica, se puede señalar que los caudales aforados, muestran un comportamiento variable entre los años 2014 y 2025, sin una tendencia al descenso, con valores máximos aforados durante el año 2023.

La composición **química** del agua y de la salmuera se mantiene dentro de la variabilidad histórica. Las aguas superficiales (lagunares) son básicas, las aguas dulce – salobres son neutras y las salmueras son ácidas. En cuanto a las conductividades eléctricas, las salmueras presentan los valores más altos, mientras que las aguas dulce – salobres y superficiales (exceptuando el punto LM-17, debido a su ubicación en el avance de la Laguna Interna) muestran rangos similares de conductividad eléctrica, siendo ligeramente más elevados los valores en las lagunas. De acuerdo con su clasificación, las aguas se mantienen en el tipo cloruradas sódicas.

Por otro lado, la **interfase salina** se mantiene en general estable durante el año 2025, con leves descensos históricos detectados en los pozos MPS-AC y MPS-CC.

En el pozo Peine se cuenta con autorización por derecho de aprovechamiento de agua para extraer un máximo de 5 l/s; durante al año calendario 2025 el **caudal** extraído del pozo Peine fue de 0,013 l/s, por lo que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Sector Norte y Borde Este

El Sector Norte y Borde Este, está constituido por el sistema lagunar de Soncor y el sistema lagunar Aguas de Quelana.

Al considerar las **superficies lagunares** estimadas desde imágenes de alta resolución (AR invierno y AR verano) en el sector Aguas de Quelana, para el año 2025 se observa una disminución en la cobertura de invierno en relación con el aumento registrado el año 2024, retornando a valores similares a los años anteriores entre 2019 a 2023. Mientras que en verano de 2024 es la menor superficie histórica para las imágenes de alta resolución, situación que se mantiene similar en verano de 2025.

Entre las principales diferencias entre registros de invierno y verano, se observa la disminución de los pequeños cuerpos de agua que se reparten en faja central del sector Aguas de Quelana, que muestran una reducción en su extensión y número, y que están asociadas principalmente con vegetación ribereña. Además, se evidencia una contracción de zonas de inundación que surgen de la interconexión de estos pequeños cuerpos al presentarse eventos de precipitación. La reducción en la extensión de estos humedales y áreas inundadas se ve acrecentada en los meses de verano desde diciembre de 2019, tendencia que se mantiene hasta el verano de 2025.

En relación con las superficies lagunares del sistema Soncor, los registros de las imágenes satelitales de AR se comportan según la estacionalidad esperada para todo el período, observando una reducción de la extensión de superficie de invierno y verano durante los últimos años (2016-2025). Las superficies de verano, desde diciembre del año 2021 hasta diciembre del año 2023 son menores en relación con el periodo previo. Luego, en 2024 se observa un leve aumento y en 2025 la superficie se estabiliza, pero manteniéndose dentro de los valores mínimos. En invierno se observa una variabilidad entre 2016-2020, luego la superficie descendió hasta alcanzar mínimos históricos en 2024, registrando una leve recuperación en 2025.

En relación con la evolución de las superficies, serie Landsat histórica 1972-2025, es posible observar que la máxima extensión de las lagunas se produce principalmente en invierno, y las menores extensiones se observan en verano. En el periodo de seguimiento, para la serie

Landsat, al igual que para las imágenes satelitales de AR, se observa una leve reducción y estabilización de la extensión de superficie de invierno y verano. El registro de imágenes Landsat, permite concluir que la estacionalidad está asociada a la evaporación, indicando que este es el principal factor de variabilidad de las superficies lagunares de Soncor. Por otro lado, se observa que las precipitaciones también pueden generar aumentos en las superficies, pero de forma local y de plazo inmediato.

En el sector Norte y Borde Este, particularmente en el Sistema Soncor, no se cuenta con todas las mediciones **limnimétricas** en 2025, principalmente por restricción de acceso. De todas maneras, con base en los registros disponibles, es posible identificar ciertos patrones de comportamiento. En el Sistema Soncor, el punto LM-11 presenta una tendencia al descenso, mientras que el punto LM-12, ubicado más al norte del sistema, muestra un comportamiento relativamente estable en el tiempo. Por su parte, en el Borde Este, dentro del sistema Aguas de Quelana, los limnímetros LM-13 y LM-14 presentan una marcada variación estacional, aunque con un comportamiento interanual estable.

El Sistema Soncor (BA-31) no cuenta con todas las mediciones de **niveles freáticos** en el año 2025, principalmente por encontrarse seco el punto de medición. Por su parte, el sistema Soncor responde a las precipitaciones (similar a lo observado en los puntos de la zona Laguna Interna del sector Peine) y muestra una tendencia histórica del nivel al descenso (BA-31), más marcado en comparación con los puntos ubicados más al sur, MP-12A y MP-12C, los cuales también muestran un descenso para todo el periodo (2016-2025). En los piezómetros MP-12A y MP-12C se observa que ambos presentaron una tendencia de aumento de niveles hasta la mitad del 2020 y luego una tendencia al descenso hasta el año 2023. Luego a partir del segundo semestre del año 2025 se observa un aumento en los niveles en ambos puntos.

En el sector Norte y Borde Este, la composición **química** del agua y de la salmuera se mantiene dentro de la variabilidad histórica. Todas las aguas de este sector son ligeramente básicas. En cuanto a las conductividades eléctricas, las aguas lagunares presentan una gran amplitud en su oscilación estacional, alcanzando valores elevados durante el verano. Por otro lado, los puntos de agua subterránea muestran diferencias significativas: el punto BA-31 tiene conductividades eléctricas típicas de salmuera, mientras que el MP-12A presenta las conductividades más bajas del sector. A su vez, la interfase salina se mantiene estable durante el año 2025, en línea con lo observado históricamente en el punto de medición.

Sector Núcleo

Los **niveles** en el núcleo presentan en general una tendencia al descenso, consistente con la evolución proyectada para el proyecto.

En el Núcleo también se registran ascensos de nivel puntuales que responden a los eventos de precipitación y, en consecuencia, recarga del sistema. Por otra parte, los niveles no muestran una tendencia estacional marcada durante los últimos años, debido a que las tasas de evapotranspiración registradas en el Núcleo son, en general, menores a 0,2 mm/día, y porque la mayoría de los niveles se encuentran bajo de la profundidad de extinción de la evaporación (aprox. 2 metros).

En la zona de producción, los niveles presentan un comportamiento variable y con tendencia al descenso, influenciados por la explotación de los pozos productivos. Los descensos generados son menores en los subsectores Centro Norte y Este del Núcleo.

En el subsector Centro Norte todos los pozos del sector presentan un comportamiento similar y sincrónico, con rápidas respuestas a eventos de precipitación intensa como los ocurridos en enero y febrero 2019 (suman 50,7 mm en EM-Rockwood y 45,1 mm en PLLS-05) y agosto de 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 21,1 mm/mes en PLLS-06). Por ejemplo, en el evento de precipitaciones de enero y febrero del año 2019, generaron aumentos de nivel de 0,68 m en PN-19 y 0,89 m en ES-11.

En cuanto al subsector Núcleo Oeste, estos no muestran respuesta a los eventos de precipitación, debido a que presentan niveles más profundos que siguen una tendencia al descenso.

Finalmente, como se ha indicado en el presente informe para el subsector del Núcleo Este y Centro Norte, el comportamiento de los niveles de todos los pozos es sincrónico (lo que es llamado coloquialmente como “efecto piscina”), con tendencia general al descenso, la que se interrumpe con las recuperaciones de niveles que provocan los eventos de precipitación intensas como las observadas en febrero 2013 (29,5 mm/mes en EM-Rockwood), marzo 2015 (38,05 mm/mes en EM-Rockwood), enero y febrero 2017 (sumando 50,7 mm/mes en EM-Rockwood), enero y febrero 2019 (suman 50,7 mm en EM-Rockwood y 45,1 mm en PLLS-05), agosto 2020 (23,8 mm/mes en EM-Rockwood y 21,1 mm/mes en PLLS-06) y marzo 2023 (21,2 mm/mes en EM-Rockwood). Entre los años 2002 y 2013 no se generaron recuperaciones de nivel por este fenómeno, debido a la ausencia de precipitaciones significativas. En el año 2025 ocurren precipitaciones en febrero (PLLS-10 con 13,8 mm), sin embargo, los niveles freáticos no muestran respuesta.

Respecto de los limites por variables (ver subsección 6.1.6.5), se tiene que los puntos del PAT (PN-05B, PN-08A, y PN-14B) siguen la tendencia de lo modelado en relación con la cuarta actualización (ALBEMARLE-GESTIONARE, 2025), y presentado para el año 2025 en relación con los valores sobre el escenario de caso base con Proyecto (Esc1-CP) y sobre el escenario de recarga reducida (Esc2-CP). Por otra parte, el punto PAT PN-16B muestra una tendencia en el nivel que se estabiliza en el año 2022 y aumenta hasta el año 2024, mostrando un

comportamiento atípico (según se detalla en la sección 6.1.6.5), en este caso que los datos medidos presentan menores tasas de descenso que lo modelado.

El **volumen de extracción de salmuera** total sumados de las áreas A1 y A2 para el año operacional 2024-2025 fue de 11.634.355 m^3, lo que equivale a un caudal medio anual de 368,92 l/s, que cumple con el caudal medio anual establecido en la evaluación ambiental de 442 l/s y cumple también con el límite anual actualizado para el año operacional 2024-2025, de 369,24 l/s, derivado de la activación simultánea del PAT Fase II de Alerta Norte (todo el año 2024) y PAT Fase II Alerta Núcleo (desde julio de 2024).

Por otra parte, debido a las medidas preventivas adoptadas por Albemarle en el marco de la activación del sector de Alerta Acuífero, entre diciembre 2024 hasta septiembre 2025, se cumplió con extraer un caudal medio mensual de bombeo máximo de 382 l/s, límite autorizado para este sector, debido a la activación de este sector por el punto BA-07.

En cuanto al Plan de Alerta Temprana, en relación con el objetivo (Res. Ex. N°223/2015) de: "*Si fuese el caso presentar las medidas o acciones adoptadas ante resultados que presentan desviaciones al comportamiento esperado de la variable ambiental en el tiempo.*", destaca efectivamente que el presente PSAH, incluye el reporte de los puntos de activación del Plan de Alerta Temprana (PAT) y sus umbrales establecidos con referencia en el Considerando Nº10.18 de la RCA Nº21/2016, el cual "*permite detectar anticipadamente en el tiempo y el espacio desviaciones del nulo efecto pronosticado sobre los objetos de protección*" (sistemas lagunares).En cuanto a las activaciones del **PAT** se tiene que para el año 2025, en el sector de Alerta Norte, se mantuvo activado en Fase II durante todo el año 2025, debido a la activación de esta fase por el punto L1-5 en junio de 2021. Por otra parte, el sector de Alerta Núcleo se activa en Fase I desde septiembre 2023 en el punto PN-08A, para luego en el mes de julio de 2024 activarse en Fase II, en el mismo punto, lo que se mantiene a lo largo de todo el año 2025. Finalmente, en el sector de Alerta Acuífero, se toman medidas preventivas desde diciembre 2024 asociadas a la activación del PAT en su Fase Única en noviembre de 2024 debido a la superación del umbral del pozo BA-07.

En relación con las medidas preventivas comprometidas y adoptadas por Albemarle durante el año 2025, y de acuerdo a las activaciones de los PAT, se tiene que por la activación del sector de **Alerta Norte** se hace entrega mensual a la autoridad de los datos de monitoreo en formato digital desde 2021 hasta la fecha. Por otra parte, en junio de 2025 se realiza la entrega del "Cuarto Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la Medida de Reducción de la Extracción de salmuera, en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Norte".

Debido a la activación del sector de **Alerta Núcleo** Fase I, se entrega mensualmente a la autoridad los datos de monitoreo en formato digital, en enero de 2025 se entrega el informe

"Informe Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico" por activación de la Fase II, en julio de 2025 se hace entrega del informe "Primer Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la Medida de Reducción de la Extracción de salmuera, en el marco de la activación de la Fase II del Plan de Alerta Temprana ("PAT") del sector de Alerta Núcleo" y en octubre se entrega el "Complemento del Primer Informe de Evaluación Técnica de la Efectividad de la medida de reducción de la extracción de Salmuera" el cual se enmarca en el requerimiento del ORD DGA N° 17/2023 en cuanto a lo indicado en el mencionado Ordinario en el numeral 8 letra b: "*Con respecto al plazo de entrega del primer informe de evaluación, se considera adecuada su presentación a los 15 meses luego de la activación de la Fase II del PAT…*".

Por otra parte, debido a la activación del sector de **Alerta Acuífero**, de manera preventiva se tomaron las acciones de aumento de frecuencia de monitoreo al presentar tres mediciones quincenales puntuales y consecutivas bajo el umbral del BA-07 en el mes de noviembre de 2024; y se aumenta la frecuencia de monitoreo para los meses de diciembre 2024, enero y febrero de 2025, se hacen entregas mensuales a la autoridad de los datos de monitoreo en formato digital y se entrega a la autoridad el "Informe de Investigación de las causas del desvío de los pronósticos y activación del Plan de Alerta Temprana (PAT), en el sector de alerta Acuífero".

En línea con lo anteriormente mencionado, estas activaciones han gatillado mayor investigación de las evoluciones de las distintas variables, lo que se ver reflejado en los Informes de investigación N°4 y N°5. Atendidos los hallazgos de estos informes, Albemarle presentó al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en mayo de 2024, una solicitud de revisión de las resoluciones de calificación ambiental RCA N°21/2016 de Albemarle y RCA N°226/2006 de SQM en virtud del artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300. Concretamente, esta solicitud se presentó, debido a que las variables no se han estado comportando como estaba previsto en la evaluación ambiental, por ende, se sugiere mayor investigación sobre lo que se está observando.

8 REFERENCIAS

Albemarle-Gestionare, 2025a. Cuarta Actualización del Modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama RCA 21/2016. Enviado el 31 de marzo de 2025.

Albemarle-Gestionare, 2025b. Cuarta Actualización del Modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama RCA Nº21/2016 Primera Parte: Modelo Conceptual Hidrogeológico. Enviado el 15 de diciembre de 2025.

Albemarle-Gestionare, 2025c. Cuarta Actualización del Modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama RCA Nº21/2016 Segunda Parte: Modelo Numérico Hidrogeológico. Enviado el 19 de diciembre de 2025.

Albemarle-Hidromas, 2025. Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”. Informe técnico N°5: Activación del Plan de Alerta Temprana – Sector Alerta Acuífero. Informe de investigación de las causas. Enviado el 6 de junio de 2025.

Albemarle-Suez, 2019. Finalización de implementación de la red de monitoreo PSA, según RCA N°21/2016. Enviado el 15 de julio de 2019.

Albemarle-VAI, 2022. Informe Anual N°6 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH), Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016). Enviado el 29 de marzo de 2022.

Albemarle-VAI, 2023. Informe Anual N°7 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH), Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016). Enviado el 31 de marzo de 2023.

Albemarle-VAI, 2025. Informe Anual N°9 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH), Proyecto Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama (RCA N°21/2016). Enviado el 31 de marzo de 2025.

DGA, 1998. Taller de hidrología aplicada a la resolución de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. Departamento de Administración de Recursos Hídricos, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile.

DGA, 2016. Se pronuncia sobre el proyecto "EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama". DGA, Región de Antofagasta, de enero de 2016.

Garcés y otros, 1996. Características geoquímicas generales del sistema salino del Salar de Llamara (Chile).

Kauth & Thomas, 1976. Snowmelt Flood Mapping and Land Surface Short-Term Dynamics Assessment in a “Before-During-After” Scenario Based on Radar and Optical Satellite Imagery: Case Study Around the Lewisville Lake. *Advances in Remote Sensing Vol 12.*

Marazuela y otros, 2018. 3D mapping, hydrodynamics and modelling of the freshwater-brine mixing zone in salt flats similar to the Salar de Atacama (Chile). *Journal of Hydrology Vol 561.*

RCA N°21/2016. Resolución de Calificación Ambiental N°21 de 2016 que calificó favorablemente el EIA Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama. Servicio de Evaluación Ambiental 2016.

RCA N°92/2000. Resolución de Calificación Ambiental N°92 que calificó favorablemente la DIA Construcción de Pozas de Evaporación Solar. Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta 31 de mayo de 2000.

RCA N°64/2005. Califica Ambientalmente Proyecto Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar. Comisión Regional del Medio Ambiente de la II región de Antofagasta, 18 de marzo de 2005.

R.E. N°165/2003. Resolución Exenta que modifica la RCA N°92/2000. Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, 14 de octubre de 2003.

R.E. N°3132/2006. Resolución Exenta que acoge Recurso de Reclamación en contra de la RCA N°64/2005 y califica favorablemente el proyecto Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar. Comisión Nacional del Medio Ambiente, 28 de noviembre de 2006.

R.E. N°223/2015. Dicta instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental. Ministerio del Medio Ambiente, 15 de octubre de 2015.

R.E. N°1472/2017. Resolución Exenta que resuelve solicitud de interpretación de la RCA N°21/2016. Servicio de Evaluación Ambiental, 27 de diciembre de 2017.

R.E. N°573/2022. Dicta instrucción de carácter general para la operatividad del reglamento de las entidades técnicas de fiscalización ambiental (ETFA), para titulares de instrumentos de carácter ambiental. Ministerio del Medio Ambiente, 25 de abril de 2022.

Rockwood Lithium, 2009. Adenda 1 del EIA Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama.

Rockwood Lithium-SGA, 2015a. Adenda 5 del EIA Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama.

Rockwood Lithium-SGA, 2015b. Estudio hidrogeológico y modelo numérico Sector Sur del Salar de Atacama. Anexo 1 de la Adenda 5 del EIA Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama.

Rockwood Lithium-SGA, 2015c. Plan de manejo biótico. Anexo 2 de la Adenda 5 del EIA Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama.

Rockwood Lithium-SGA, 2015d. Plan de seguimiento ambiental y plan de alerta temprana de los recursos hídricos. Anexo 3 de la Adenda 5 del EIA Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama.

SEA, 2012. Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA.

SQM, 2014. Informe N°15 del PSAH del Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

SQM, 2016. Informe N°17 del PSAH del Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

SQM, 2022. Plan de Reducción de Extracciones en el Salar de Atacama SQM Salar S.A. Provincia de El Loa, Región de Antofagasta.

SQM, 2023. Informe N°34 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama.

Stannard, 1988. Use of a hemispherical chamber for measurement of evapotranspiration.

Wang y otros, 2012. Modeling salinity effects on soil reflectance under various moisture conditions and its inverse application: A laboratory experiment. *Geoderma Vol 70.*