SQM SALAR SPA.

INFORME Nº37 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL

ACTUALIZADO A JUNIO 2025

ÍNDICE

1 RESUMEN 23

2 INTRODUCCIÓN 29

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 33

4 MATERIALES Y MÉTODOS 34

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 34

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OBJETO DEL PSAH 34

4.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO 39

4.4 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES 62

4.5 MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO 66

4.6 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS 67

4.7 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS 67

5 RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE 2025 72

5.1 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO 73

5.2 MONITOREO Y ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 205

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 220

6.1 ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL 220

6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 403

7 CONCLUSIONES 425

7.1 DE LOS NIVELES DE AGUA/SALMUERA SUBTERRÁNEA 426

7.2 DE LOS NIVELES DE AGUA SUPERFICIAL 427

7.3 DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 428

7.4 DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS 430

7.5 DE LA EXTENSIÓN LAGUNAR 432

7.6 DE LOS CAUDALES DE AGUA SUPERFICIAL 434

7.7 DE LA CALIDAD QUÍMICA DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS 435

7.8 DE LOS CAUDALES BOMBEADO DE AGUA 436

7.9 DE LA POSICIÓN DE LA CUÑA SALINA.....437

8 REFERENCIAS 438

9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES 440

9.1 GLOSARIO 440

9.2 ABREVIACIONES.....441

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSAH 38
Figura 4-2: Zonificación Salar de Atacama basado en delimitación de las unidades hidrogeológicas 39
Figura 4-3: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH 41
Figura 4-4: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor 42
Figura 4-5: Representación gráfica de las reglillas cercanas al Puente San Luis 45
Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 47
Figura 4-7: Registro Fotográfico de Reglilla L5-G3 48
Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este 50
Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine 51
Figura 4-10: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo 53
Figura 4-11: Distribución espacial puntos de monitoreo Sector Núcleo del Salar de Atacama 54
Figura 4-12: Distribución geográfica puntos de monitoreo del Sector Cuña Salina 56
Figura 4-13: Distribución geográfica puntos de monitoreo del Sector Cuenca Salar de Atacama 57
Figura 4-14: Distribución geográfica puntos de monitoreo del Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña 58
Figura 4-15: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este 61
Figura 4-16: Ubicación indicadores de estado Sistema Peine 62
Figura 5-1: Niveles medidos en el pozo L2-24 86
Figura 5-2: Niveles medidos en el pozo 1001 86
Figura 5-3: Niveles medidos en el pozo 1024 86
Figura 5-4: Series de parámetros meteorológicos diarios de la Estación Meteorológica Chaxa durante el primer semestre de 2025 106
Figura 5-5: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 107
Figura 5-6: Error de balance iónico calculado para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras en sistema Soncor 115
Figura 5-7: Caudales medidos en puntos de aforo Barros Negros y Puente San Luis Sistema Soncor 119
Figura 5-8: Mapa delimitación lacustre, sector Puilar 121

Figura 5-9: Mapa delimitación lacustre, sector Chaxa 121
Figura 5-10: Mapa delimitación lacustre, sector Barros Negros 122
Figura 5-11: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas del Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2025. 137
Figura 5-12: Mapas de extensión lagunar en Aguas de Quelana en enero 2025 (izquierda) y octubre 2025 (derecha) a misma escala gráfica 140
Figura 5-13: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 141
Figura 5-14: Error de balance iónico calculado para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras en sistema Aguas de Quelana 146
Figura 5-15: Series de precipitación, temperatura y humedad relativa Estación Meteorológica en Sistema de Vegetación Borde Este. 154
Figura 5-16: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 155
Figura 5-17: Error de balance iónico calculado para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras en sistema Vegetación Borde Este 158
Figura 5-18: Caudales medidos en puntos de aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor. 161
Figura 5-19: Series de parámetros meteorológicos diarios en la estación meteorológica de LZA9-1 (Interna) 167
Figura 5-20: Error de balance iónico para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras de Sistema Peine 172
Figura 5-21: Mapa delimitación lacustre de laguna Salada, Sistema Peine 176
Figura 5-22: Mapa delimitación lacustre de laguna Saladita, Sistema Peine 177
Figura 5-23: Mapa delimitación lacustre de Desborde de Laguna Interna, Sistema Peine 178
Figura 5-24: Series de precipitación, temperatura y humedad relativa Estación Meteorológica de LZA10-1 183
Figura 5-25: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas KCL y SOP durante el primer semestre de 2025. 190
Figura 5-26: Error de balance iónico para los análisis químicos para muestras de sistema Núcleo 193
Figura 5-27: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 196

Figura 5-28: Registro de CE para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3 197
Figura 5-29: Registro de CE para los pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1 197
Figura 5-30: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas del Sector Cuenca Salar de Atacama durante el primer semestre de 2025. 200
Figura 5-31: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas de alta montaña durante el primer semestre de 2025. 203
Figura 5-32: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente 208
Figura 5-33: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente 208
Figura 5-34: Niveles observados (m.s.n.m.) en indicadores de estado L7-4 del PC del Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente 208
Figura 5-35: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores estado L1-G4 Pozo y Reglilla del PC Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente 209
Figura 5-36: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 209
Figura 5-37: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa 211
Figura 5-38: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex 212
Figura 5-39: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 213
Figura 5-40: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 214
Figura 5-41: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 214
Figura 5-42: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 214
Figura 5-43: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine 217

Figura 5-44: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine 217
Figura 5-45: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine 217
Figura 5-46: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex 219
Figura 5-47: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 219
Figura 5-48: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 219
Figura 6-1: Infraestructura presente en el sistema Soncor – Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 224
Figura 6-2: Niveles medidos en los puntos del Sector Tambillo 225
Figura 6-3: Descensos calculados de los puntos del Sector de Tambillo 226
Figura 6-4: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del Sistema Soncor 227
Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del Sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 228
Figura 6-6: Descensos calculados de los puntos del Sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial (continuación) 229
Figura 6-7: Niveles medidos en el pozo CAMAR-2015 230
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la Laguna Puilar 231
Figura 6-9: Niveles medidos en reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luis 232
Figura 6-10: Niveles medidos en reglillas que se encuentran entre la Laguna de Chaxa y Barros Negros 234
Figura 6-11: Descensos calculados en pozos ubicados en Zona Marginal más cercanos al acuífero aluvial 236
Figura 6-12: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal 239
Figura 6-13: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15, L1-16, L7-10 y L7-11) 240
Figura 6-14: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10) 241

Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-7 y L2-5) 242
Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez 243
Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez (continuación) 244
Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez 245
Figura 6-19: Niveles medidos pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (grupo 1) . 246
Figura 6-20: Niveles medidos pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (grupo 2) . 248
Figura 6-21: Niveles medidos pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor 249
Figura 6-22: Niveles medidos pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor (continuación) 250
Figura 6-23: Niveles medidos en el núcleo del Sistema Soncor 251
Figura 6-24: Series de tiempo históricas de superficie lacustre laguna Puilar 253
Figura 6-25: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en el cuerpo principal de Barros Negros – Soncor. 254
Figura 6-26: Series de tiempo históricas de superficie lacustre zonas de desbordes de Laguna Barros Negros – Soncor calculadas a partir de imágenes satelitales. 255
Figura 6-27: Series de tiempo históricas de superficie lacustre zonas de desbordes de Laguna Barros Negros – Soncor calculadas a partir de imágenes satelitales (continuación). 256
Figura 6-28: Superficie histórica de laguna Chaxa – SONCOR. 257
Figura 6-29: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica Chaxa durante el primer semestre de 2025. 258
Figura 6-30: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica Chaxa durante el primer semestre de 2025 (continuación). 259
Figura 6-31: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial) 260
Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 264
Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 (continuación) 265

Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 (continuación) 266
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 (continuación) 267
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 267
Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 (continuación) 268
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 (continuación) 269
Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 (continuación) 270
Figura 6-40: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) 270
Figura 6-41: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) (continuación) 271
Figura 6-42: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) (continuación) 272
Figura 6-43: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) (continuación) 273
Figura 6-44: Diagrama de Piper del primer semestre de 2025 para los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor – Vegetación Borde Este 274
Figura 6-45: Diagrama de Piper histórico para los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor – Vegetación Borde Este 274
Figura 6-46: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 275
Figura 6-47: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 (continuación) 276
Figura 6-48: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 (continuación) 277
Figura 6-49: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 (continuación) 278
Figura 6-50: Diagrama de Piper del primer semestre 2025 para los pozos Allana y Mullay-1 279
Figura 6-51: Diagrama de Piper histórico para los pozos Allana y Mullay-1 280

Figura 6-52: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto 281
Figura 6-53: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación) 282
Figura 6-54: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación) 283
Figura 6-55: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación) 284
Figura 6-56: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación) 285
Figura 6-57: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación) 286
Figura 6-58: Diagrama de Piper del primer semestre 2025 para las lagunas del sistema Soncor 287
Figura 6-59: Diagrama de Piper del histórico para los pozos del Sistema Soncor – Vegetación Borde Este 288
Figura 6-60: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros . 288
Figura 6-61: Registro histórico de mediciones en el aforo de Puente San Luis 289
Figura 6-62: Registro histórico de mediciones en el aforo de Barros Negros 290
Figura 6-63: Infraestructura presente en el sistema Aguas de Quelana y clasificada según comportamiento de los niveles 291
Figura 6-64: Niveles en los pozos de agua industrial del Sistema Aguas de Quelana 293
Figura 6-65: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del Sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 294
Figura 6-66: Descensos calculados de los puntos del Sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial 296
Figura 6-67: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del Sistema Aguas de Quelana 297
Figura 6-68: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13) 300

Figura 6-69: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (series L3) 301
Figura 6-70: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (L14) 302
Figura 6-71: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (L4) 303
Figura 6-72: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (series L5) 304
Figura 6-73: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L13) 306
Figura 6-74: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L3) 306
Figura 6-75: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L14) 307
Figura 6-76: Nivel en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L4) 307
Figura 6-77: Nivel en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L4 - continuación) 308
Figura 6-78: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L5) 309
Figura 6-79: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al Núcleo en el Sistema Aguas de Quelana 310
Figura 6-80: Serie de tiempo de extensión lagunar en sistema lacustre de Aguas de Quelana empleando imágenes de alta resolución espacial. 311
Figura 6-81: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas del Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2025 313
Figura 6-82: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial) 315
Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 317
Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 (continuación) 318

Figura 6-85: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 (continuación) 319
Figura 6-86: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 (continuación) 320
Figura 6-87: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 320
Figura 6-88: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 (continuación) 321
Figura 6-89: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 (continuación) 322
Figura 6-90: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 (continuación) 323
Figura 6-91: Evolución histórica calidad del agua en pozo L4-10 324
Figura 6-92: Diagrama Piper para el primer semestre 2025 de pozos y reglillas del Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este 325
Figura 6-93: Diagrama Piper histórico de pozos y reglillas del Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este 325
Figura 6-94: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B 327
Figura 6-95: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B 328
Figura 6-96: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B 329
Figura 6-97: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B 330
Figura 6-98: Diagrama de Piper para el primer semestre 2025 de Camar-2 y Socaire-5B 330
Figura 6-99: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B 331
Figura 6-100: Infraestructura presente en el sistema Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 332
Figura 6-101: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al Sistema de Vegetación Borde Este 333
Figura 6-102: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al Sistema de Vegetación Borde Este 333
Figura 6-103: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del Sistema Vegetación Borde Este 334
Figura 6-104: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas del Sistema Vegetación Borde Este durante el primer semestre de 2025 336

Figura 6-105: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial) 337
Figura 6-106: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 339
Figura 6-107: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (continuación) 340
Figura 6-108: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (continuación) 341
Figura 6-109: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (continuación) 342
Figura 6-110: Diagrama de Piper para el primer semestre de 2025 de CA-2015 y P2 342
Figura 6-111: Diagrama de Piper histórico de CA-2015 y P2 343
Figura 6-112 Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Vegetación Borde Este 344
Figura 6-113: Infraestructura presente en el sistema Peine y clasificada según comportamiento de los niveles 345
Figura 6-114: Niveles medidos en la Zona Aluvial del Sistema Peine 346
Figura 6-115: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el Núcleo 347
Figura 6-116: Niveles en las reglillas de agua superficial del Sistema Peine 349
Figura 6-117: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el Núcleo, para el Sistema Peine 350
Figura 6-118: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el Núcleo, para el Sistema Peine (continuación) 350
Figura 6-119: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Salada. 351
Figura 6-120: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Saladita. 352
Figura 6-121: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en laguna Interna. 352
Figura 6-122: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica LZA9-1 (Interna) durante el primer semestre de 2025. 354
Figura 6-123: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L10-4, 1028 y L10-1 357
Figura 6-124: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L10-4, 1028 y L10-1 (continuación) ... 358
Figura 6-125: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L10-4, 1028 y L10-1 (continuación) .. 359

Figura 6-126: Diagrama Piper para el primer semestre 2025 de los pozos del Sistema Peine 361
Figura 6-127: Diagrama Piper histórico de los pozos del Sistema Peine 361
Figura 6-128: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna..... 363
Figura 6-129: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación) 364
Figura 6-130: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación) 365
Figura 6-131: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación) 366
Figura 6-132: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación) 367
Figura 6-133: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del Sistema Peine con un BI>10% 367
Figura 6-134: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine 369
Figura 6-135: Infraestructura presente en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles 369
Figura 6-136: Descensos calculados en los puntos de la Zona Marginal y el núcleo del Sector Vegas de Tilopozo 371
Figura 6-137: Niveles medidos en la reglilla del Sector Vegas de Tilopozo 372
Figura 6-138: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica LZA10-1 durante el primer semestre de 2025. 373
Figura 6-139: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del Núcleo del Salar... 375
Figura 6-140: Niveles medidos en los pozos M7 y E-324 que se encuentran entre las pozas de SQM y Albemarle 376
Figura 6-141: Niveles medidos en los pozos 2040, E-101 y M1-C que se encuentran entre las pozas de SQM y Albemarle 376
Figura 6-142: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde Oeste del Núcleo del Salar..... 377
Figura 6-143: Niveles medidos en el sector Norte del Núcleo del Salar..... 378
Figura 6-144: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas KCL y SOP durante el primer semestre de 2025. 379

Figura 6-145: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 383
Figura 6-146: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 (continuación) 384
Figura 6-147: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 (continuación) 385
Figura 6-148: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 (continuación) 386
Figura 6-149: Diagrama de Piper histórico del Sistema Núcleo 387
Figura 6-150: Diagrama de Piper histórico del Sistema Núcleo 387
Figura 6-151: Descensos calculados en los pozos que miden la Cuña Salina 388
Figura 6-152: Descensos calculados en los pozos que miden la Cuña Salina (sin Cuña 4) 389
Figura 6-153: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este) 391
Figura 6-154: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este) (continuación) 392
Figura 6-155: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (arriba a abajo ordenados oeste - este) ... 393
Figura 6-156: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (arriba a abajo ordenados oeste - este) (continuación) 394
Figura 6-157: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste) 395
Figura 6-158: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste) (continuación) 396
Figura 6-159: Series históricas de precipitación, evaporación, temperatura y velocidad del viento en la estación Cordillera de la Sal, Domeyko, Llano de la Paciencia y LZA12-3 398
Figura 6-160: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas Cerro Cosor y El Tatio durante el primer semestre de 2025. 400
Figura 6-161: Niveles medidos en el pozo 1001 y en el pozo complementario MSW-252 402
Figura 6-162: Niveles medidos en el pozo 1024 y el pozo complementario MSW-284 403
Figura 6-163: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 404

Figura 6-164: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 405
Figura 6-165: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 406
Figura 6-166: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 407
Figura 6-167: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de los pozos de agua industrial junto con los umbrales del Plan de Contingencia..... 409
Figura 6-168: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del PC..... 410
Figura 6-169: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del PC . 411
Figura 6-170: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC 414
Figura 6-171: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC 415
Figura 6-172: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral del subsistema Alerta Temprana del PC..... 418
Figura 6-173: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral del subsistema Alerta Temprana del PC.... 418
Figura 6-174: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral del subsistema Alerta Temprana del PC.... 419
Figura 6-175: Descenso indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral subsistema Alerta Temprana del PC.. 419
Figura 6-176: Niveles medidos en 1028 junto con umbrales, pertenecientes al PC del Sistema Peine.... 421
Figura 6-177: Niveles medidos en L10-11 junto con umbrales, pertenecientes al PC del Sistema Peine. 421
Figura 6-178: Niveles medidos en L10-4 junto con umbrales, pertenecientes al PC del Sistema Peine... 422
Figura 6-179: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC..... 423
Figura 6-180: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC . 423
Figura 6-181: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC..... 424

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1: Resumen puntos de monitoreo del PSAH 24
Tabla 1-2: Activaciones y desactivaciones de Fase reportados a la SMA durante el periodo actual 26
Tabla 1-3: Informes reportados a la SMA durante el periodo actual 27
Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe 31
Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia 32
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección 37
Tabla 4-2: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua, Calidad 1 a 4 43
Tabla 4-9: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua, Calidad 1 a 4 (continuación) 44
Tabla 4-4: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua, calidad 5 55
Tabla 4-5: Indicadores de Estado del Plan de Contingencia 60
Tabla 4-6: Parámetros considerados en PSAH 65
Tabla 4-13: Metodologías consideraciones utilizadas para el muestreo, medición y análisis. 66
Tabla 4-8: Metodologías consideraciones utilizadas para el muestreo, medición y análisis (continuación). 67
Tabla 5-1: Resumen información complementaria para cada componente en anexos 75
Tabla 5-2: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de ingreso a RNLF 78
Tabla 5-3: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso a RNLF Sector Soncor 79
Tabla 5-4: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso a RNLF Sector Aguas de Quelana 80
Tabla 5-5: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de las comunidades 81
Tabla 5-20: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso otorgados por la comunidad Peine 82
Tabla 5-21: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso otorgados por la comunidad Peine (continuación) 83

Tabla 5-8: Resumen de puntos no visitados 84
Tabla 5-9: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor 88
Tabla 5-10: Nivel dinámico mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial 89
Tabla 5-11: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 90
Tabla 5-12: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros 91
Tabla 5-13: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (continuación) 92
Tabla 5-14: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector oeste y sur de la laguna Chaxa 93
Tabla 5-15: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros 95
Tabla 5-16: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 98
Tabla 5-17: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona Núcleo Sistema Soncor 100
Tabla 5-18: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor 101
Tabla 5-19: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis 102
Tabla 5-20: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) del Sistema Soncor – niveles en las lagunas 104
Tabla 5-21: Estadígrafos de series diarias la estación meteorológica de Chaxa 105
Tabla 5-22: Resultados calidad del agua Sistema Soncor 108
Tabla 5-23: Resultados calidad del agua Sistema Soncor (continuación) 109
Tabla 5-24: Resultados calidad del agua Sistema Soncor (continuación) 110
Tabla 5-25: Resultados calidad del agua en pozos de extracción 111
Tabla 5-26: Resultados calidad del agua en agua superficial 112
Tabla 5-27: Resultados de la validación en el sistema Soncor 114
Tabla 5-28: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor. 115

Tabla 5-29: Resultados de aforos manuales en los puntos Barros Negros y Puente San Luis 117
Tabla 5-30: Superficies lacustres primer semestre de 2025 en Sistema Soncor 120
Tabla 5-31: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana .. 124
Tabla 5-32: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 126
Tabla 5-33: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B..... 127
Tabla 5-34: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua 129
Tabla 5-35: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas 130
Tabla 5-36: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana .. 132
Tabla 5-37: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana.... 134
Tabla 5-38: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas LZA3-1 y LZA3-2 135
Tabla 5-39: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas LZA3-1 y LZA3-2 (continuación) 135
Tabla 5-40: Superficie lacustre para el primer semestre de 2025 en Sistema Aguas de Quelana 139
Tabla 5-41: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 142
Tabla 5-42: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana (continuación)..... 143
Tabla 5-43: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo Camar-2, L4-10 y SOCAIRE-5B..... 144
Tabla 5-44: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana..... 145
Tabla 5-45: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana 147
Tabla 5-46: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 149
Tabla 5-47: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 150
Tabla 5-48: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas del Sistema Vegetación Borde Este. 152

Tabla 5-49: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas del Sistema Vegetación Borde Este. 153
Tabla 5-50: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015 156
Tabla 5-51: Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este. 157
Tabla 5-52: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este 158
Tabla 5-53: Resultados de aforos manuales en los puntos Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor. 159
Tabla 5-54: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 163
Tabla 5-55: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine 164
Tabla 5-56: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica LZA9-1 (Interna) 166
Tabla 5-57: Resultados calidad del agua en el pozo 1028 del sistema Peine 169
Tabla 5-58: Resultados calidad del agua en el pozo L10-1 del sistema Peine 170
Tabla 5-59: Resultados calidad del agua en el pozo L10-4 del sistema Peine 170
Tabla 5-60: Resultados de la validación en el Sistema Peine 172
Tabla 5-61: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el Sistema Peine 173
Tabla 5-62: Superficies Lacustres primer semestre de 2025 en Sistema Peine 174
Tabla 5-63: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo . 180
Tabla 5-64: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 181
Tabla 5-65: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica LZA10-1 181
Tabla 5-66: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo 185
Tabla 5-67: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo 187
Tabla 5-68: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo 188
Tabla 5-69: Estadígrafos de series diarias las estaciones meteorológicas KCL y SOP 189
Tabla 5-70: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama 191
Tabla 5-71: Resultados de la validación en el Sistema Núcleo 193
Tabla 5-72: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el Sistema Núcleo 194

Tabla 5-73:: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina 195
Tabla 5-74: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica de Cordillera de Sal 198
Tabla 5-75: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica de Cerro Cosor 202
Tabla 5-76: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno..... 205
Tabla 5-77: Estado del Plan de Contingencias 206
Tabla 5-78: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias..... 218

LISTADO DE ANEXOS

Nombre Anexo		Tipo doc.
Anexo 1	Responsables y participantes	pdf
Anexo 1.1	CV Curriculums monitores SQM	pdf
Anexo 2	Catastro de infraestructuras del PSAH y Voluntarios	pdf
Anexo 3	Metodologías	pdf
Anexo 3.1	Certificaciones y calibraciones de equipos utilizados (no LT)	pdf
Anexo 3.2	Certificados calibración Level troll (LT)	pdf
Anexo 3.3	Instructivos y procedimientos	pdf
Anexo 4	Comunicaciones, ordinarios y resoluciones	
Anexo 4.1	Gestión de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF)	pdf
Anexo 4.2	Cartas restricción de accesos	pdf
Anexo 4.3	Cartas de Activación de Fases	pdf
Anexo 4.4	Programación de Monitoreo	pdf
Anexo 4.5	Resoluciones ETFA e Inspectores Ambientales	pdf
Anexo 4.6	Justificación de Puntos No Monitoreados	pdf
Anexo 4.7	Cartas de entrega de Informes de Activación y/o Efectividad de la Medida	pdf
Anexo 5	Nivel agua subterránea y superficial	
Anexo 5.1	Informes ETFAS	pdf
Anexo 5.2	Niveles formato RES.894	.xls
Anexo 6	Calidad química	
Anexo 6.1	Informes ETFA	pdf
Anexo 6.2	Calidad de Agua resultante formato RES. 894	.xls
Anexo 7	Caudal agua industrial *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 8	Caudal agua superficial *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 9	Variables meteorológicas	pdf
Anexo 10	Superficie Lacustres	
Anexo 10.1	Cálculo de superficies lacustres	pdf
Anexo 10.2	Levantamiento de Superficie Lacustre a través de Estacas perimetrales y Puntos de control para imágenes satelitales.	pdf
Anexo 10.3	Mapa de Superficie Lacustre	png
Anexo 10.4	Levantamiento de Superficie Lacustre a través de Levantamiento Topográfico	pdf
Anexo 11	Estratigrafía y habilitación de piezómetros y pozos	pdf
Anexo 12	Indicadores, umbrales y medidas aplicables al Sistema Peine	pdf
Anexo 12.1	Definición de umbrales para sistema Peine PdC	pdf
Anexo 12.2	Definición medidas de control frente a activación Fase I y Fase II Sistema Peine	pdf
Anexo 12.3	Definición medidas de control frente a activación Fase I y Fase II Sistema Peine 09/2021	pdf
Anexo 12.4	Protocolo de aplicación de umbrales definidos para el Sistema Peine	pdf
Anexo 13	Workspace proyecto GIS	.gis

1 RESUMEN

Este informe presenta los resultados del PSAH en el Salar de Atacama para el período de enero a junio de 2025, según los compromisos del proyecto "Cambios y Mejoras de la operación Minera en el Salar de Atacama", aprobado por la RCA Nº226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta (RCA Nº226/2006). Los compromisos fueron actualizados en el Programa de Cumplimiento (PdC) dentro del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), aprobado por Resolución Exenta Nº38/Rol F-041-2016 de fecha 29 de agosto de 2022; Resolución Exenta Nº39/Rol F-041-2016 de fecha 31 de enero de 2024 y Resolución Exenta Nº 40/Rol F-041-2016 de fecha 08 de abril de 2024, todas de la Superintendencia del Medio Ambiente.

En este informe se incluyen los registros del PSAH del semestre mencionado y un análisis de las tendencias históricas para cada sistema ambiental y sector monitoreado. Se presentan datos de los parámetros hidrogeológicos observados, como el nivel de la napa de salmuera y de agua dulce, superficies lacustres, parámetros meteorológicos, y características fisicoquímicas de las aguas. Además, se incluyen los registros y análisis de caudales de agua dulce bombeada y de recarga superficial a sistemas lacustres, establecidos en el considerando 10.2 de la RCA Nº226/2006. Los resultados del caudal bombeado de salmuera se entregan anualmente a la autoridad ambiental según el considerando 10.2.7 de la RCA Nº226/2006.

Las mediciones y acciones consideradas en el PSAH se orientan al seguimiento y resguardo de los sistemas protegidos de la cuenca de Salar de Atacama, a proveer información para operar el Plan de Contingencia (PC) y a caracterizar el comportamiento de las variables hidrogeológicas que permitirá evaluar el estado ambiental y el funcionamiento hidrogeológico y biótico de los sistemas. La información recopilada nutre las actualizaciones bienales del Modelo Numérico Hidrogeológico del proyecto.

Adicionalmente SQM ha actualizado su PSAH incluyendo voluntariamente 46 puntos de control a partir de los requerimientos específicos a continuación, de los cuales solo los relacionados a la Resolución Exenta N°1.314/2020 se muestras solo en los anexos, mientras que el resto, se muestran a lo largo del cuerpo del informe.

- 23 puntos en función de la Resolución Exenta N°1.314/2020 de la SMA que tiene como objetivo fiscalizar y asegurar el cumplimiento de las obligaciones ambientales de los titulares de proyectos

emplazados en el Salar de Atacama, en especial aquellas relacionadas con el monitoreo, reporte y control de impactos ambientales, garantizando la protección de los recursos naturales y la salud de la población.

- 21 puntos en función de la Acción 16 del Programa de Cumplimiento (PdC) F-041-2016, corresponde que sobre la base de las recomendaciones del análisis integrado de la información de seguimiento ambiental hidrogeológico comprometido en el marco de la acción 15, SQM Salar efectúe la actualización del Plan Seguimiento Ambiental Hidrogeológico PSAH (SQM, marzo 2024).
- 2 puntos complementarios denominados MSW debido a obturación natural de pozos del PSAH.

Los sistemas y sectores monitoreados por el PSAH incluyen:

- Sistema Soncor
- Sistema Aguas de Quelana
- Sistema Vegetación Borde Este
- Sistema Peine
- Sector Vegas de Tilopozo
- Sector Núcleo del Salar de Atacama
- Sector Cuña Salina (como parte de los compromisos de la RCA).
- Sector Cuenca Salar de Atacama
- Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña

El PSAH consta de 225 puntos de monitoreo en los diferentes seguimientos (Tabla 1-1), a lo que se incluye los 46 puntos adicionales.

Tabla 1-1: Resumen puntos de monitoreo del PSAH

Tipo de Punto de Monitoreo	Seguimiento	PSAH	Voluntarios		
			PdC	Res. 1314	Complementario
Pozos	Aguas subterráneas	196	1	23	2 [2]
Pozos	Agua industrial [1]	5	-	-	-
Reglillas	Agua superficial	18	-	-	-
Estaciones de Aforo	Agua superficial	4	4		
Estaciones Meteorológicas	Antecedente forzantes meteorológicas	2	16		
Subtotal		225	21	23	2
Total		271			

Nota: (1) El pozo de bombeo de agua industrial Camar-2 fue deshabilitado en junio de 2021 según lo acordado con la Comunidad Atacameña de Camar. Sin embargo, se sigue utilizando como punto de medición de nivel y calidad para el Sistema Aguas de Quelana, conforme a la RCA Nº226/2006. (2) incluye los dos pozos complementarios MSW por obturación natural de pozos PSAH.

Fuente: Elaboración propia.

La dinámica hidrogeológica del Salar de Atacama depende del balance hídrico y la actividad antrópica en las unidades acuíferas del sector donde se ubica el proyecto. Fenómenos locales como presencia de material fino o mayor o menor vegetación también pueden influir en esta dinámica. Las estructuras hidrogeológicas asociadas incluyen el acuífero aluvial del Borde Este del Salar y el reservorio de salmuera del Núcleo. Los flujos subterráneos de las zonas altas de la cuenca convergen en la zona marginal del Salar, produciendo niveles freáticos someros y sistemas lagunares y/o humedales debido al contraste de densidades entre la salmuera y el agua dulce/salobre, potenciando la descarga por evaporación.

La mayoría de los puntos de medición del PSAH se ubican en la zona marginal, donde se encuentran los sistemas ambientales que son objeto de protección. Los caudales de bombeo de salmuera se diseñaron para no afectar a los sistemas objeto de protección.

Uno de los objetivos del PSAH es proveer información para operar el PC, el cual provee una respuesta pronta y oportuna a desviaciones no previstas y se basa en más de 17 años de monitoreo de variables hidrogeológicas y bióticas, que indican que los sistemas a proteger toleran adecuadamente variaciones hidrológicas estacionales e interanuales ya sean naturales o antrópicas, situación que se ha corroborado desde el inicio del monitoreo del PSAH (mayo del año 2007) a la fecha.

El PC establece un área de control alrededor de los sistemas de lagunas y vegetación en el Borde Este, por medio del monitoreo de piezómetros o reglillas como indicadores de estado. Estos indicadores activan el PC en dos fases:

- **Fase I**: Alerta Temprana → Aumento de frecuencia de medición.
- **Fase II**: Medidas de Contingencia → Reducción de extracción de agua/salmuera.

Las secciones 5.2 y 6.1.10 evalúan los resultados y describen las acciones implementadas en cumplimiento del PC para cada sistema protegido. Al respecto:

- Desde diciembre de 2018, la frecuencia de medición de los indicadores del PC pasó de mensual a diaria, excepto en la Reserva Nacional Los Flamencos, donde se ajusta según el Protocolo de ingreso aprobado por la Resolución Nº56/2019 de CONAF.

- Desde octubre de 2018, el PC provisorio del Sistema Peine incluye los indicadores de estado PN-05B y PN-08A del Plan de Alerta Temprana del Proyecto "Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama" (RCA Nº21/2016) propiedad de Albemarle, junto con los indicadores de estado de SQM (1028, L10-11 y L10-4). La consideración de estos indicadores de propiedad de Albemarle depende del aviso de activación por parte de la SMA a SQM, y han sido incluidos en el PSAH para efectos de discusión de resultados, no así para seguimiento.

- Desde el segundo semestre de 2022, ha habido restricciones de ingreso a ciertos sectores de la cuenca por parte de las comunidades locales. SQM mantiene comunicación con estas comunidades para obtener permisos necesarios para el monitoreo. Esta dinámica ha limitado las acciones de SQM para cumplir por completo con algunos de los compromisos ambientales, entregando en este informe, los puntos y su respectiva justificación respaldada cuando no se pudo realizar el monitoreo

Durante el período reportado de enero a junio de 2025, se registraron las activaciones y desactivaciones de Fase en indicadores como se detalla en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Activaciones y desactivaciones de Fase reportados a la SMA durante el periodo actual

Sector	Indicador de estado	Fase de Activación	Fecha Activación/Desactivación	Estado activación	Nº de carta conductora de SQM
Sistema Aguas de Quelana	L4-12	Fase II	28/02/2025	Desactivación	GMAL 033/2025
	L4-12	Fase II	03/03/2025	Activación	GMAL 050/2025
	L4-12	Fase II	12/05/2025	Desactivación	GMAL 197/2025
	L4-12	Fase I	06/06/2025	Desactivación	GMAL 281/2025
Sistema Vegetación Borde Este Brea-Atriplex	L7-6	Fase I	23/04/2025	Desactivación	GMAL 165/2025
	L7-6	Fase I	26/04/2025	Activación	GMAL 165/2025
	L7-6	Fase I	04/06/2025	Desactivación	GMAL 258/2025
	L7-6	Fase I	05/06/2025	Activación	GMAL 272/2025
	L7-6	Fase I	09/06/2025	Desactivación	GMAL 291/2025
	L7-6	Fase I	10/06/2025	Activación	GMAL 301/2025
	L7-6	Fase I	12/06/2025	Desactivación	GMAL 323/2025

Sector	Indicador de estado	Fase de Activación	Fecha Activación/Desactivación	Estado activación	Nº de carta conductora de SQM
Sistema Vegetación Borde Este Brea-Atriplex	L2-7	Fase I	22/01/2025	Activación	GMAL 007/25
	L2-7	Fase I	28/02/2025	Desactivación	GMAL 049/2025
	L2-7	Fase I		Activación	GMAL 145/25
	L2-7	Fase I	29/04/2025	Desactivación	GMAL 152/2025
	L2-7	Fase I	02/05/2025	Activación	GMAL 164/25
	L2-7	Fase I	11/06/2025	Desactivación	GMAL 312/2025
Sistema Vegetación Borde Este Hidromorfa	L2-27	Fase I	28/03/2025	Activación	GMAL 081/2025
	L2-27	Fase II	14/04/2025	Activación	GMAL 129/2025
	L2-27	Fase II	05/05/2025	Desactivación	GMAL 166/2025
	L2-27	Fase I	02/06/2025	Desactivación	No reportado dentro del periodo.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la RCA 226/2006 y el Programa de Cumplimiento, se deben presentar informes relacionados a las activaciones de las fase II de todos los sistemas ambientales y en particular para Peine se debe presentar informes de activaciones de la fase I. Adicionalmente se deben presentar informes de efectividad de la medida post activación de fase II. Dicho esto, durante el período a reportear en este informe se presentaron los informes indicados en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Informes reportados a la SMA durante el periodo actual

Sector	Indicador de estado	Fecha entrega	Informe reportado	Nº de carta conductora de SQM
Sistema Aguas de Quelana	L4-12	03/04/2025	Informe de investigación de activación de Fase II	GMAL 099/2025
	L4-12	23/05/2025	Informe de Efectividad de la Medida adoptada post Activación de Fase II	GMAL 240/2025
Sistema Vegetación Borde Este Hidromorfa	L2-27	15/05/2025	Informe de investigación de activación de Fase II	GMAL 213/2025
Peine	L10-11, L10-4, 1028 y PN-08A	23/06/2025	Entrega Informe Evaluación Efectividad de la Medida y Efectos Sinérgicos – Sistema Peine (Pozo L10-11, L10-4, 1028 y PN-08A).	GMAL 344/2025

Fuente: Elaboración propia

Resumen de las principales observaciones al monitoreo PSAH del primer semestre de 2025:

- La ejecución del programa se ha desarrollado conforme a los compromisos establecidos, sin embargo, en esta oportunidad no fue posible acceder a ciertos puntos de control debido a restricciones de

ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos (Soncor, Aguas de Quelana), así como en los sectores Peine y Cuña Salina, y en la comunidad de Solor, por falta de respuesta de la comunidad. En el anexo 4 se muestran los respaldo de solicitudes de acceso y sus respectivas respuestas en el caso que las comunidades o autoridades las entregaran, no se tuvieren respuesta en todos los casos.

- La tendencia histórica del monitoreo hidrogeológico en el Salar de Atacama indica una evolución diferenciada según los sectores y las variables evaluadas.
    - Se observa una recuperación parcial y estabilización de niveles de agua subterránea en la Zona Aluvial y Marginal, asociada a la reducción en la extracción de agua industrial en los últimos años. Sin embargo, en la Zona Núcleo del salar, los niveles conforme a lo esperado continúan mostrando un descenso progresivo, reflejando la influencia de la extracción de salmuera y la limitada recarga natural.
    - En los cuerpos de agua superficial, las fluctuaciones estacionales responden a la dinámica climática y la interacción con los sistemas hidrogeológicos, destacando una tendencia ligeramente ascendente en Puente San Luis desde 2017 lo que podría estar relacionado con cambios en la dinámica del flujo de agua por represamiento. La laguna Barros Negros ha mostrado reducción en su superficie y en la reglilla Chaxa se llevan registrando mínimos estacionales históricos en dos veranos consecutivos.
    - Respecto a la calidad del agua, los parámetros monitoreados se han mantenido dentro de los rangos históricos, salvo un aumento en los sólidos disueltos totales detectado desde 2016, atribuido a modificaciones en los protocolos de muestreo y análisis.
    - La posición de la cuña salina ha permanecido estable en los distintos sectores monitoreados, indicando un equilibrio en la transición entre los acuíferos aluviales y el núcleo del salar.
- Durante el primer semestre de 2025, el indicador L4-12 en Soncor desactivó la Fase II en febrero, la reactivó en marzo y se mantuvo activa hasta abril, desactivándola nuevamente en mayo y finalizando el semestre sin activación. Por su parte, el indicador L7-6 desactivó la Fase I en junio de 2025. En cuanto al punto L2-27, activó la Fase I en marzo y la Fase II en abril; posteriormente, la Fase II fue desactivada en mayo y la Fase I en junio.

2 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Nº37 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) analiza y reporta la información recolectada entre enero a junio de 2025, conforme a los compromisos ambientales de la Resolución de Calificación Ambiental del proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama" de SQM Salar S.A. (SQM). El compromiso deriva específicamente de los considerandos 10.2 Plan de seguimiento de las variables Hidrogeológicas y 11.1 Características del Plan de Contingencia de la RCA Nº226/2006.

El PSAH mide variables ambientales relacionadas con el agua y meteorología, incluyendo niveles de agua subterránea y salmuera, calidad química de acuíferos y cuerpos superficiales, caudales superficiales (aforos), superficies lacustres, caudales de bombeo de agua, y parámetros meteorológicos. Ha sido diseñado en función de la protección de los principales sistemas ambientalmente sensibles y permite desarrollar el conocimiento acerca de los sistemas ambientales, con el fin de tomar acciones preventivas y concretas para asegurar su mantención de acuerdo con los compromisos previamente acordados.

El presente informe considera las instrucciones generales sobre la elaboración del Plan de Seguimiento de Variables Ambientales, Informes de Seguimiento Ambiental y Remisión de la Información al Sistema Electrónico de Seguimiento Ambiental, contenidos en la Resolución Exenta N°223/2015.

La RCA Nº226/2006 establece un Plan de Contingencia (PC) con indicadores de estado y umbrales para los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, en los que se han definido umbrales en forma de nivel o descenso máximos. Este sistema de alarma busca prevenir efectos adversos de la actividad extractiva. En el presente reporte, se exponen los resultados y análisis de la red completa del PSAH y en otro apartado se hace especial atención a los puntos del PC con relación a los umbrales.

A las exigencias de la RCA indicada anteriormente, se suman las acciones comprometidas en el Programa de Cumplimiento (en adelante PdC), relacionados con el PSAH, que corresponden a:

i. Definir y aplicar indicadores de estado, umbrales de activación y medidas de control frente a la activación de Fase I y Fase II para el Sistema Peine.

ii. Aumentar la frecuencia de monitoreo de mensual a diaria en los indicadores de estado de los PdC de los sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Vegetación Borde Este y Peine.

El Decreto Supremo Nº38/2013 del Ministerio del Medio Ambiente exige que las actividades de muestreo, medición y/o análisis sean realizadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA) con autorización vigente, salvo las mediciones diarias, que pueden ser realizadas por el titular.

Para dar cumplimiento al decreto mencionado, y de acuerdo con la Resolución Exenta Nº574 de 2022[1], para el período objeto del presente reporte (primer semestre 2025), las mediciones diarias de nivel de los pozos PC, caudal de agua superficial y muestreos químicos han sido realizadas por la ETFA SEGEA (código ETFA 040-01). Mientras que el análisis de calidad del agua laboratorio fue realizado por ETFA ALS Life Sciences Chile S.A (código ETFA 029-01).

El informe detalla los cambios en la normativa establecidos en la Resolución Exenta Nº573/2022 de la SMA, especificando en la sección 4.4 los responsables de las mediciones (entre el titular y la ETFA), según la variable y la frecuencia comprometida.

Desde diciembre de 2018, SQM asumió las mediciones de calidad del agua en las lagunas Barros Negros, Chaxa, Puilar y Canal de Burro Muerto, previamente gestionadas en convenio con CONAF-SQM (finalizado en diciembre 2018), contratando a SEGEA para el primer semestre de 2025.

Una restricción significativa en la ejecución del PSAH, es el acceso limitado a la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF). Mediante Resolución Nº56/2019, CONAF[2] aprobó el Protocolo de monitoreo ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos, que entró en vigor a contar del 14 de junio de 2019, el que define el procedimiento, requisitos y limitaciones para autorizar actividades de monitoreo al interior de la Reserva. En los meses que se contó con autorización de acceso

[1] Se deja sin efecto la Resolución Exenta Nº127/2019 por revocación, desde la entrada en vigor del acto administrativo Resolución Exenta Nº574/2022. La derogación de esta norma toma efecto desde el 25 de abril de 2022.

[2] Actual entidad administradora de esta área silvestre protegida, en conjunto con la Comunidad Atacameña de Toconao, en lo que respecta al Sistema Hidrológico Soncor, en conformidad a Contrato de Asociatividad suscrito entre ambas partes en 2002.

para los monitoreos (sección 5.1.1), la frecuencia de las visitas ha sido inferior a la necesaria para cumplir con los compromisos del PSAH, debido a que los días de trabajo máximo asignados en las autorizaciones otorgadas por las entidades co-administradoras de la RNLF (CONAF y la Comunidad de Toconao) limitan los sectores y el tiempo efectivamente disponible de trabajo.

La Tabla 2-1 presenta los responsables de las actividades ejecutadas durante el primer semestre 2025, y el Anexo 1 lista las personas involucradas en cada actividad.

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe

Responsable y participantes	Actividad realizada
SQM Salar SpA.	Mediciones continuas de nivel freático y superficial, caudales continuos de pozos de agua industrial y perfiles de conductividad eléctrica. Mediciones de nivel de agua subterránea y superficial. Mediciones en campo de parámetros fisicoquímicos [1] Mantención de estaciones meteorológicas
ETFA/SEGEA	Mediciones de nivel freático y nivel de agua superficial (incluidos los puntos del ex convenio CONAF-SQM). Caudales superficiales (o aforos). Muestreo de aguas, medición de Parámetros fisicoquímicos in situ.
ETFA/ALS Life Sciences Chile S.A.	Análisis de parámetros fisicoquímicos en laboratorio
SRGIS	Procesamiento de imágenes satelitales y cálculo de extensión lagunar derivado
ATYGEO	Levantamiento puntos de control para procesamiento imágenes satelitales. Actividades terreno para obtención de levantamiento topográfico de perímetro lagunar y cálculo extensión lagunar derivado. Actividades en terreno para levantamiento de estacas perimetrales y cálculo extensión lagunar derivado, en el marco de ex convenio CONAF-SQM.

Nota: (1) Mediciones complementarias a las efectuadas por las ETFAS. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo requerido por la SMA mediante el Ordinario MZN Nº418/2016, en la Tabla 2-2 se indican las fechas aproximadas de entrega de los siguientes informes del PSAH incluyendo, el número del informe en que correspondía realizar la revisión del PC, conforme a lo establecido por la RCA Nº226/2006.

Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia

Número de Informe	Actualizado al mes	Fecha de entrega	Observaciones
Informe PSAH Nº36	Dic-24	Abr-25	Informe anterior
Informe PSAH Nº37	Jun -25	Sep-25	Actual informe Revisión del PC, según considerando 11.1 de RCA Nº226/2006. Sin embargo, se efectuará en el marco EIA 2022. (Cada 2 años). Revisión anterior Informe PSAH N º33
Informe PSAH Nº38	Dic-25	Abr-26	Puede sufrir modificaciones en fecha de entrega propuesta
Informe PSAH N º39	Jun-26	Sep-26	Puede sufrir modificaciones en fecha de entrega propuesta

Fuente: Elaboración propia.

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH)

El objetivo del PSAH es efectuar un seguimiento sistemático de las variables hidrogeológicas para verificar que éstas evolucionan según lo proyectado en la evaluación ambiental, manteniendo las condiciones de funcionamiento natural del sistema, lo que permite identificar eventuales anomalías ambientales y decidir de forma temprana la pertinencia de implementar medidas de contingencia.

El PSAH posee las siguientes características:

- Incluye todas aquellas variables que son requeridas para que el PC permita identificar anomalías ambientales y, sobre esta base, decidir la pertinencia de implementar medidas de contingencia.
- Entrega información de apoyo para la cuantificación de las variables que rigen el balance hídrico de los sistemas lacustres, lo que permite estimar la magnitud de las recargas y descargas de estos sistemas y así poder identificar posibles modificaciones de su comportamiento natural.
- Provee la información necesaria para la actualización del modelo numérico. Dicha actualización consiste en incorporar en el modelo numérico la nueva información recopilada mediante el PSAH, esto es, las series actualizadas del nivel de los acuíferos, de las variables meteorológicas, de las recargas y de los bombeos de salmuera y de agua. Mediante el modelo actualizado con la información más reciente levantada en el PSAH, se pueden comparar los valores de los niveles de agua/salmuera esperados (simulados) con los observados, y verificar de esta manera que dicho modelo sigue siendo una herramienta válida para la gestión ambiental.

En particular, el presente informe tiene como objetivo presentar y analizar los resultados del PSAH durante el periodo 01 de enero a 30 de junio de 2025.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se presenta la descripción de la zona de estudio, la ubicación de las infraestructuras de monitoreo y de los puntos de muestreo, los parámetros que se miden para caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales, las metodologías y materiales utilizados en las labores de muestreo, las fechas en que se realizaron estos muestreos, mediciones y/o análisis y finalmente, la identificación de las principales incertidumbres asociadas a los métodos utilizados.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Salar de Atacama, objeto del presente informe de seguimiento se localiza en la Región de Antofagasta, provincia El Loa, a 55 km al sur de la Comuna de San Pedro de Atacama y 316 km al noreste de Antofagasta (capital regional). Se encuentra a una altura aproximada de 2.300 m.s.n.m., tiene unos 70 km de largo y 65 km de ancho aproximadamente, abarcando un área aproximada de 4.500 km^2. El núcleo del Salar, donde se ubican las faenas extractivas de salmuera, posee una superficie aproximada de 1.500 km^2, y está rodeado por una zona marginal de unos 2.000 km^2 de extensión aproximadamente. Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial que alberga un acuífero desde donde el titular realiza la extracción del agua industrial para el proyecto.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OBJETO DEL PSAH

El PSAH contempla mediciones en nueve sistemas y sectores del Salar de Atacama; en la Figura 4-1 se presenta su ubicación. A continuación, se describen con más detalle sus principales características:

- **El Sistema Soncor** se ubica al noreste del Núcleo del Salar y está compuesto por tres lagunas principales, dos de las cuales, Chaxa y Barros Negros, se encuentran conectadas superficialmente a través del Canal Burro Muerto y la tercera, laguna Puilar, es de menor tamaño y se ubica al noreste de las dos anteriores, sin conexión superficial entre ellas. El Canal Burro Muerto recibe aportes de agua superficial y subterránea a lo largo de su trayecto de norte a sur, y es fundamental para el abastecimiento y mantención de las lagunas Chaxa y Barros Negros. La laguna Barros Negros es la laguna terminal del sistema, y los excedentes que recibe son vertidos en zonas de desbordes

colindantes a la laguna a través de 2 puntos principales: uno ubicado al oeste de la laguna (conocido como Cola de Pez) y el otro en su extremo sur (conocido como Desborde sur).

- **El Sistema Aguas de Quelana** se sitúa al este del Núcleo del Salar de Atacama y está compuesto por afloramientos de agua alineados en una disposición aproximada N-S. Estos cuerpos de agua presentan un comportamiento errático, denotando una gran variabilidad temporal y espacial en su superficie. Los cuerpos más estables se reconocen exclusivamente sobre la zona marginal, mientras que, durante períodos con eventos de precipitación intensa, éstos pueden temporalmente canalizarse y escurrir superficialmente al oeste, alcanzando incluso el límite con el núcleo del Salar.
- **El Sistema Vegetación Borde Este** se extiende por gran parte de la zona marginal este del Salar de Atacama, donde se concentra el contenido vegetacional del sector, destacándose los sectores caracterizados por la presencia de Vegetación Hidromorfa y de Brea-Atriplex (definidos como objeto de protección en la RCA Nº226/2006). La zona de Vegetación Hidromorfa se ubica en el límite occidental del sistema y está compuesta por especies que viven de la humedad que se genera por encontrarse el nivel somero del agua subterránea, mientras que la Vegetación Brea-Atriplex se encuentra en los sectores donde sus raíces potencialmente pueden estar conectadas con el acuífero del Borde Este.
- **El Sistema Peine** se sitúa al sureste del núcleo del Salar de Atacama, y en él se encuentran las lagunas Salada y Saladita y el Desborde de Laguna Interna, alineadas en una dirección aproximada SE-NW. El desborde Interna corresponde a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna, y su extensión depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde la laguna Saladita en épocas de abundancia hídrica. Por esta misma razón, su forma y dimensión es errática, lo que impide un registro y seguimiento adecuado y continuo de niveles y superficie.
- **El Sector Vegas de Tilopozo** se encuentra al sur del núcleo del Salar de Atacama, en este sector el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie, lo que favorece la presencia de un ecosistema tipo vegas, donde destaca la Vega de Tilopozo. En este sector se encuentran las lagunas La Punta y La Brava.
- **El Sector Núcleo del Salar de Atacama** corresponde al punto más bajo de la cuenca del Salar de Atacama, compuesto principalmente por materiales evaporíticos donde se ha desarrollado un acuífero salino del cual SQM y otros titulares extraen salmuera.

- **Sector Cuña Salina** se define a partir de una zona de mezcla entre fluidos que presentan contraste de densidad, esta se debe a la interacción que ocurre entre el agua que fluye hacia el núcleo del salar desde la zona aluvial con la salmuera que se encuentra almacenada en las unidades hidrogeológicas del núcleo, el contacto entre estos tipos de fluido ocurre en la unidad hidrogeológica zona marginal. Asimismo, la red de monitoreo del Sector Cuña Salina consta de 9 puntos de monitoreo, distribuidos en tres perfiles, distribuidos formando una línea en el sentido del gradiente de concentraciones y a aprox. 1.500 m de distancia entre uno y otro, con objeto de observar las posibles variaciones de la profundidad, pendiente y forma de la cuña salina.
- **Sector Cuenca Salar de Atacama** se define a partir de cuatro monitoreos puntuales de variables meteorológicas, obtenidas desde estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la cuenca del Salar de Atacama, pero fuera del área de influencia hidrogeológica del Proyecto. Dos de ellas se encuentran ubicadas en la subcuenca Llanos de la Paciencia al N-W del núcleo del salar (Llano de la Paciencia y Domeyko), y las otras dos dentro del límite del Salar de Atacama (LZA12-3 y Cordillera de la Sal). Su incorporación y la información que aporta permite mejorar la disponibilidad, calidad y consistencia de la información, así como estimar con mayor precisión la distribución espacial de las precipitaciones en la cuenca y, por consiguiente, las entradas del sistema, lo que permite minimizar la incertidumbre en el cálculo del balance hídrico.
- **Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña** se define a partir dos monitoreos puntuales de variables meteorológicas obtenidas desde estaciones meteorológicas ubicadas fuera de la cuenca del Salar de Atacama. Una se encuentra en la cuenca Río Loa, siendo el punto de monitoreo del PSAH más al norte del Salar de Atacama y corresponde la estación meteorológica El Tatio. Y la segunda, es el punto de monitoreo más al sur del PSAH y corresponde a la estación meteorológica Cerro Cosor en la cuenca Endorreica entre Fronterizas y Salar de Atacama. Su incorporación y la información que aporta permite mejorar la disponibilidad, calidad y consistencia de la información, así como estimar con mayor precisión la distribución espacial de las precipitaciones en la cuenca y, por consiguiente, las entradas del sistema, lo que permite minimizar la incertidumbre en el cálculo del balance hídrico.

Como resumen, en la Tabla 4-1 y Figura 4-1 se indican los sistemas objeto de protección ambiental del PSAH asociados a la RCA Nº226/2006 y se indican además los objetos de protección definidos para cada uno de ellos.

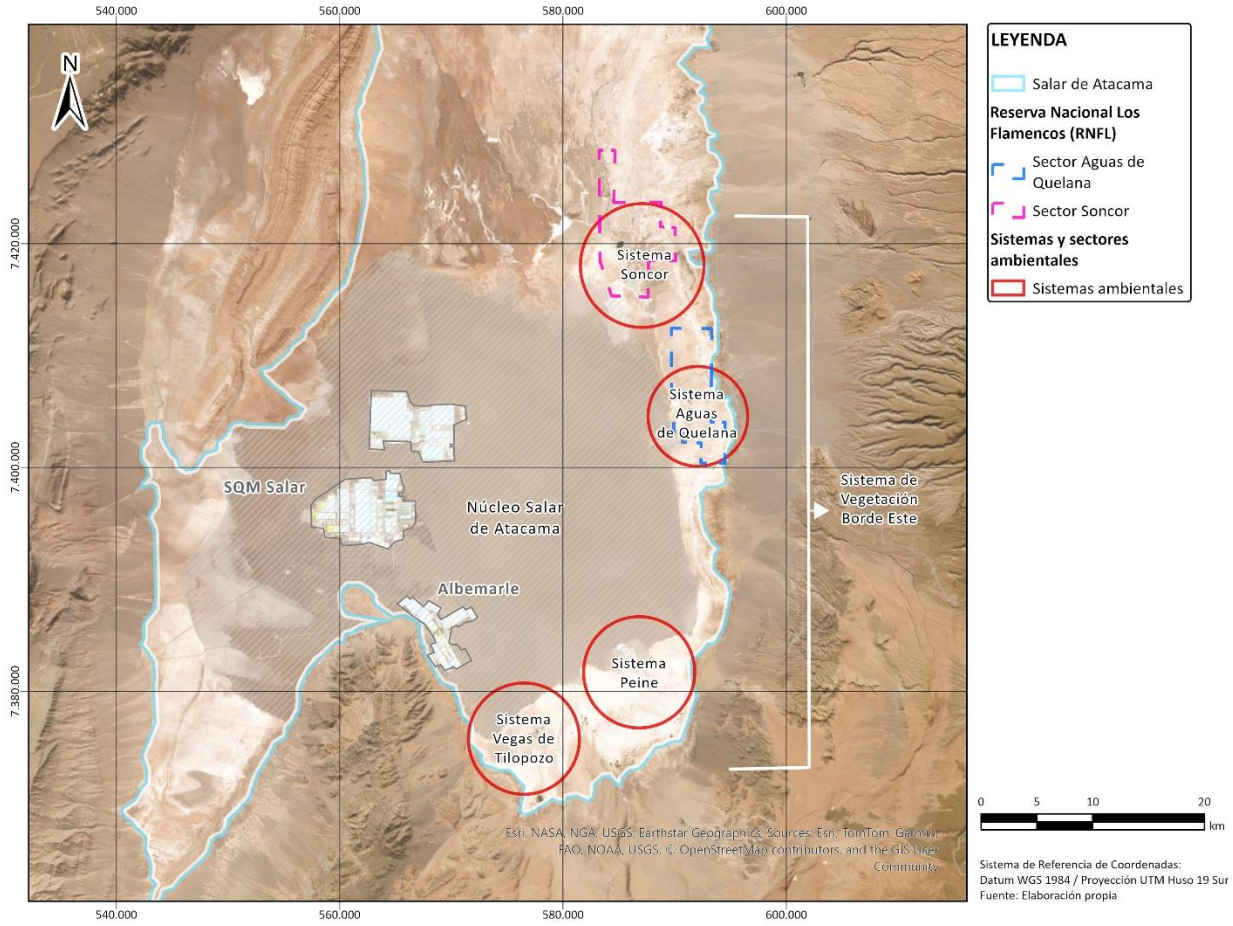
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección

Sistema/Sector	Objetos de protección
Sistema Soncor	Lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros
Sistema Aguas de Quelana	Cuerpos lacustres dispersos y de dimensiones variables
Sistema Vegetación Borde Este	Zona de Vegetación Hidromorfa Zona de vegetación Brea-Atriplex conectada con el acuífero
Sistema Peine	Lagunas Salada, Saladita y Desborde de Laguna Interna
Sector Vegas de Tilopozo	Vegas de Tilopozo
Sector Núcleo	Acuífero de salmuera
Sector Cuña Salina	Posición Cuña salina

Nota: No se incluyen los sectores nuevos (voluntarios) por no tener un objeto de protección asociado.
Fuente: Elaboración propia

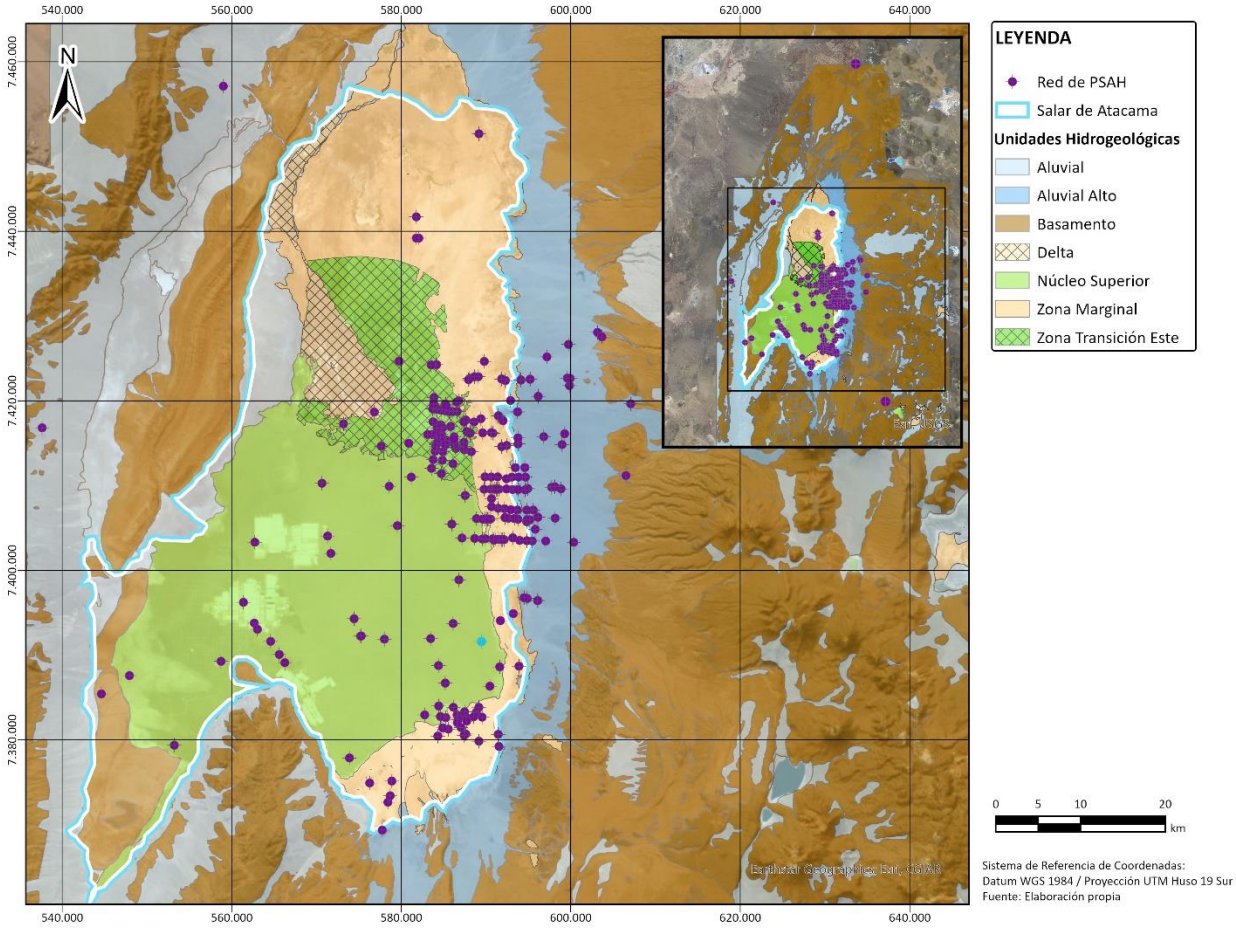
Para una mejor comprensión del seguimiento ambiental hidrogeológico, y sobre la base a los distintos comportamientos esperados, el análisis histórico de los resultados del monitoreo en cada sistema ha sido sectorizados de acuerdo con las zonas acuíferas definidas en la Figura 4-2, esto es; zona aluvial, zona marginal y zona núcleo. Esta delimitación tiene como base referencial la identificación de las Unidades Hidrogeológicas (UH) en el acuífero libre superior de la cuenca, lo que permite clasificar los distintos comportamientos hidrológicos e hidrogeológicos esperables en cada sector o sistema.

Figura 4-1: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSAH



Nota: Cuña salina no corresponde a un sector perimetralmente limitado, si no que se extiende en todo el contacto entre la salmuera y el agua dulce. Por este motivo es que no se muestra detallado en la figura.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-2: Zonificación Salar de Atacama basado en delimitación de las unidades hidrogeológicas



Fuente: Elaboración propia

4.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO

El PSAH contempla un total de 225 puntos de monitoreo, de los cuales 73 corresponden a puntos de monitoreo existentes y con registros previos a la RCA Nº226/2006 y 153 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se encontraban todos habilitados el 31 de octubre de 2007. Además de 23 puntos voluntarios, completando un total de 248 puntos de monitoreo a

la fecha. Durante el segundo semestre del 2024, se incluyeron 21 puntos de monitoreo adicionales en respuesta a la Acción 16 del PdC[3].

Todos los puntos de monitoreo corresponden a puntos fijos en el tiempo, a excepción de la medición de superficies lacustres, donde los puntos de control[4] de los límites de las lagunas son variable en el tiempo a escala de años y, en algunos casos, estos puntos forman parte de más de uno de los sistemas objeto de protección.

Los puntos de monitoreo del PSAH del proyecto se pueden clasificar en función de la variable ambiental objeto de monitoreo, de la siguiente manera:

- 197 pozos de monitoreo de nivel de agua/salmuera subterránea
- 5 pozos de bombeo de agua industrial[5]
- 18 reglillas para la medición del nivel de agua superficial
- 8 estaciones de aforo de flujos de agua superficiales
- 18 estaciones meteorológicas

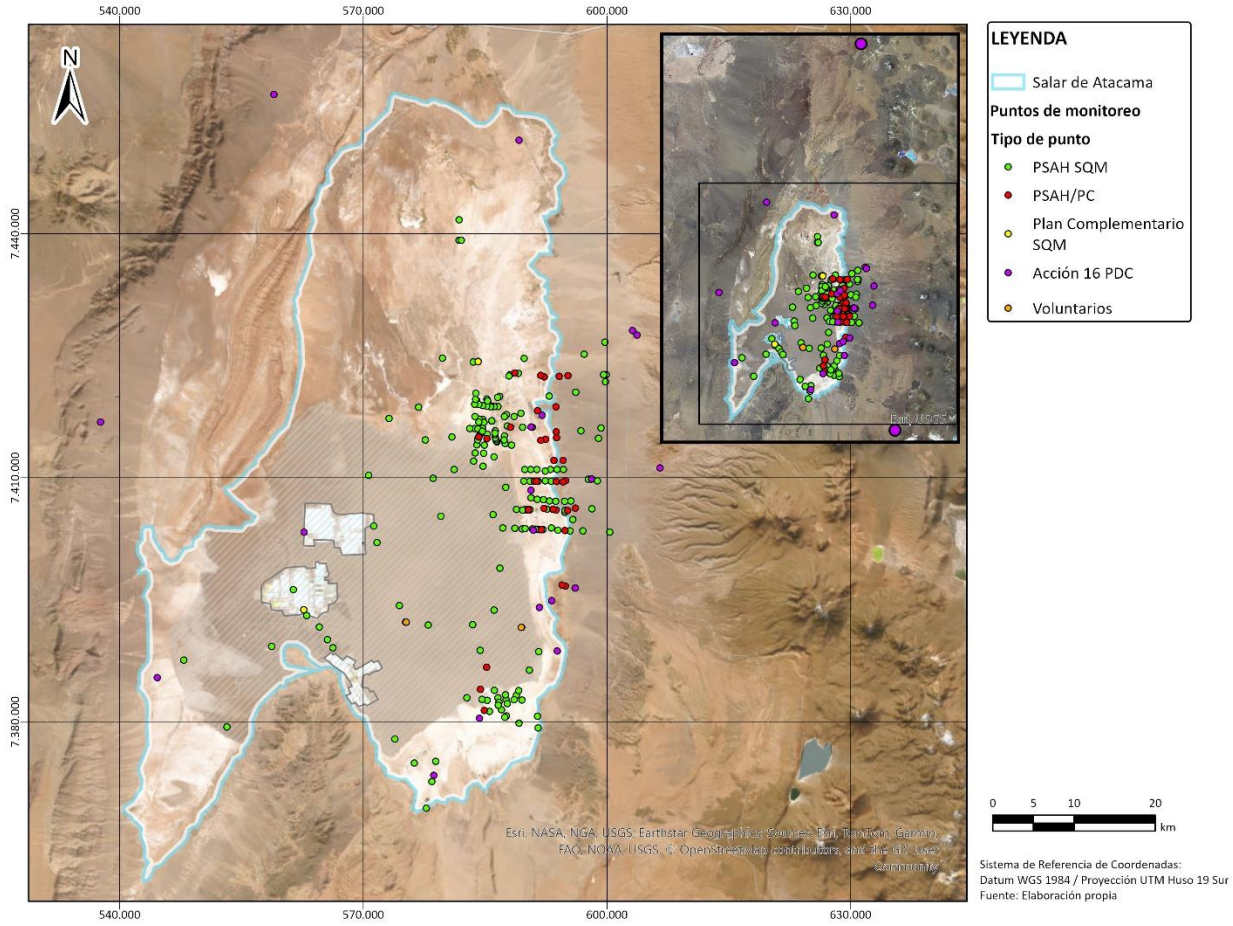
La ubicación de los puntos de monitoreo que conforman el PSAH se muestran en el mapa de la Figura 4-3, donde se diferencia por color los sistemas objeto del PSAH del proyecto. Las diferentes clasificaciones de puntos de monitoreo se explican en el Capítulo 5. Las coordenadas presentadas corresponden a las obtenidas en la campaña de levantamiento topográfico de detalle realizada el año 2007 de acuerdo con el considerando 10.2.1 de RCA Nº226/2006 para los puntos reportados hasta el PSAH N°35, y para los 21 puntos incorporados en el PSAH N°36. Dichas coordenadas se levantaron en proyección UTM Huso 19S, considerando datum WGS 1984 y elipsoide de referencia GRS80.

[3] Propuesta de Actualización del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico. Periodo de Información año 2021-2022.

[4] Punto de control variable de acuerdo con lo indicado en Res Nº224/2010, dado que los límites de los objetos de protección presentan variabilidad en el tiempo de su área y extensión.

[5] Considerar que Camar-2 ha sido desmantelado para extracción de agua industrial durante 2021, el seguimiento continuo con mediciones de nivel freático continuo y calidad química.

Figura 4-3: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH



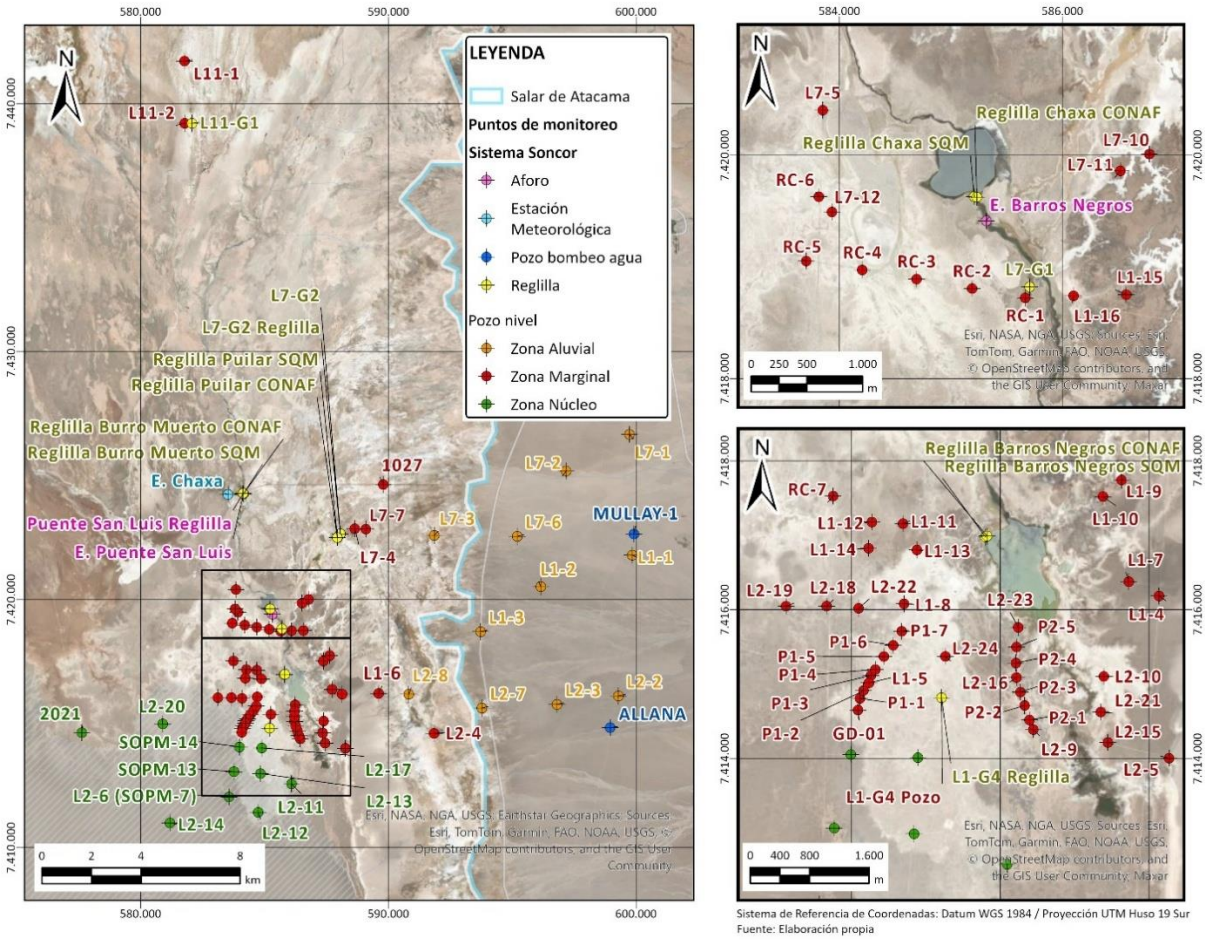
Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 SISTEMA SONCOR

Los puntos de monitoreo del PSAH del Sistema Soncor se ubican entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.442.000 a 7.410.000 norte y 577.000 a 600.000 este aproximadamente. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector, la medición de la extensión lagunar de Puilar, Chaxa y Barros Negros, la estación Meteorológica de Chaxa, las secciones de aforo del Puente San Luis y Barros Negros (ubicado a la salida de laguna Chaxa) y los pozos de extracción de Agua Industrial denominados Mullay-1 y Allana. De entre éstos, una parte de los pozos y todos los cuerpos de agua superficial (incluyendo el Canal de Burro Muerto) son muestreados para calidad.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo del Sistema Soncor se muestra en la Figura 4-4, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-4: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

Es importante señalar que 30 puntos de medición de nivel, que disponen de sistema para la obtención de datos continuos (24 pozos y 6 reglillas), también se miden manualmente con una frecuencia específica según el tipo de pozo: diariamente si es un pozo del PC o mensualmente si pertenece al resto de la red del

PSAH. Esto permite verificar el funcionamiento de los sensores y calibrarlos cuando sea necesario. La medición de aforo en Puente San Luis se realiza mensualmente por la ETFA y SQM, y la infraestructura cuenta con un sistema de monitoreo continuo que permite el cálculo del caudal.

Como se observa en el Anexo 2 respecto al monitoreo de calidad del agua, es posible diferenciar 4 grupos de puntos de control, de acuerdo con los parámetros que se incluyen y que se muestran en la Tabla 4-2 y Tabla 4-3.

Tabla 4-2: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua, Calidad 1 a 4

Nombre grupo parámetros	Tipo de parámetro	Parámetros incluidos
Calidad 1	Obligatorio*	Densidad, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, pH y conductividad.
	Voluntario	Calcio total y disuelto, magnesio total y disuelto, potasio total y disuelto, sodio total y disuelto, alcalinidad bicarbonato, alcalinidad carbonato, alcalinidad total, cloruro, nitrógeno nitrato y sulfato.
Calidad 2	Obligatorio	Salinidad, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sodio total, potasio total, calcio total, magnesio total, dureza total, carbonato[6], bicarbonato[7], sulfato, cloruro, arsénico total, nitratos[8], fosfato[9], pH, temperatura, alcalinidad total, oxígeno disuelto, conductividad, hidrocarburos totales, detergentes aniónicos, coliformes fecales y nitrógeno amoniacal.
	Voluntario	Calcio disuelto, magnesio disuelto, potasio disuelto, sodio disuelto, coliformes totales, sílice, hidrocarburos volátiles C6-C10, hidrocarburos fijos.

* Obligatorio según RCA Nº226/2006. Nota: Existe la Calidad 5 que se presenta en la Tabla 4-4. Fuente: Elaboración propia.

[6] Carbonato o su equivalente, alcalinidad carbonato.

[7] Bicarbonato o su equivalente, alcalinidad bicarbonato.

[8] Nitrato (NO_3^-) o Nitrógeno Nitrato (NO_3^--N), según disponibilidad de análitos acreditados y autorizados de la ETFA de laboratorio.

[9] Fosfato (P) o Fósforo Fosfato (PO_4^{3-}-P), según disponibilidad de análitos acreditados y autorizados de la ETFA de laboratorio.

Tabla 4-3: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua, Calidad 1 a 4 (continuación)

Nombre grupo parámetros	Tipo de parámetro	Parámetros incluidos
Calidad 3	Obligatorio	Salinidad, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, sodio total, potasio total, calcio total, magnesio total, dureza total, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, arsénico, nitratos, fosfatos, pH, temperatura, alcalinidad total, oxígeno disuelto, conductividad.
	Voluntario	Calcio disuelto, magnesio disuelto, potasio disuelto, sílice, sodio disuelto, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales.
Calidad 4	Obligatorio	Alcalinidad total, carbonato o alcalinidad carbonato, bicarbonato o alcalinidad bicarbonato, pH, sólidos disueltos totales, cloruro, nitrato, sulfato, arsénico, calcio, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio, zinc.
	Voluntario	Nitrógeno nitritos, temperatura, densidad, sólidos totales, sólidos suspendidos totales.

Nota: Existe un 5to tipo denominado Calidad 5 que se presenta en la Tabla 4-4. Fuente: Elaboración propia.

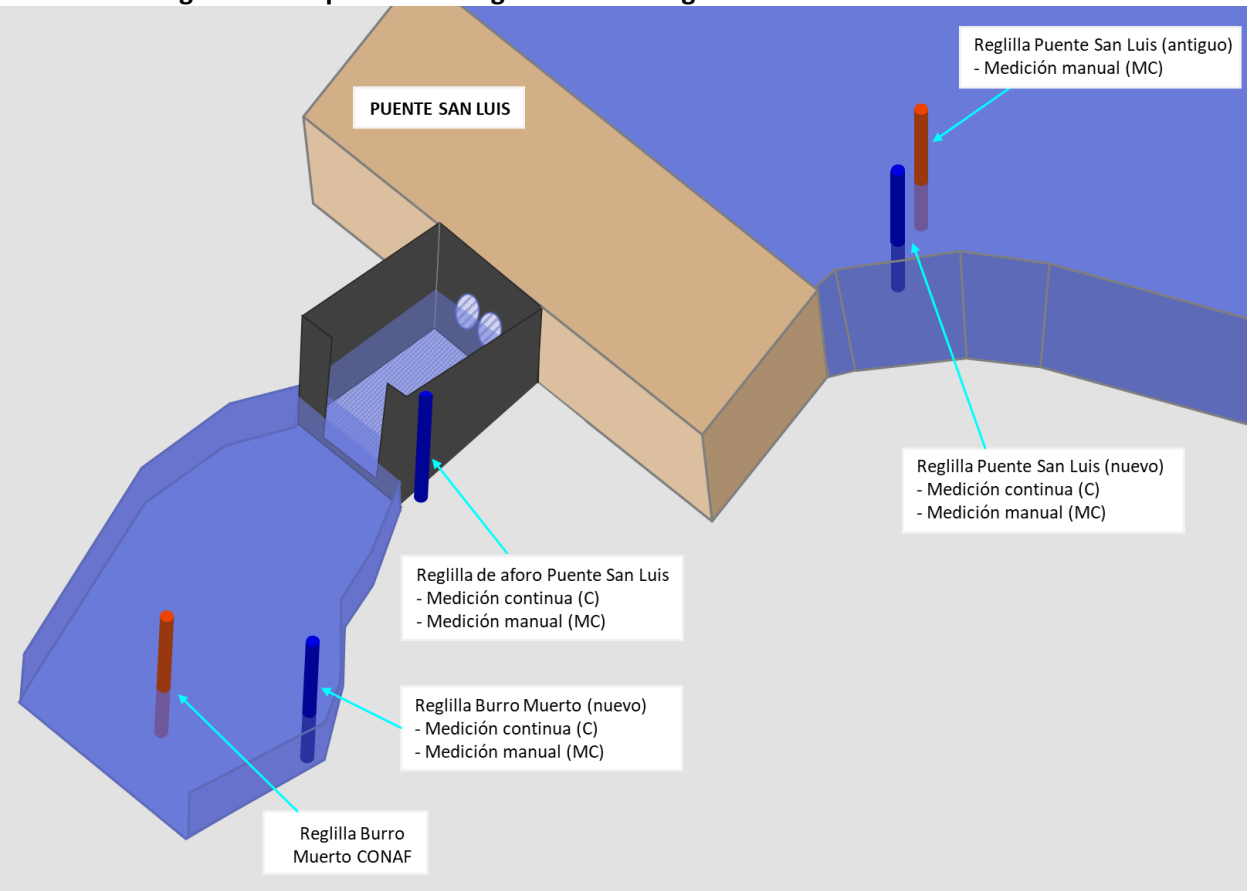
Para el caso de la estación meteorológica Chaxa, se considera la medición de los parámetros precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura del aire correspondiente al cumplimiento de la RCA 226/2006, y los parámetros voluntarios dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación global.

A modo explicativo, en la Figura 4-5 se presentan las reglillas y aforos instalados en el entorno del Puente San Luis, y su detalle corresponde a:

i. **Reglilla Puente San Luis**: Aguas arriba del puente San Luis existen dos reglillas que han sido monitoreadas históricamente por SQM (reglilla Puente San Luis nueva y antigua); la reglilla nueva es usada para soportar el transductor de presión que registra niveles de manera continua (además de mediciones manuales), desde septiembre de 2007 hasta la actualidad.
ii. **Aforo Puente San Luis**: corresponde a la medición que se realiza en la estación de aforo (Puente San Luis) y que presenta mediciones manuales y continuas desde 2007.
iii. **Reglilla Burro Muerto:** aguas abajo del puente San Luis existen dos grupos de reglillas, unas medidas e instaladas por SQM (monitoreada desde septiembre de 2007), y otras que corresponden a reglillas instaladas por CONAF.

SQM ha encargado a Flow Hydro Consulting Group el análisis de la evolución y estado actual del punto de monitoreo Reglilla L1-G4 en el Salar de Atacama (FLOW, 2023). Este informe, destaca los cambios naturales en la descarga de la Laguna Barros Negros y su influencia en las mediciones en la reglilla L1-G4. Inicialmente, la instalación de la reglilla tenía como objetivo registrar la profundidad de un encharcamiento aislado, pero ha dejado de ser un indicador eficaz debido a las variaciones en la descarga de la laguna. El informe explica cómo han evolucionado las mediciones en el punto Reglilla L1-G4 desde marzo de 2000 a 2023, identificando cinco períodos caracterizados por fluctuaciones en los niveles de agua. Las reducciones en la amplitud de estas fluctuaciones señalan posibles cambios en el equilibrio hídrico del sistema Soncor, influenciados por factores naturales y no necesariamente vinculados con las extracciones de salmuera de SQM.

Figura 4-5: Representación gráfica de las reglillas cercanas al Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que la Reglilla L1-G4, originalmente establecida como indicador del estado del Sistema Soncor según RCA Nº226/2006 para medir el agua superficial en la zona de desborde de Barros Negros, enfrenta un nuevo desafío debido al descenso de los niveles de salmuera en el área circundante. Ante la disminución del nivel de agua superficial, se ha decidido excavar el punto para permitir que la reglilla registre el nivel freático, ofreciendo así una alternativa para mantener el monitoreo de los niveles de agua. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que, a pesar de la excavación, el punto sigue estando seco en la superficie, lo que indica que la reglilla está midiendo agua subterránea, al igual que el pozo que lleva el mismo nombre. Este ajuste garantiza la continuidad en la medición de los niveles como indicador del estado del sistema, adaptándose a las condiciones cambiantes del entorno.

En respuesta a estos cambios, SQM ha modificado su estrategia de monitoreo, reemplazando la reglilla por un piezómetro que mide la profundidad del nivel de salmuera subterránea. Este cambio subraya el compromiso de SQM con un monitoreo preciso y la preservación del ecosistema del Salar de Atacama, ajustándose a los cambios ambientales para cumplir con sus compromisos medioambientales. En resumen, el memorándum (FLOW, 2023), revela cómo los cambios naturales en la descarga de la laguna han motivado ajustes en las prácticas de monitoreo de SQM.

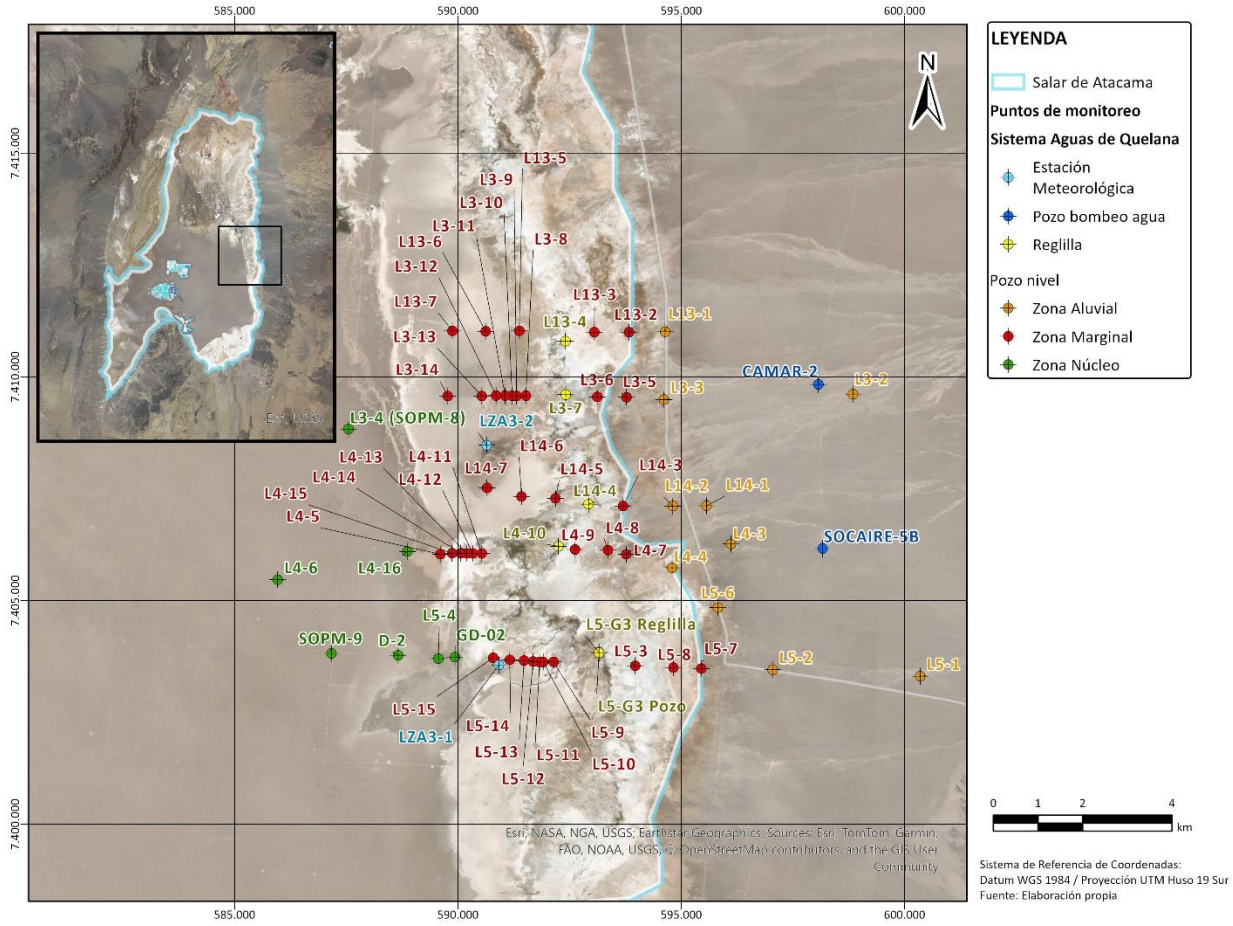
4.3.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

Los puntos que conforman la red de monitoreo del PSAH del Sistema Aguas de Quelana se ubica entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.415.000 a 7.400.000 norte y 585.000 a 602.000 este aproximadamente.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-6. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector, la medición de la extensión lagunar, las estaciones Meteorológicas LZA3-2 y LZA3-1 (Quelana), de ahora en adelante conocida como LZA3-1, y el pozo de extracción de Agua Industrial Socaire-5B. De entre éstos, los pozos son muestreados para calidad.

Las estaciones meteorológicas registran humedad relativa, precipitación, temperatura del aire, presión atmosférica, radiación global, velocidad del viento y, en el caso de LZA3-1, también evaporación. Las variables de presión atmosférica, radiación global, dirección y velocidad del viento se incorporaron al monitoreo en mayo de 2025, según la propuesta 2.3.1 de la Acción 16 (SQM SpA., 2024).

Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que 30 los puntos de medición de nivel cuentan con sistema para la obtención de datos continuos (24 pozos, 5 reglillas y Camar-2) son además medidos manualmente con una frecuencia determinada según sea un pozo del PC (medición diaria) o del resto de la red del PSAH (mensual).

Aunque la infraestructura de extracción de agua industrial del pozo Camar-2 fue desmantelada (junio de 2021), tal como se describe en el informe Nº30, Nº31 y Nº32 del PSAH, este se mantiene como un punto de seguimiento ambiental del Sistema Aguas de Quelana, por lo que la medición manual de su nivel en este punto se ha mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria, al igual que las mediciones de calidad.

Como se muestra en el Anexo 2 respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados calidad 1, calidad 3 y calidad 4 (en la Tabla 4-2, se detallan los analitos medidos en cada grupo). Para el punto L4-10, el sílice no es un parámetro voluntario y se incluye la densidad como tal.

La infraestructura L5-G3, reglilla en el entorno al sistema lagunar Aguas de Quelana se encontró rota por parte del personal de SEGEA y SQM en la visita del día 07 de agosto de 2023 (ver Figura 4-7). Este punto había sido medido por última vez el día 03 de julio de 2023, con una medida de nivel igual a 0,414 (m) y con una cota de referencia igual a 2301,135 m.s.n.m. Así, entonces, el quiebre de la Reglilla debió producirse en el intervalo entre el 03 de julio y el 07 de agosto de 2023.

Figura 4-7: Registro Fotográfico de Reglilla L5-G3



Registro fotográfico de la visita a la reglilla en que se realizó la última medición (Fuente: SEGEA)



Registro fotográfico del estado en que se encontró la reglilla caída (Fuente: SEGEA)

Durante el mismo día del 07 de agosto de 2023 esta infraestructura fue restituida tal como se muestra en la Figura 4-7, logrando obtener una medida de nivel de 0,415 m. Sin embargo, la actualización en la elevación del punto de referencia no se concretó sino hasta el 14 de septiembre de 2023. Este retraso se atribuye a las restricciones de acceso a Aguas de Quelana, ubicada en la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF), bajo la supervisión de CONAF. La nueva elevación registrada para el punto de referencia es de 2.301,137 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

4.3.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESE

Los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este se encuentran entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.425.000 a 7.395.000 norte y 590.000 a 600.000 este aproximadamente. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua, las estaciones meteorológicas LZA12-1, LZA12-2, LZA3-3, LZA7-1 y LZA7-2, el pozo de extracción de agua industrial CA-2015, calidad química, aforo y caudal de agua superficial.

En la siguiente Figura 4-8 se muestra la distribución geográfica de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema. A continuación, en el Anexo 2 se detallan las coordenadas de ubicación de dichos puntos y su simbología de acuerdo con el tipo de infraestructura; los puntos asociados a la zona hidrogeológica implican ser pozos de monitoreo en aquellas unidades. Del mismo modo en el Anexo 2 se indica las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y su frecuencia de medición.

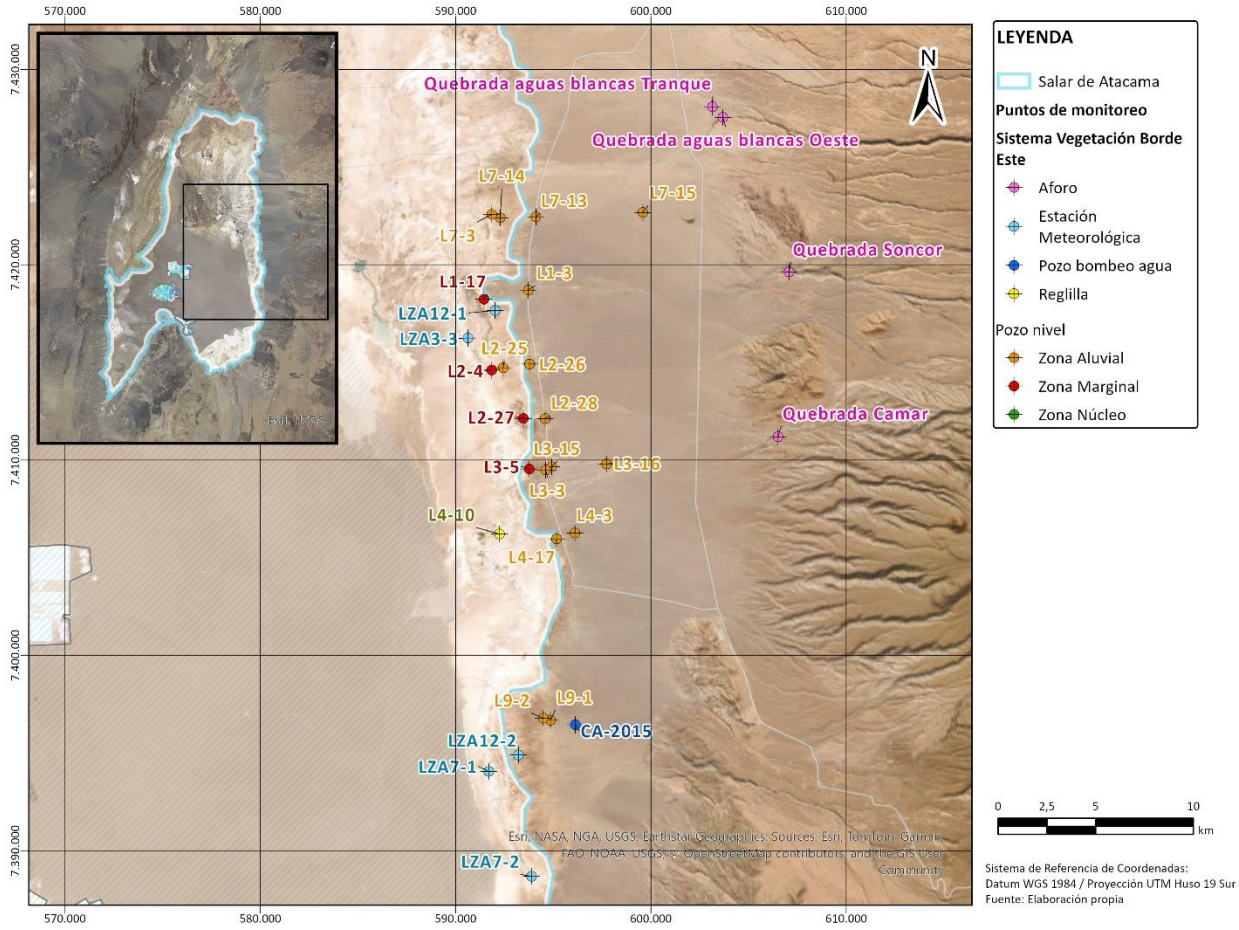
Cabe mencionar, que 18 de los puntos de medición de nivel que cuentan con sistema para la obtención de datos continuos (17 pozos y 1 reglilla) son además medidos manualmente con una frecuencia determinada según sea un pozo del PC (medición diaria) o del resto de la red del PSAH (mensual).

Para las estaciones meteorológicas, se miden humedad relativa, precipitación, temperatura del aire, radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. Los sensores para monitorear radiación global, presión atmosférica, velocidad del viento y dirección del viento fueron instalados entre marzo y mayo de 2025 según la propuesta 2.3.1 de la acción 16 del PdC (SQM SpA., 2024).

Como se observa en el Anexo 2, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados calidad 1, calidad 3 y calidad 4 (en la Tabla 4-2, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

Aunque el pozo de extracción de agua industrial P2 fue reemplazado por el CA-2015 (a partir del año 2017), la medición mensual de nivel en este punto se ha mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria.

Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este



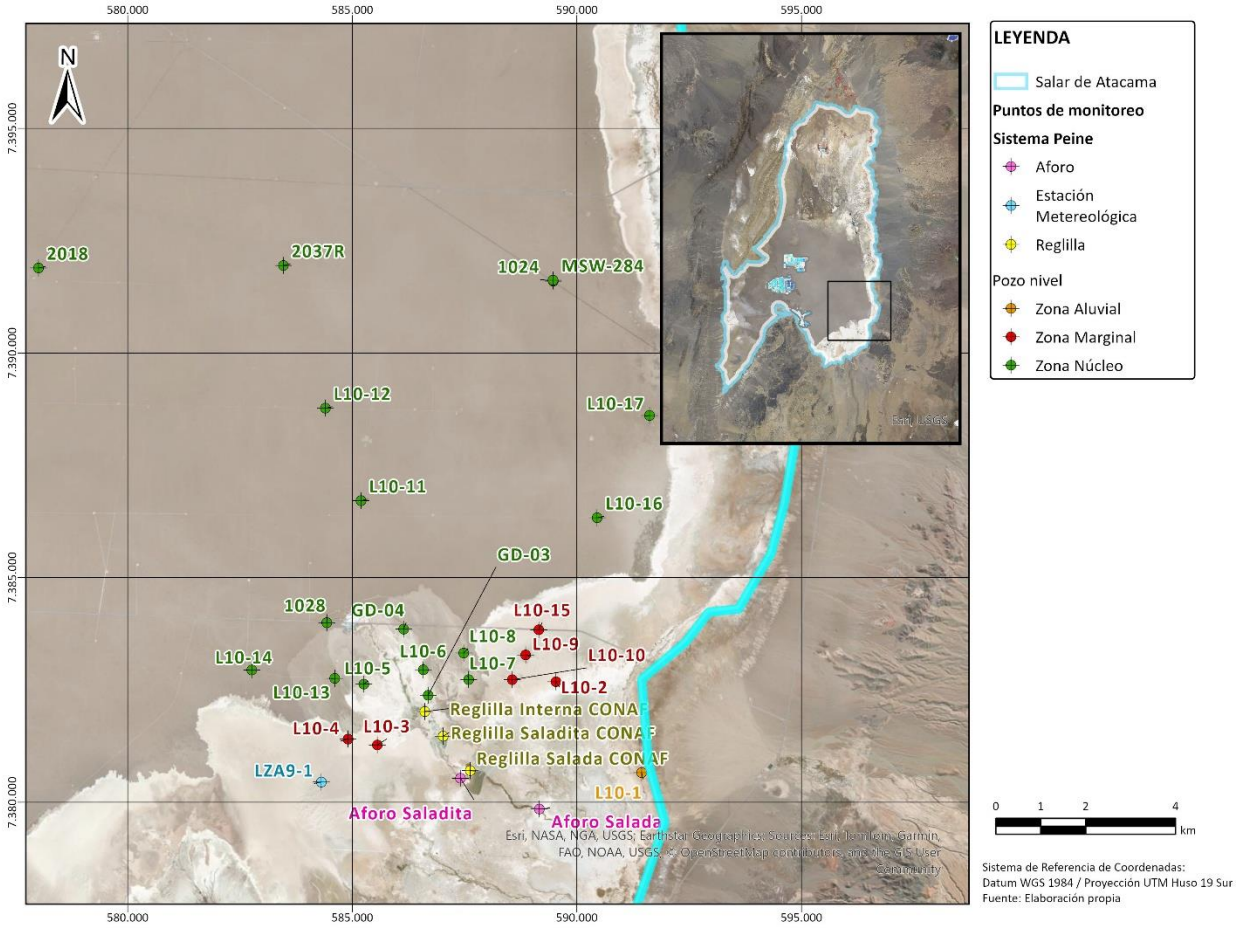
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 SISTEMA PEINE

Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este aproximadamente. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector y las lagunas Salada, Saladita y el Desborde de Laguna Interna, donde se incluyen las secciones de aforo de las lagunas Salada y Saladita, además de la medición de la extensión lagunar en los tres cuerpos de agua y también el muestreo de calidad en pozos, y meteorología en la estación LZA9-1 (Interna), en este documento también referida como LZA9-1. En el Sistema Peine no se contemplan pozos de agua industrial.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-9. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que el pozo 2037, que inicialmente se construyó bajo la campaña dirigida por CORFO-MINSAL (año 1986) con el propósito de realizar exploraciones geológicas en la zona del Núcleo - Bloque Este, fue designado como punto de monitoreo en el Sistema Peine, según lo estipulado en RCA Nº226/2006. Sin embargo, al intentar iniciar el monitoreo en 2007, se descubrió que el pozo estaba naturalmente sellado por precipitación de sal. Ante esta situación, se optó por llevar a cabo las mediciones de nivel en el pozo

contiguo, construido como remplazo del pozo original y designado como 2037R, esto para cumplir con los requisitos de monitoreo ambiental establecidos. Es relevante señalar que las coordenadas y cota proporcionadas en cada PSAH con respecto al pozo 2037 siempre han sido referentes al pozo 2037R, lo que implica que, en la práctica, el pozo 2037 ha sido considerado como el 2037R en términos de registro de terreno y seguimiento ambiental. Por tanto, se establece que, de ahora en adelante, lo correcto es referirse a este pozo como 2037R, dada su función histórica como punto de medición.

Para el caso de la estación meteorológica LZA9-1, se considera la medición de los parámetros dirección del viento, evaporación, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, radiación global, temperatura del aire, velocidad del viento.

Como se observa en el Anexo 2, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados calidad 1 y calidad 3 (en la Tabla 4-2, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

4.3.5 SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

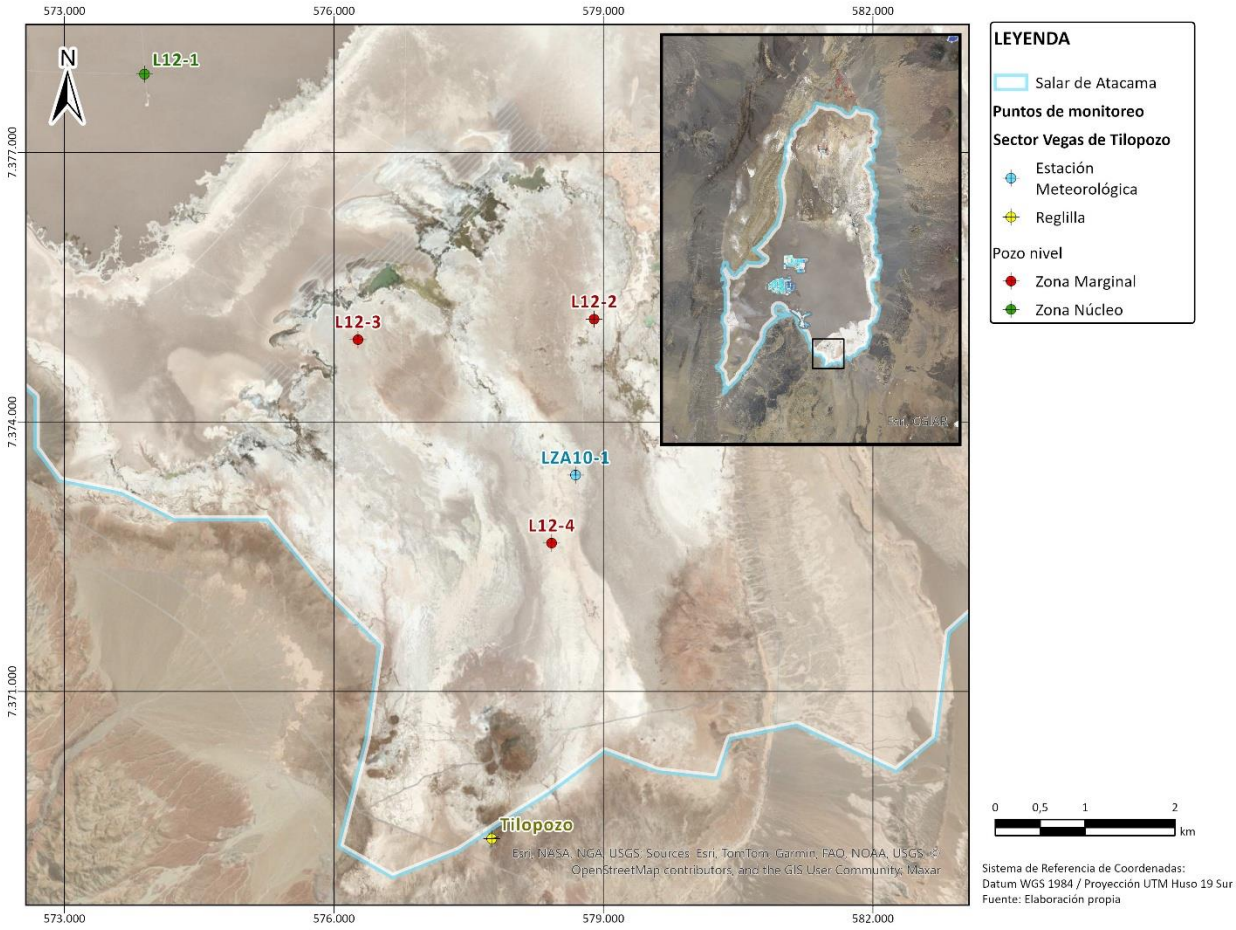
Los puntos de monitoreo del Sector Vegas de Tilopozo se ubican entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.378.000 a 7.370.000 norte y 573.000 a 580.000 este aproximadamente. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de nivel, reglillas y meteorología en la estación LZA10-1.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-10, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2.

Para el caso de la estación meteorológica LZA10-1, se considera la medición de los parámetros humedad relativa, precipitación, temperatura del aire, presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento. Las variables de presión atmosférica, radiación global, dirección y velocidad del viento han sido monitoreadas desde mayo de 2025 en el marco de la propuesta 2.3.1 de la acción 16 (SQM SpA., 2024).

En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectivas.

Figura 4-10: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo

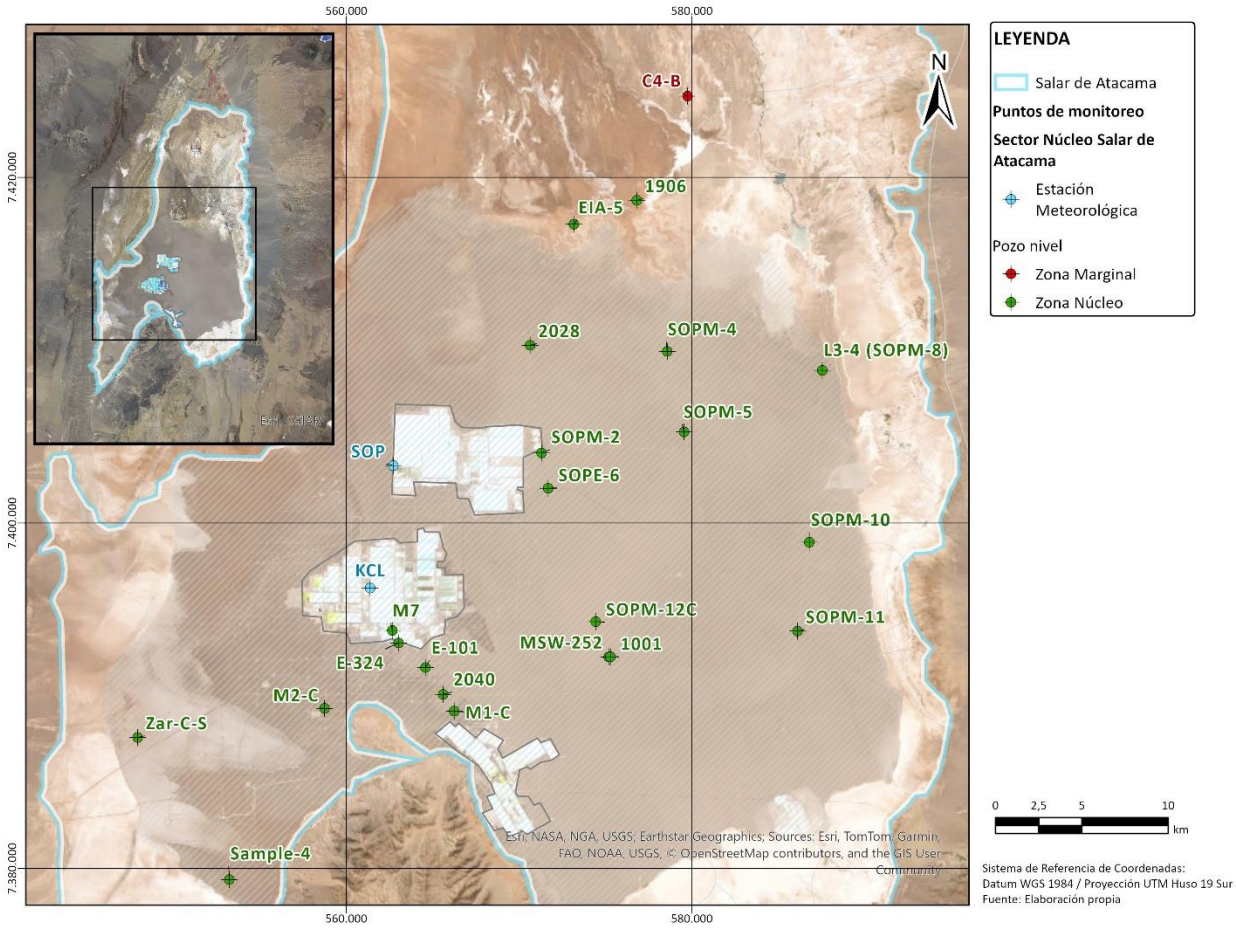


Fuente: Elaboración propia.

4.3.6 SECTOR NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Los puntos de monitoreo del Núcleo del Salar de Atacama se encuentran entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.425.000 a 7.379.000 norte y 547.000 a 588.000 este aproximadamente. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de nivel de salmuera, calidad química y meteorología en las estaciones SOP y KCL. La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-11. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-11: Distribución espacial puntos de monitoreo Sector Núcleo del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el Anexo 2, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, todos ellos corresponden al grupo denominado calidad 5 (Tabla 4-4).

Para el caso de las estaciones meteorológicas SOP y KCL, se considera la medición de los parámetros dirección del viento, evaporación, humedad relativa promedio, precipitación, presión atmosférica promedio, radiación global, temperatura promedio, velocidad del viento.

Tabla 4-4: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua, calidad 5

Nombre grupo parámetros	Tipo de parámetro	Parámetros incluidos
Calidad 5	Obligatorio*	Densidad, sólidos disueltos totales.
	Voluntario	Calcio total y disuelto, magnesio total y disuelto, potasio total y disuelto, sodio total y disuelto, alcalinidad bicarbonato, alcalinidad carbonato, alcalinidad total, cloruro, nitrógeno nitrato y sulfato, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, pH y conductividad.

* Obligatorio según RCA Nº226/2006. Fuente: Elaboración propia.

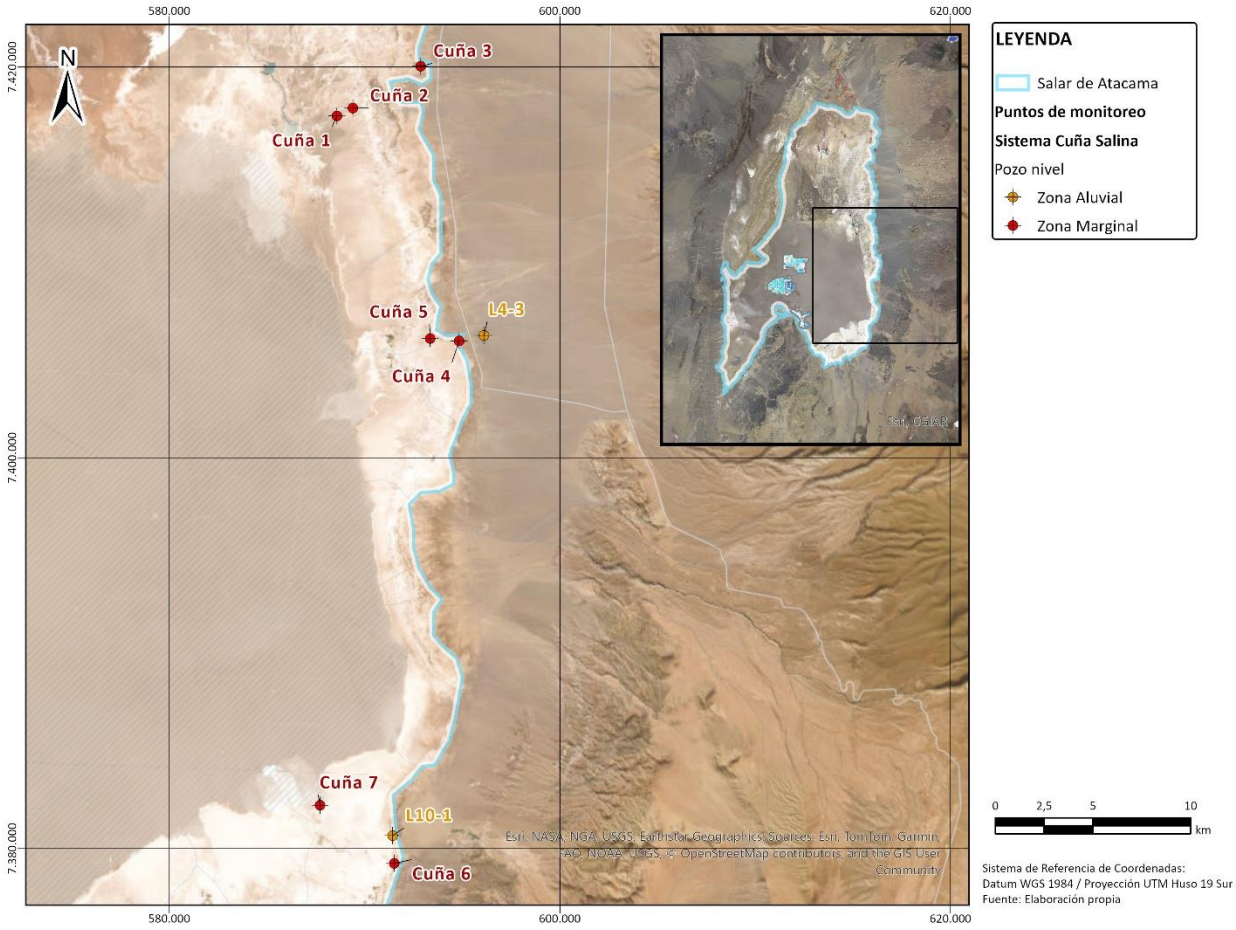
4.3.7 SECTOR CUÑA SALINA

Los 9 puntos de monitoreo de la Cuña Salina, agrupados en tres perfiles, se encuentran entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.420.000 a 7.381.000 norte y 587.000 a 597.000 este aproximadamente. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de conductividad eléctrica, nivel y calidad, ubicados en el sector marginal del salar.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de la Cuña Salina se muestra en la Figura 4-12. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

El monitoreo de calidad de agua se realiza en los puntos L10-1 y L4-3, considerando los parámetros de la calidad 1 (ver Tabla 4-2 y Anexo 2).

Figura 4-12: Distribución geográfica puntos de monitoreo del Sector Cuña Salina



Fuente: Elaboración propia.

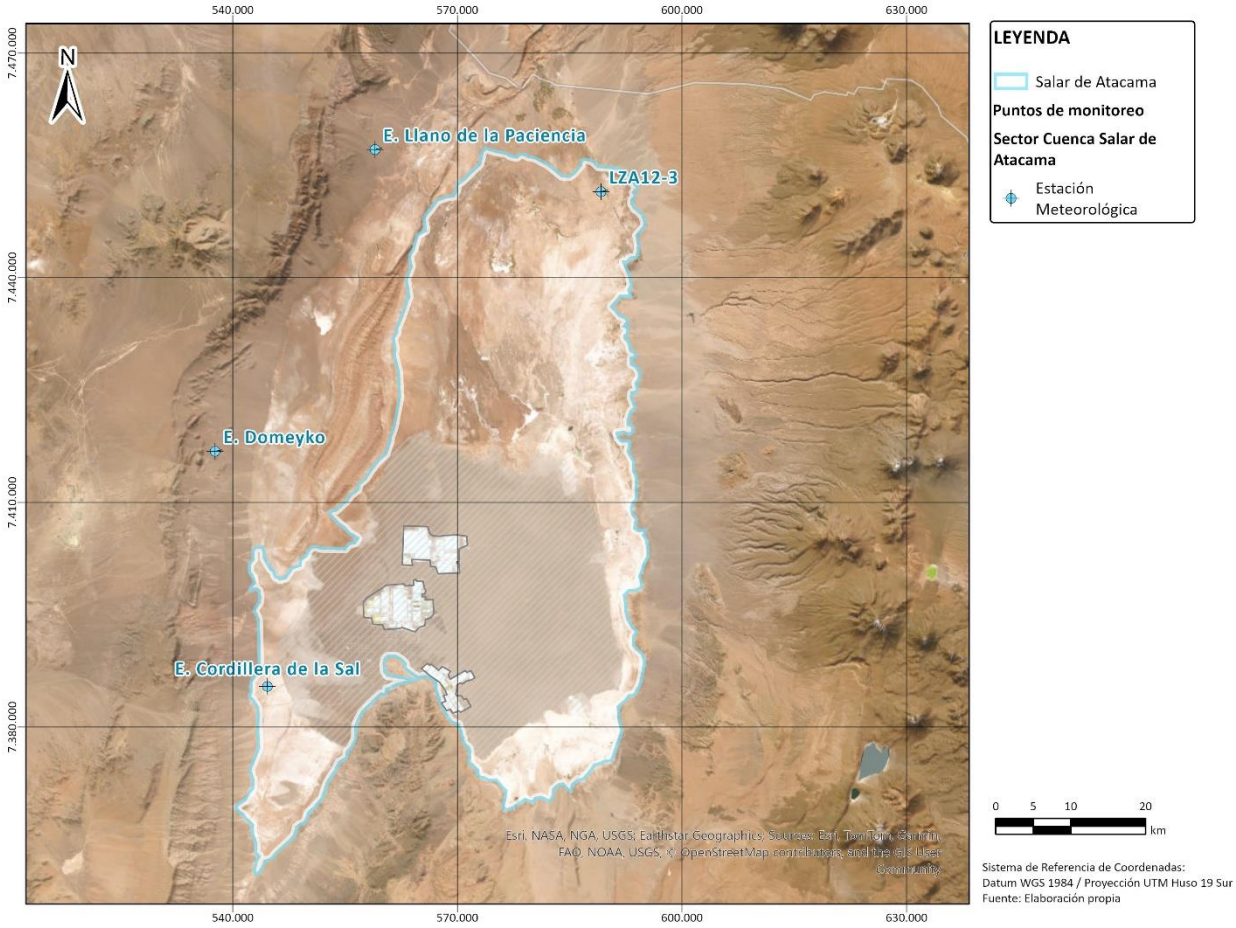
4.3.8 SECTOR CUENCA SALAR DE ATACAMA

Los puntos de monitoreo del PSAH del Sector Cuenca Salar de Atacama se ubican entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.385.000 a 7.457.000 norte y 600.000 a 616.000 este aproximadamente. La red de monitoreo de este sistema contempla a las estaciones meteorológicas Domeyko, Cordillera de la Sal, Llano de la Paciencia y LZA12-3.

Las estaciones meteorológicas Domeyko, Llano de la Paciencia, LZA12-3 y Cordillera de la Sal miden humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, radiación global, temperatura del aire, dirección y velocidad del viento. Además, la estación Cordillera de la Sal monitorea la evaporación.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo del Sector Cuenca Salar de Atacama se muestra en la Figura 4-13. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-13: Distribución geográfica puntos de monitoreo del Sector Cuenca Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

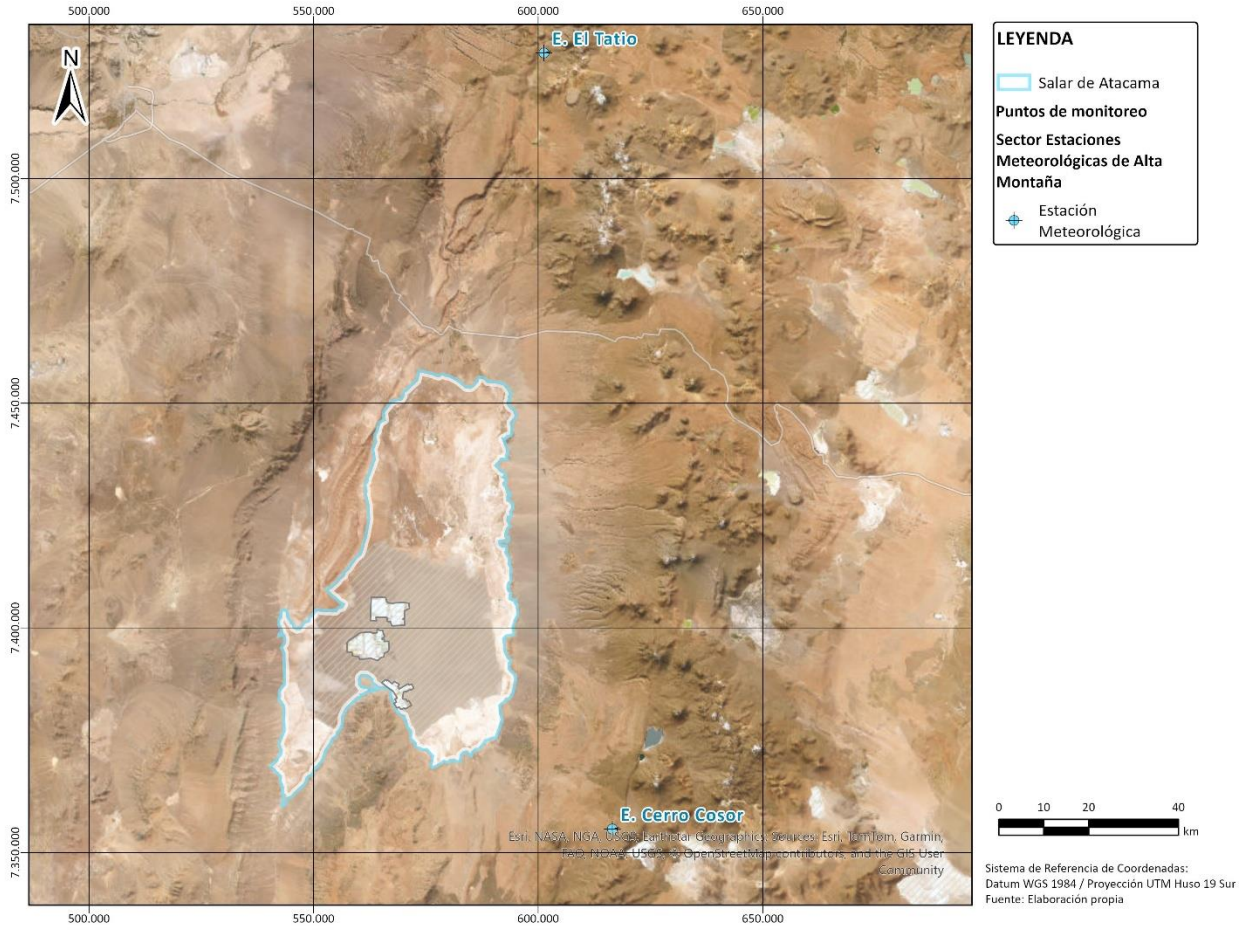
4.3.9 SECTOR ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE ALTA MONTAÑA

Los puntos de monitoreo del PSAH del Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña se ubican entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.355.000 a 7.528.000 norte y 600.000 a 616.000 este aproximadamente. La red de monitoreo de este sistema contempla a las estaciones meteorológicas Cerro Cosor y El Tatio SQM.

Para las estaciones meteorológicas se considera la medición de los parámetros dirección y velocidad del viento, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, radiación global y temperatura del aire.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo del Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña se muestra en la Figura 4-14. En el Anexo 2 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-14: Distribución geográfica puntos de monitoreo del Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña



Fuente: Elaboración propia.

4.3.10 PLAN DE CONTINGENCIAS (PC)

Uno de los objetivos principales del PSAH es proveer información para operar el Plan de Contingencias (PC), el cual está orientado a dar respuesta oportuna frente a impactos no previstos.

Según se indica en la RCA Nº226/2006 en su considerando 11.1, se contempla que cada dos años el PC sea revisado con el fin de incorporar la nueva información que se obtiene del PSAH. Como se mencionó en el capítulo 1, en enero de 2022 se presentó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el Estudio de Impacto Ambiental comprometido en el proceso sancionatorio rol F-041-2016, que incorpora una actualización del Plan de Contingencias (Acción 50 del PdC). Por tal razón, los Informes PSAH Nº33, Nº34, Nº35, Nº36 y actual (Nº37) no contienen una revisión del Plan de Contingencias, ya que esta acción se efectuará en profundidad en el marco de la evaluación del EIA del proyecto "Plan de Reducción de Extracciones en el Salar de Atacama", actualmente en curso.

Para efectos del presente informe, se ha tenido a la vista lo indicado en la Resolución Exenta Nº38/Rol F-041-2016 de 29 de agosto de 2022 que aprueba el Programa de Cumplimiento (PdC). Conforme a lo anterior, el Plan de Contingencias (PC) se ajusta a lo indicado en los considerandos 11.2.1, 11.3.1 y 11.4.1 de la RCA Nº226/2006.

En el caso del Sistema Lagunar de Peine, provisoriamente, se han definido tres indicadores de estado (Piezómetros 1028, L10-11 y L10-4) y sus correspondientes umbrales de activación y acciones en caso de activación (Fases I y II)[10].

SQM ha asumido como compromiso voluntario considerar 6 indicadores de estado adicionales a los definidos en la RCA Nº226/2006, que se identifican como Pozos Adicionales y que se distribuyen en el Sistema de Vegetación Borde Este; cuatro en el sistema Brea-Atriplex (L2-25, L7-14, L4-17 y L9-2) y dos en

[10] Estos indicadores fueron propuestos para el Sistema Peine en el Programa de Cumplimiento presentado en el procedimiento F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

el sistema Alerta Temprana (L2-26 y L3-15). Para todos se definieron los umbrales respectivos bajo los mismos criterios que en la RCA Nº226/2006 vigente.

De acuerdo con lo anterior, los Indicadores de Estado del Plan de Contingencias, que además forman parte de los puntos de control del PSAH señalados en las secciones anteriores, se identifican en la Tabla 4-5, y su ubicación espacial se presentan en el mapa de la Figura 4-15 y Figura 4-16.

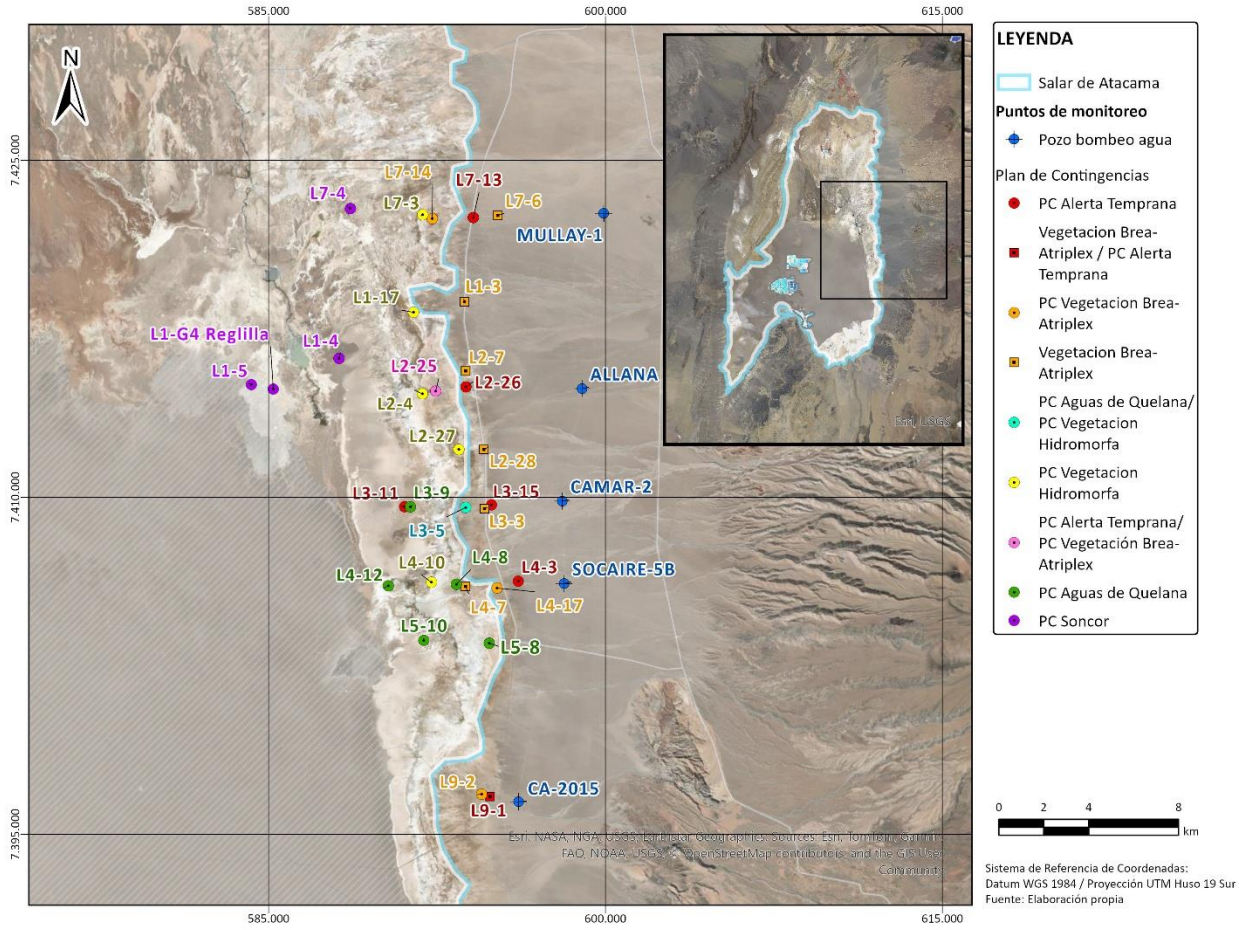
Tabla 4-5: Indicadores de Estado del Plan de Contingencia

Sistema	Subsistema	Indicador de estado	Origen
Soncor	-	L1-5, L1-4, L7-4, L1-G4 Reglilla	RCA Nº226/2006
Aguas de Quelana	-	L5-8, L4-8, L3-5, L3-9, L5-10, L4-12	
Vegetación Borde Este	Vegetación Hidromorfa	L7-3, L2-4, L3-5, L4-10, L1-17, L2-27	
	Vegetación Brea-Atriplex	L7-6, L2-7, L3-3, L4-7, L9-1, L1-3, L2-28	
	Alerta Temprana	L7-13, L2-25, L3-11, L4-3, L9-1	
Peine	-	1028, L10-11, L10-4, PN-05B, PN-08A	PdC presentado en proceso SMA F-041-2016
Pozos adicionales	Vegetación Brea-Atriplex	L2-25, L7-14, L4-17, L9-2	Pozos adicionales SQM
	Alerta Temprana	L2-26, L3-15	

Fuente: Elaboración propia.

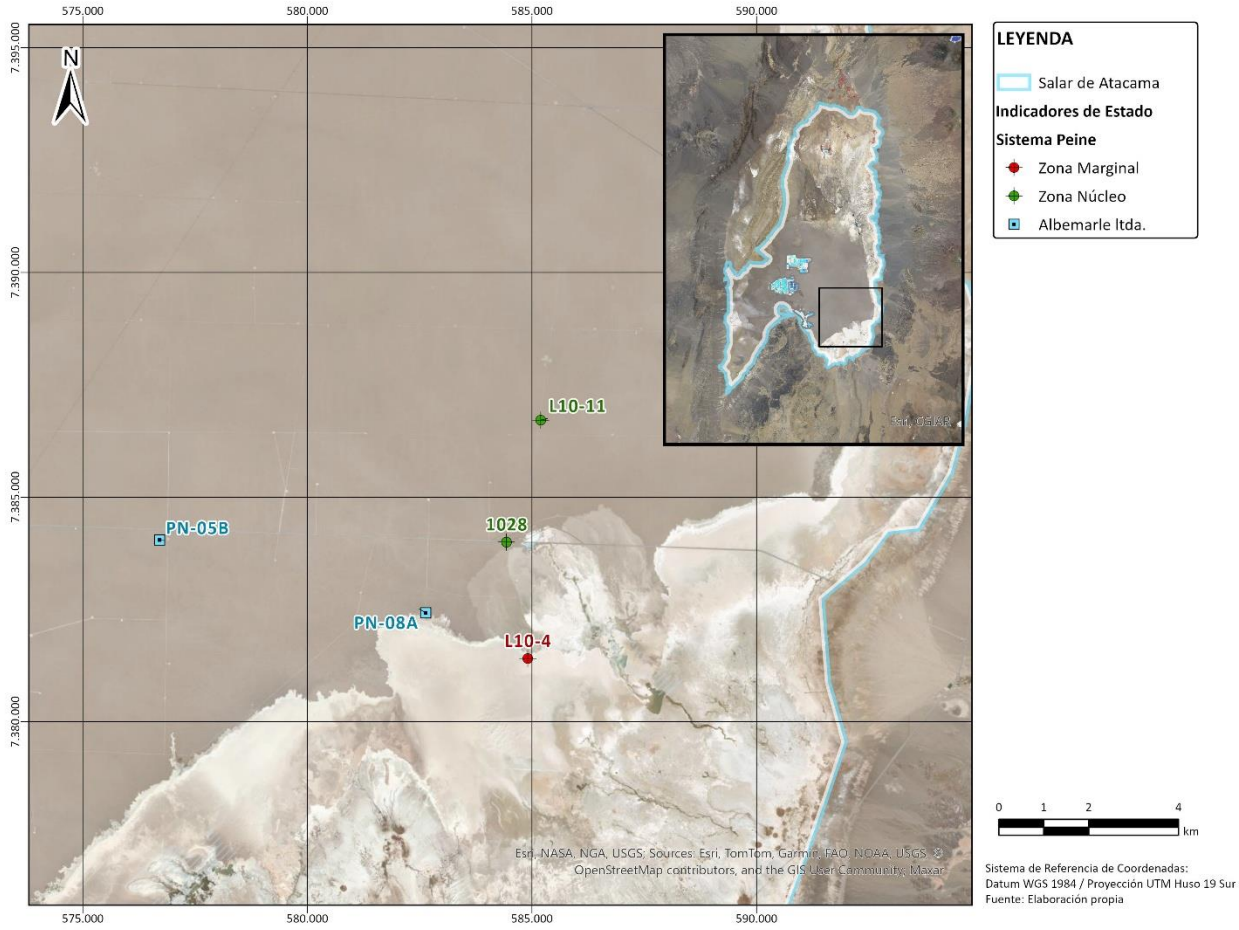
Algunos de los pozos mencionados en este Plan de Contingencia (asociado a la RCA N°226/2006) no han resultado adecuados para monitorear el estado de salud de los objetos de protección. Esto se debe a que se encuentran en una unidad hidrogeológica distinta o en un sector que responde de manera más tardía a cambios hidrogeológicos, lo que dificulta la función de anticiparse a los efectos.

Figura 4-15: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-16: Ubicación indicadores de estado Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

4.4 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES

El informe PSAH se basa en la normativa establecida por la RCA Nº226/2006 y la Resolución Exenta Nº223, las cuales definen las directrices para la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales. La inclusión de estos parámetros en los anexos sigue las instrucciones estipuladas en la Resolución Externa Nº894/2019, la cual se enfoca en los informes de seguimiento del componente ambiental del agua. Sin embargo, en el año 2020, la SMA procedió a actualizar los formatos, extendiendo dichas actualizaciones a subcomponentes como el agua superficial y subterránea.

En lo que respecta a los monitoreos meteorológicos clasificados como parte del componente aire y su interacción con la hidrología, la Resolución Externa Nº894/2019 no proporciona una metodología detallada para reportar esta variable en los anexos. En consecuencia, se han ajustado las planillas de otras variables para incorporar esta información. Del mismo modo, se ha adoptado un enfoque similar para el parámetro de superficie lacustre dentro de la variable de cantidad de agua superficial, para la cual se ha diseñado una hoja de cálculo específica.

Asimismo, desde septiembre del año 2020, las comunidades tienen acceso a información actualizada sobre el seguimiento hidrogeológico a través del sitio web público https://www.sqmsenlinea.com/. Este recurso brinda datos esenciales, como el monitoreo continuo del nivel (msnm) de los pozos PSAH, que se emplean como indicadores de alerta en los Planes de Contingencia (PC), además de ofrecer detalles sobre la extracción de salmuera, agua industrial y condiciones meteorológicas. Con la aprobación del Plan de Contingencia, se amplían los resultados del seguimiento hidrogeológico conforme a la frecuencia y el responsable de la medición, según se detalla en la Tabla 4-6.

En la Tabla 4-6 se presenta las variables, parámetros y resoluciones asociadas que se reportan en este informe, cumpliendo así con el compromiso establecido en la RCA Nº226/2006 y a posteriores resoluciones ambientales que modifican el responsable de la medición. Así, en abril de 2022, se emitieron nuevas resoluciones (Resoluciones Exentas Nº573, Nº574 y Nº575/2022) que actualizan los requisitos y operatividad para Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA), Inspectores/as Ambientales (IA) y titulares. La principal modificación, según la Resolución Nº573/2022, es que SQM ya no necesita que las actividades de muestreo y/o medición de agua sean realizadas por una ETFA bajo ciertas condiciones específicas. Estas condiciones incluyen que, para los parámetros de Nivel freático y Nivel de agua superficial, cuando no hay un valor límite o umbral de cumplimiento establecido en un instrumento de carácter ambiental de competencia de la Superintendencia, SQM puede llevar a cabo las mediciones, demostrando la competencia técnica de su personal y manteniendo registros adecuados. Además, las mediciones mensuales de niveles ahora son responsabilidad de SQM, mientras que las mediciones diarias son realizadas por la ETFA. En cuanto a otros parámetros medidos con frecuencia horaria o diaria, SQM también puede llevar a cabo las mediciones si demuestra la competencia técnica de su personal. Sin embargo, estas excepciones no se aplican al PSAH de SQM, ya que los parámetros son medidos con

frecuencias menores. Los cambios requerían un período de adaptación tanto para la ETFA como para SQM, implementados por completo durante el semestre reportado.

Algunas precisiones respecto a las metodologías de parámetros del PSAH se describen a continuación:

- La red voluntaria de monitoreo son los puntos declarados como respuesta de la Resolución 1.314/2020 SMA y en función de la recomendación de la acción 16 del PdC (SQM SpA., 2024).
- Niveles de la red de monitoreo PC (A): la distinción entre los puntos que son medidos de forma manual y los que además están equipados para la medición continua, se encuentra detallado en la sección 4.3 junto a la ubicación de los puntos o áreas de Monitoreo.
- Forma de reportar Niveles (B): se entregan los datos en el formato establecido por la Resolución Exenta Nº 894/2020 de forma voluntaria ya que, según la misma, no se establece formato definido para esta variable de agua superficial.
- Superficie lacustre (C): la medición de superficies lagunares se realiza con varias metodologías, con frecuencias distintas y que, a su vez, hacen un uso combinado de técnicas manuales y automáticas. Se extiende el detalle en la sección 4.5 Materiales, Equipos y Metodologías de monitoreo.

Tabla 4-6: Parámetros considerados en PSAH

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Formato reportabilidad de la data	**Método | Frecuencia | Responsable de medición** *Cambios derivados de la aplicación de Res. Ex. Nº573/2022*
Agua	Agua subterránea	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. Nº894/2020	**Red PSAH:** Manual | Mensual | SQM Continua | 1 min | SQM
					Red PC: Manual | Diaria | ETFA Continua | 1 min | SQM [A]
					Mediciones voluntarias: **Red PC:** Manual | Mensual | SQM **Red Voluntaria**: Manual | Mensual | SQM
			Caudal bombeo	Res. Ex. Nº894/2020	Continua | Mensual | SQM
		Calidad de agua	Posición Interfaz Salina	Propio	Manual | Mensual |SQM
			Físico y químicos	Res. Ex. Nº894/2020	Muestreo | Trimestral RCA 226/2006 y Acción 16 del PdC (pozos M7 y 1906; SQM, 2024) y Mensual Sistema PEINE por PdC| ETFA
	Agua superficial	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. Nº894/2020 [B]	**Red PSAH:** Manual | Mensual | SQM Continua | 1 min | SQM **Red PC**: Manual | Diaria | ETFA
			Superficie Lacustre [C]	Propio	Levantamiento topográfico | 5 años | SQM Estacas | Trimestral | SQM Imágenes satelitales | Trimestral | SQM
			Caudal	Res. Ex. Nº894/2020	**Red PSAH:** Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM **Red Voluntaria:** Manual | Mensual | SQM
		Calidad de agua	Físico y químicos [D]	Res. Ex. Nº894/2020	Manual | Trimestral | ETFA
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación, evaporación, temperatura y velocidad del viento (RCA 226/2206), dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación global (Acción 16 PdC; SQM, 2024).	Propio	Continua | 5 min | SQM

Notas: Los comentarios numerados en esta tabla y que detallan aspectos adicionales de los parámetros se presentan en el texto a continuación. Fuente: Elaboración propia.

- Calidad del Agua (D): se establecen como criterios de validación
  - Error del Balance Iónico (EBI), el cual se basa en el principio de electroneutralidad de los iones disueltos en una solución y postula que en aguas naturales la suma de las cargas positivas y negativas, dada por los cationes y aniones respectivamente, debiese ser equivalente. El EBI se calcula mediante la expresión:

$$EBI\ (\%)\ = 100 \cdot \frac{\sum cationes\left(\frac{meq}{L}\right) - \sum aniones\left(\frac{meq}{L}\right)}{\sum cationes\left(\frac{meq}{L}\right) + \sum aniones\left(\frac{meq}{L}\right)}$$

    Se establece un criterio de admisibilidad de un |EBI| ≤ 10%.
  - Balance de masa (BM): para aquellas muestras que se analizan Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendidos (SS) y Sólidos totales (ST), se establece el balance de masa según:

$$BM\ (\%) = \frac{SDT\ +\ SS\ -\ ST}{ST} \cdot 100\ \leq\ \pm 20\%$$

    Se establece un criterio de admisibilidad de un |BM| ≤ 20%.

4.5 MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO

A continuación, se expone un listado general de las metodologías de monitoreo y consideraciones utilizadas para el muestreo medición y análisis que se llevan a cabo para la caracterización de las distintas variables ambientales incluidas en el PSAH (Tabla 4-7 y Tabla 4-8). En el Anexo 5.1 se entrega detalle sobre los procedimientos de medición, materiales y equipos utilizados por la ETFA.

Tabla 4-7: Metodologías consideraciones utilizadas para el muestreo, medición y análisis.

Monitoreo	Empresa monitoreo	Metodología
Medición de nivel de agua y salmuera subterránea en piezómetros y pozos	ETFA SEGEA	ETFA es responsable realizar las mediciones con frecuencia diaria a los pozos del Plan de Contingencia.
Medición de nivel de agua superficial	ETFA SEGEA	ETFA es responsable y realizar las mediciones con frecuencia diaria a los limnímetros del Plan de Contingencia
Medición de nivel de agua subterránea	SQM	Medición en continuo de nivel mediante sensor de presión o radar y medición de nivel manual mensual.
Medición de superficie lacustre[1]	SQM	Estacas perimetrales (trimestral), y medición vía imágenes satelitales de alta resolución(trimestral), y medición mediante recorrido a pie para levantamiento topográfico de perímetro lagunar (cada 5 años, incluido en este informe).

Nota: (1) Para el seguimiento de esta variable se cuenta con varias técnicas y frecuencias en que se lleva a cabo, cada una fue ajustada mediante la Resolución Exenta Nº 244/2010 de la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA) de la Región de Antofagasta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-8: Metodologías consideraciones utilizadas para el muestreo, medición y análisis (continuación).

Monitoreo	Empresa monitoreo	Metodología
Medición caudal pozos de bombeo agua industrial	SQM	Medición en continuo mediante Flujómetro (Totalizadores).
Medición de caudal superficial (aforos)	ETFA SEGEA y SQM	Medición manual del caudal de agua superficial, o aforos mediante medidor de velocidad de flujo.
Medición de caudal superficial (aforos)	SQM	Medición continua de presión mediante sensor de presión, análisis mediante utilización de curva de descarga preestablecida y medición manual del caudal de agua superficial, o aforos mediante medidor de velocidad de flujo.
Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas	ETFA SEGEA y ETFA ALS Life Sciences Chile.	Las muestras mensuales recolectadas por ETFA SEGEA, luego enviadas a laboratorio ETFA ALS Life Sciences Chile. ETFA SEGEA toma los parámetros fisicoquímicos en terreno.
Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas	SQM	Toma de parámetros fisicoquímicos en terreno.
Perfilaje de conductividad eléctrica en pozos	SQM	Medición mediante proceso de perfilaje en profundidad mediante Sonda Conductividad, frecuencia semestral RCA N°226/2006 y mensual por PdC.
Medición meteorología	SQM	A partir de las estaciones que SQM dispone en el salar equipadas con sensores específicos para cada variable medida.

4.6 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS

Las fechas de muestreo, medición y/o análisis que se reportan en este informe corresponden al primer semestre de 2025, que comprende el período de entre el 01 de enero al 30 de junio de 2025.

Estas actividades se han ejecutado con la frecuencia indicada en la RCA Nº226/2006, así como en el PdC F-041-2016. No obstante, el régimen de acceso a los sectores donde se ubican parte importante de los puntos de seguimiento está condicionado por autorizaciones de por parte de las comunidades o por CONAF, así como por restricciones temporales o puntuales, asociados a períodos de reproducción de avifauna u otras circunstancias.

En el capítulo 5 se exponen los resultados de las mediciones y/o muestreos que se han recogido en el periodo de reporte actual del primer semestre de 2025.

4.7 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS

En la ejecución de cualquier medición existe siempre asociado un grado de error o incertidumbre que depende, entre otros, de los siguientes factores:

- Habilidad y el conocimiento de la persona que realiza el muestreo y/o la medición.
- Precisión de los equipos.
- Calibración de equipos.
- Representatividad de las muestras.
- Holding time de las muestras.
- Condiciones ambientales.

Con el objetivo de minimizar y controlar las incertidumbres existentes en la realización de mediciones de las diferentes variables es que las actividades requeridas en las metodologías específicas se definen en los Procedimientos de medición (Anexo 3). A continuación, se indican para cada método las principales incertidumbres identificadas. Las especificaciones técnicas de los equipos se presentan en el Anexo 3.1.

- **Cota piezométrica.** Las incertidumbres en la obtención de la cota piezométrica se concentran en la precisión de los equipos de medición, como el Pozómetro (±5 mm), la observación realizada por el monitor (±1 mm) y la exactitud con la que se ha medido la cota del punto de referencia (±1 cm). Esta última depende del equipo topográfico utilizado, las condiciones climáticas, el tiempo transcurrido durante los registros (minutos) y la distancia a la estación base, siendo generalmente del orden de centímetros.
- **Nivel freático por medición continua.** En los puntos de medición continua, el nivel se obtiene mediante transductores de presión o sensores de nivel por radar que permiten monitorear de manera continua de nivel cada minuto, conforme a lo establecido por la Res Ex. Nº1.314/2020 de la SMA. Para los sensores de presión, se utiliza un valor de densidad de referencia, obtenido mediante mediciones de terreno realizadas mensualmente, que el transductor emplea para calcular y reporta la distancia desde el punto de referencia hasta el agua. En cambio, los sensores de radar determinan el nivel midiendo directamente la distancia a la superficie del agua mediante ondas electromagnéticas, sin requerir un factor de densidad. Esto elimina la incertidumbre asociada a variaciones de densidad del fluido en la conversión de presión a nivel. No obstante, los sensores radar cuentan con una precisión instrumental finita (típicamente del orden de ±5 mm), lo que introduce una pequeña incertidumbre intrínseca en sus mediciones.

  En general, en los puntos de control de nivel freático, ya sea de agua o salmuera, las densidades presentan pequeñas oscilaciones, y la mayoría de los puntos de medición continua son de este

tipo. Sin embargo, en puntos ubicados en zonas de aguas aflorantes (reglillas) o cercanas, donde la salinidad y, por lo tanto, la densidad puede variar significativamente durante largos períodos de evaporación o disminuir durante eventos de precipitación, estas variaciones son más pronunciadas.

Es crucial realizar visitas de mantenimiento, ya que la falta de ellas (especialmente si no se cuenta con autorización para realizarlas) puede afectar negativamente la precisión de las mediciones continuas. Un sensor descalibrado —ya sea de presión o de radar— tiende a registrar datos fuera de tendencia, lo que resultaría en mediciones no validables.

Las perturbaciones en los niveles continuos pueden deberse a dos circunstancias: eventos de precipitación o de calibración de los sensores. Para confirmar si la causa es la precipitación, se debe revisar el registro de precipitaciones de las estaciones meteorológicas cercanas y los registros de niveles continuos de pozos aledaños. Si se descarta la precipitación como causa, es probable que el sensor esté descalibrado, en cuyo caso se debe gestionar con el Equipo de Instrumentación para que realice el mantenimiento necesario.

Para garantizar la fiabilidad y precisión del sistema de medición continua y reducir la incertidumbre, es esencial realizar mantenimiento preventivo.

- **Parámetros Fisicoquímicos**. En la medición de parámetros fisicoquímicos en terreno y en laboratorios externos, la incertidumbre recae en la representatividad de la muestra, el estado de calibración y la adecuación del rango de trabajo de los equipos de medición, además del rango de precisión de estos. Si es necesario realizar procesos de preparación de la muestra, como diluciones u otras manipulaciones, las incertidumbres se incrementan. Seguir los procedimientos establecidos para la medición de parámetros 'in situ', el muestreo, y el cumplimiento de los estándares de calidad por parte de los laboratorios, así como tomar muestras duplicadas, contribuye a minimizar y controlar las incertidumbres de los parámetros.
- **Caudales en cauces naturales**. En la medición de caudales en cauces naturales o aforos, la incertidumbre recae en la medición del área de las secciones (± 0,25 cm), la precisión de medición del molinete (± 2% para equipo SQM y ± 0,5%+5mm/s para equipo ETFA) y el régimen del flujo de agua (laminar-turbulento).

- **Medición de variables meteorológicas**. En las mediciones de dirección del viento, evaporación, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, radiación global, temperatura del aire y velocidad del viento, la incertidumbre está asociada a la precisión de los equipos utilizados en las estaciones meteorológicas, los cuales deben mantenerse limpios y es recomendable contrastarlos con instrumentos de referencia que permitan comparar las mediciones tomadas por los sensores in situ y comprobar su buen funcionamiento. Además, pueden ocurrir fallas en los sensores durante la transmisión de datos, lo que genera brechas de información o datos anómalos. Estos datos pasan posteriormente por un proceso de validación y relleno, según se indica en el Anexo 9.
- **Superficie lagunar mediante imágenes satelitales.** En la obtención de la superficie de las lagunas mediante el procesamiento de imágenes satelitales, la incertidumbre está asociada a la resolución de las imágenes, medida en función del tamaño del píxel, y a las decisiones posteriores requeridas para el procesamiento y cálculo de los índices, que pueden reducirse mediante puntos de control en terreno. A mayor resolución espacial (menor tamaño del píxel), se minimiza el efecto de mezcla espectral, que ocurre cuando un píxel contiene información superpuesta de suelo y agua. Este fenómeno puede conducir a clasificaciones incorrectas o determinaciones inexactas de superficies, por lo que se prefiere el uso de imágenes satelitales de alta resolución.

  Otro factor que puede alterar la reflectancia superficial es la presencia de bruma, neblina o nubes dispersas, que son difíciles de identificar en la imagen satelital (la corrección atmosférica no elimina estos elementos). Además, el método presenta limitaciones para estimar cuerpos de agua de dimensiones pequeñas (centimétricas o decimétricas) o para detectar cuerpos de agua someros (de pocos centímetros), esto ocurre debido a que las características espectrales del agua pueden ser obstruidas por las del suelo subyacente.

  Cada cinco años, se realiza el levantamiento topográfico de borde lagunar utilizando equipos GNSS de alta precisión, lo que proporciona una medición precisa del borde lagunar.

  El valor de esta medición se compara con los resultados obtenidos a partir de imágenes satelitales, es decir, se comparan los resultados recuperados con diferentes metodologías.

  Las diferencias comparativas que se pueden encontrar pueden verse influenciadas por la discrepancia entre el día de la captura satelital y el día de la visita a terreno en el cual se mide el perímetro lagunar, producto de la dinámica natural lagunar, así como la presencia de islas o barras al interior del cuerpo de agua, estos últimos corresponden a elementos no capturados en terreno.

La incertidumbre de esta metodología depende de la cantidad de puntos tomados en el perímetro de la laguna y del número de satélites disponibles durante la medición de terreno.

El GPS (dependiendo del modelo) tiene una incerteza aproximada de:

- Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm (x longitud de línea de base)
- Vertical: 5 mm+ 0,5 ppm (x longitud de línea de base)
- Horizontal: 10 mm +1,0ppm
- Vertical: 15 mm + 1,0ppm

- **Superficie lagunar mediante estacas perimetrales.** La superficie de las lagunas se mide mediante estacas perimetrales, en los meses de enero, abril, julio y octubre. Este método es aproximado ya que utiliza la presencia de agua en ciertos puntos prefijados (estacas) para generar polígonos y así estimar la superficie cubierta con agua, por lo que es menos exacto que el método de las imágenes satelitales y que la medición mediante topografía. No obstante, de esta metodología se pueden extraer puntos de borde lagunar, los que en conjunto con puntos de control contribuyen a minimizar errores en la delimitación de superficies lacustre de forma satelital.
- **Superficie lagunar mediante levantamiento topográfico de perímetro lagunar.**
- **Caudales de agua industrial.** la incertidumbre está asociada a la precisión de los equipos utilizados, lo cual se realiza mediante flujómetro Yokogawa tienen un error de ± 0,5 % del flujo medido, de acuerdo con las especificaciones técnicas de los equipos.

Finalmente, y siendo un factor que afecta al monitoreo en general ya que condiciona el resultado del monitoreo, es la restricción de acceso a las zonas que forman parte de la RNLF, que fue establecida mediante Resolución Nº56/2019 de CONAF, la que aprobó el Protocolo de monitoreo ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos. Dicha resolución entró en vigor a contar del 14 de junio de 2019, definiendo un procedimiento, requisitos y limitaciones para autorizar actividades de monitoreo al interior de la RNLF. En los meses que se contó con autorización de acceso para los monitoreos (sección 5.1.1), la frecuencia de las visitas ha sido inferior a la necesaria para cumplir con los compromisos del PSAH, debido a que los días de trabajo asignados y máximos permitidos en las autorizaciones otorgadas por las entidades co-administradoras de la RNLF (CONAF y la Comunidad de Toconao), han limitado los sectores y el tiempo efectivamente disponible de trabajo.

5 RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE 2025

En esta sección se presentan los resultados del PSAH y PC, en este orden, obtenidos durante el primer semestre del 2025.

Los resultados son presentados de acuerdo con los criterios en materia de seguimiento ambiental definidos por la SMA mediante Resolución Exenta Nº223/2015, y teniendo a la vista los cargos formulados por la autoridad ambiental en relación con el PSAH en el marco del procedimiento sancionatorio de la SMA Rol F-041-2016.

Adicionalmente, se han incorporado los resultados de la implementación de las acciones consideradas en el PdC que se encuentran relacionadas con el PSAH y el PC, cuyo inicio de ejecución se comprometió durante el segundo semestre de 2018 y que actualmente se encuentra aprobado a partir de las observaciones formuladas por la Superintendencia mediante Resolución Exenta. Nº38/Rol F-041-2016. Dichas acciones son:

- Acción 5: Aumento de frecuencia de monitoreo de indicadores de estado de los Planes de Contingencia y del Sector Peine de mensual a diaria, a partir del 1 de diciembre de 2018, salvo para el caso de los indicadores que están dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos (sectores Aguas de Quelana y Sistema Hidrológico de Soncor), donde la frecuencia de monitoreo se ajustará a lo indicado en el Protocolo de ingreso aprobado por Resolución N.º 56/2019 de CONAF.
- Acción 42: Aplicación de los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto calificado mediante RCA Nº226/2006, como en los pozos PN-05B y PN-08A del sector Alerta Núcleo del Plan de Alerta Temprana del considerando 10.18 de la RCA Nº21/2016, y las correspondientes medidas de control, cuando corresponda. La consideración de estos indicadores que no son propiedad de SQM depende del aviso de activación por parte de la SMA a SQM, y han sido incluidos en el PSAH para efectos de discusión de resultados.

Como resultado de la implementación de estas dos acciones, a partir del segundo semestre de 2018 se reportan niveles observados con frecuencia diaria en los indicadores de estado de los Planes de Contingencia, y se analiza el estado del PC provisional del Sistema Peine en los indicadores de estado y según los umbrales definidos en el PdC.

De manera que, de acuerdo con las instrucciones impartidas por la SMA (Decreto Supremo Nº38/2013 y Resolución Exenta 574/2022 SMA), las mediciones de los indicadores de estado son efectuadas por la ETFA, ya que tienen una frecuencia diaria.

Junto con lo anterior, existen mediciones adicionales y voluntarias en el caso de los niveles, aforos y meteorología (Tabla 4-6). Por ello, el presente informe incluye, como reportabilidad voluntaria, la reportabilidad de:

1. La totalidad de las estaciones meteorológicas propiedad de SQM en la cuenca del Salar de Atacama, lo que corresponde a incluir 16 estaciones.
2. Incorporación de 4 puntos de aforo adicionales: Quebrada Camar, Quebrada Soncor, Quebrada Aguas Blancas Tranque y Quebrada Aguas Blancas Oeste.
3. Incorporación de la variable nivel para el pozo CAMAR-2015 (como respuesta a Acción 16 del PdC; SQM SpA., 2024)
4. Niveles de aguas subterráneas de pozos MSW en el Sector Núcleo como reporte adicional en respuesta a el hallazgo de pozos secos (sección 5.1.2). Puntos clasificados como Complementarios.
5. Niveles de aguas subterráneas complementarios declarados en Resolución 1.314/2020 SMA. Los cuales solo se presentan en el Anexo 5.

Los resultados en las tablas de este capítulo muestran solo las mediciones comprometidas desde el 6 de septiembre de 2022, a cargo de SQM según las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, y los ajustes de contrato con la ETFA (Tabla 4-5). Los gráficos incluyen ambas mediciones (comprometida y voluntaria) para todo el semestre por parte de SQM y/o la ETFA. Los resultados completos de las mediciones de este semestre se presentan tabulados en los anexos correspondientes.

5.1 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO

En el presente capítulo se exponen los registros de los monitoreos, mediciones y/o análisis efectuados en el marco del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico desde enero a junio de 2025, agrupados según los siguientes sistemas y sectores de control (ver sección 4):

- Sistema Soncor
- Sistema Aguas de Quelana
- Sistema Vegetación Borde Este
- Sistema Peine
- Sector Vegas de Tilopozo
- Sector Núcleo del Salar de Atacama
- Sector Cuña Salina
- Sector Cuenca Salar de Atacama
- Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña

Las variables monitoreadas en cada uno de estos sistemas y sectores, según corresponda, han sido agrupadas de la siguiente forma (ver sección 4):

- Nivel del agua subterránea
- Nivel del agua superficial
- Nivel de salmuera
- Caudal bombeado (aguas)
- Caudal superficial (aforos)
- Calidad química
- Meteorología
- Superficie lacustre
- Cuña salina
- Perfil de conductividad

En los siguientes apartados, se hace una descripción sobre el contexto en que se han llevado a cabo las mediciones y/o análisis y en ocasiones también una breve descripción de los valores resultantes, aunque el análisis más detallado respecto la tendencia histórica se desarrolla en el capítulo 6.

Para una mejor comprensión del seguimiento ambiental objeto del presente reporte, y sobre la base a los distintos comportamientos esperados, los resultados del monitoreo en cada sistema y sector han sido sectorizados de acuerdo con las zonas acuíferas definidas en la en la Figura 4-2 esto es, esto es: zona aluvial, zona marginal y zona núcleo.

A modo de facilitar la visualización e interpretación conjunta del seguimiento ambiental y garantizar el cumplimiento de la Resolución Exenta Nº223/2015, se presentan gráficos que resumen todos los registros de monitoreo según la variable medida en el período. Estos registros incluyen mediciones puntuales, continuas y aquellas realizadas por entidades externas, si corresponde.

En el caso de los pozos pertenecientes al PC, que disponen de una medición de nivel de manera diaria, en las tablas se exponen los máximos y mínimos semestrales a modo de referencia. Los niveles medidos de

forma continua se muestran como la mediana diaria. Las mediciones diarias, además, se entregan tabuladas en el anexo correspondiente a los niveles. En relación con la información entregada en los anexos, la Adicionalmente, se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

Tabla 5-1 se especifica la información complementaria al informe del PSAH que es parte de esta entrega.

Adicionalmente, se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

Tabla 5-1: Resumen información complementaria para cada componente en anexos

Anexo	Componente	Contenido
Anexo 4	General	**Anexo 4.1:** Gestión de ingreso a RNLF (correos SQM solicitando autorización)
		Anexo 4.2: Cartas de CONAF y Comunidad Atacameña de Peine con restricción acceso
		Anexo 4.3: Cartas de activación de fases
		Anexo 4.4: Cartas de solicitud de ingreso a RNLF y Programación de monitoreos
		Anexo 4.5: Resoluciones ETFA e Inspectores Ambientales
		Anexo 4.6: Justificaciones de no monitoreo
		Anexo 4.7: Carta de entrega de informes de activación de fase II y Efectividad de la Medida Post activación de fase II
Anexo 5	Niveles y caudales	**Anexo 5.1:** Informes de la ETFA sobre niveles y caudal de agua subterránea, incluyendo justificaciones para puntos no visitados (RES Nº127/2019).
		Anexo 5.2: Información tabulada de monitoreos de agua subterránea y superficial, con mediciones en msnm, mbpr, mbnt, (RES Nº894/2020).
Anexo 6	Calidad química de Agua Subterránea y Superficiales	**Anexo 6.1:** Informes de las ETFAs, indicando puntos no muestreados.
		Anexo 6.2: Información tabulada de resultados de laboratorio (RES Nº894/2020).
Anexo 7	Caudal Extracciones	Caudal medio mensual de extracciones de pozos de agua industrial (RES Nº894/2020)
Anexo 8	Resultados de Aforos	Resultados de aforos (caudal de agua superficial) según formato establecido. (RES Nº894/2020)

Anexo	Componente	Contenido
Anexo 9	Datos Meteorológicos	**Anexo 9.1:** Resultados de variables meteorológicas tabuladas para el semestre actual
		Anexo 9.2: Resultados de variables meteorológicas tabuladas para el semestre actual, frecuencia diaria
		Anexo 9.3: Memos mensual de validación y relleno de variables meteorológicas
Anexo 10	Extensión Lagunar	**Anexo 10.1:** Mapeo y cálculo de superficies lacustres
		Anexo 10.2: Levantamiento de Superficie Lacustre a través de Estacas perimetrales y Levantamiento de Puntos de Control para análisis de imágenes satelitales.
		Anexo 10.3: Mapas de extensión lagunar formato .png
		Anexo 10.4: Levantamiento de Superficie lacustre a través de levantamiento topográfico RTK
Anexo 11	Estratigrafía y Habilitación de Piezómetros y Pozos	Detalle tabulado de la estratigrafía y habilitación de piezómetros y pozos pertenecientes a la red del PSAH en el reporte.
Anexo 12	Indicadores, umbrales y medidas aplicables al sistema Peine	**Anexo 12.1:** Definición de umbrales para Sistema Peine PdC.
		Anexo 12.2: Definición de medidas de control frente a la activación de Fase I y Fase II Sistema Peine.
		Anexo 12.3: Definición medidas de control frente a la activación de Fase I y Fase II Sistema Peine
		Anexo 12.4: Protocolo de aplicación de umbrales definidos para el Sistema Peine.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 PUNTOS NO VISITADOS

En la cuenca del Salar de Atacama existen varios sectores en donde no se dispone de acceso libre para el seguimiento ambiental comprometido en el PSAH, sectores en donde se requiere una autorización explicita ya sea por parte de CONAF o de las Comunidades Atacameñas de Toconao, Talabre, Camar, Socaire, Peine y Coyo aledañas al proyecto. A continuación, se describe y detalla los puntos que no pudieron ser monitoreadas según la frecuencia definida y su respectiva justificación para el primer semestre del 2025.

5.1.1.1 Zonas de acceso restringido en la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF)

Existen áreas con acceso restringido debido al "Protocolo de monitoreo ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos" que limita el acceso a las zonas de la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF) y que entró en vigor el 14 de junio de 2019, según Resolución Nº56/2019 CONAF de la Región de Antofagasta. Las reservas se ubican en el sistema Soncor y Aguas de Quelana y el detalle de los puntos que se encuentran dentro de estas áreas se detalla a continuación:

- En el **Sistema Soncor** se restringe el acceso a las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar. Esta área cuenta con 2 puntos de aforo (Puente San Luis y Aforo Barros Negros) y 42 puntos de medición de nivel, representando el 46% de la infraestructura del Sistema Soncor. En el PSAH, se realizan muestreos trimestrales de calidad en una reglilla (L7-G1) y en las 4 lagunas, anteriormente muestreadas por CONAF. Dentro de la Reserva se encuentra el indicador de estado L7-4 (Subsector Puilar) y la estación meteorológica Chaxa.

  Es pertinente señalar que existen dos pozos adicionales fuera de la Reserva, cuyos accesos son gestionados por CONAF (1027 y L7-7). Por lo tanto, si no se cuenta con el permiso correspondiente para ingresar en el subsector del centro turístico Chaxa, estos pozos tampoco podrán ser visitados.
- En el **Sistema Aguas de Quelana**, las restricciones de acceso afectan al 53% de sus infraestructuras, incluyendo 33 puntos de medición de niveles y un punto de seguimiento de la interfaz salina, todos ubicados dentro de la reserva. Los muestreos de calidad de agua se realizan en los pozos L5-3, L4-9, L4-8 y L4-12, y en la reglilla L4-10. De estos, L4-8, L4-10 y L4-12 son indicadores de estado. En total, seis indicadores de estado se encuentran en el área restringida. Las estaciones meteorológicas LZA3-1 (Quelana) y LZA3-2 también están dentro de la reserva.

Se hace notar que el indicador de estado L2-27 perteneciente al PC, dejó de tener mediciones diarias desde el 26/04/2024 dado que se encuentra dentro del polígono de límites de la RNLF Aguas de Quelana, por lo tanto, aplica régimen de acceso de visita según Resolución N.º 56/2019 CONAF y en consecuencia la medición de nivel manual diario pasa a frecuencia mensual en RNLF.

- En el área **Sector Tambillo** en el Sistema Soncor, la restricción limita el acceso a 3 puntos de control, los cuales corresponden a la estación meteorológica LZA12-3, y la medición de niveles de los puntos RIOCHILEX-15 y RIOCHILEX-16.

Adicionalmente el protocolo establecido mediante Resolución N.º 56/2019 de CONAF define que, para acceder a las distintas zonas de la RNLF se requiere que SQM formalice primero una propuesta de monitoreo y posteriormente CONAF emita las autorizaciones pertinentes donde se fijan las áreas, las actividades y el número de días en que se puede ingresar al área protegida. En la Tabla 5-2 se muestra el detalle de las cartas que SQM ha emitido trimestralmente para el actual periodo de reporte, en donde se realizan las propuestas de monitoreo en RNLF en sectores Soncor, Aguas de Quelana y Tambillo. Sin embargo, no se obtuvo respuesta de autorización por parte de CONAF en el sector de Tambillo.

Tabla 5-2: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de ingreso a RNLF

		Envío Solicitud SQM		Respuesta Autorización	
Entidad / Sistema	**Trimestre**	**Nº Carta**	**Fecha**	**Nº Resolución**	**Fecha**
CONAF (Sistema Soncor)	T1	GMAL 615/2025	27/12/2024	CARTA OFICIAL N.º 02/2025	7/1/2025
	T2	GMAL 072_2025	24/03/2025	CARTA OFICIAL N.º 09/2025	2/4/2025
CONAF (Sistema Aguas de Quelana)	T1	GMAL 614_2024	27/12/2024	CARTA OFICIAL N.º 03/2025	7/1/2025
	T2	GMAL 071_2025	24/03/2025	CARTA OFICIAL N.º 12/2025	10/4/2025
CONAF (sector Tambillo)	T1	GMAL 616_2024	27/12/2024	CARTA OFICIAL N.º 05/2025	22/1/2025
	T2	GMAL 073_2025	24/03/2025	CARTA OFICIAL N.º 11/2025	10/4/2025

T1: Enero a marzo, T2: Abril a junio. Fuente: Elaboración propia. (s/r): sin respuesta.

Como se ha descrito anteriormente, las autorizaciones emitidas por CONAF fijan las áreas, el número de días y también el tipo de actividades a realizar en cada caso. En muchas ocasiones esta limitación supone que no se disponga del tiempo suficiente para todas las actividades, por lo que, pese a contar con las autorizaciones cada mes, en varias ocasiones no se han podido ejecutar todas las actividades comprometidas en el PSAH.

Respecto de los puntos del PC dentro de la reserva (6 en el sistema Aguas de Quelana y 1 en Soncor) que deben tener una medición diaria conforme a lo considerado en el PdC, en algunos casos no es posible mantener dicha frecuencia por no contar con el permiso de ingreso necesario. De manera que, de la misma forma que el resto de los puntos del PSAH, solo podría lograrse una medición mensual. En el primer semestre del 2025, para el sistema Soncor y aguas de Quelana, CONAF autoriza el ingreso a monitoreo a los sectores de interés con las restricciones que se detallan en la Tabla 5-3 y Tabla 5-4 respectivamente. En la Tabla 5-4 solo se hace referencia a pozos del PC, los cuales debido a restricción conforme al protocolo de CONAF solo cuentan con un acceso autorizado una vez al mes y por lo tanto, no se puede cumplir con el compromiso de una medición de nivel manual diaria por parte de la ETFA. Bajo el mismo criterio se incluye el pozo L7-4 en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso a RNLF Sector Soncor

Mes	Acceso Restringido	Variables Afectadas
Enero	L7-4,L7-7, L7-B, L1-13, L2-23, P2-4, P2-5, L1-10, L1-16, L7-12, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-6, L7-G1, L7-G2 POZO, L7-G2 REGLILLA, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS SQM, REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA CHAXAS SQM, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA PUILAR SQM	Medición de nivel
	AFORO BARROS NEGROS	Medición de caudal
	L7-G1, REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	Muestreo fisicoquímico
	LAGUNA CHAXA, LAGUNA PUILAR, LAGUNA BARROS NEGROS	Medición superficie lacustre
Febrero	L7-4, L7-7, L7-B, L1-13, L2-23, P2-4, P2-5, L1-10, L7-12, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-6, L7-G1, L7-G2 POZO, L7-G2 REGLILLA, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS SQM, REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA CHAXAS SQM, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA PUILAR SQM	Medición de nivel
	AFORO BARROS NEGROS	Medición de caudal
Marzo	L7-4, L7-7, L7-B, L1-13, L2-23, P2-4, P2-5, L1-10, L7-12, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-6, L7-G1, L7-G2 POZO, L7-G2 REGLILLA, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS SQM, REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA CHAXAS SQM, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA PUILAR SQM	Medición de nivel
	AFORO BARROS NEGROS	Medición de caudal
Abril	L7-4. L7-7, L7-7B, L7-G2 POZO, L7-G2 REGLILLA, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS SQM, REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA CHAXAS SQM, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA PUILAR SQM	Medición de nivel
	AFORO BARROS NEGROS	Medición de caudal
	REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	Muestreo fisicoquímico
	LAGUNA CHAXA, LAGUNA PUILAR	Medición superficie lacustre
Mayo	L7-4	Medición de nivel
Junio	L7-4, L-7-5, L7-7, L7-7B, L7-G2 POZO, L7-G2 REGLILLA, RC-2. RC-3, RC-4, RC-5, RC-6, RC-7, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA PUILAR SQM	Medición de nivel

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-4: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso a RNLF Sector Aguas de Quelana

Mes	Acceso Restringido	Variables Afectadas
Enero	L3-9, L3-11, L4-8, L4-12, L5-10, L4-10, L2-27	Medición de nivel
Febrero	L3-9, L3-11, L4-8, L4-12, L5-10, L4-10, L2-27	Medición de nivel
Marzo	L3-9, L3-11, L4-8, L4-12, L5-10, L4-10, L2-27	Medición de nivel
Abril	L3-9, L3-11, L4-8, L4-12, L5-10, L4-10, L2-27	Medición de nivel
Mayo	L3-9, L3-11, L4-8, L4-12, L5-10, L4-10, L2-27	Medición de nivel
Junio	L3-9, L3-11, L4-8, L4-12, L5-10, L4-10, L2-27	Medición de nivel

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Áreas restringidas por las comunidades

Existen también dos áreas con acceso controlado por comunidades (Tabla 5-5): el área marginal sur de la cuenca, bajo administración de la Comunidad de Peine, y el área norte, controlada por la Comunidad de Coyo. En ambos casos, es indispensable contar con el consentimiento de las respectivas comunidades para la ejecución de actividades de monitoreo, muestreo y mantención.

En el caso del Sistema Peine, el área bajo control comunitario comprende 16 puntos de medición de nivel mensual, sin incluir puntos del PC, ya que los indicadores correspondientes al PAT provisorio de Peine no se encuentran dentro de esta subárea. Además, se incluyen dos puntos de aforo y tres pozos destinados al seguimiento de la interfaz salina, lo que representa aproximadamente el 70% de la infraestructura operativa en esta zona. A ello se suma la necesidad de acceso a las lagunas Salada, Saladita e Interna. Asimismo, la Comunidad de Peine mantiene el control de acceso sobre el sector de Tilopozo, lo que implica restricciones para la operación en cuatro pozos y una reglilla utilizada para mediciones mensuales de nivel.

Durante el primer semestre de 2025, se mantuvo vigente la medida de cierre total del sector de lagunas y puntos aledaños del Sistema Hidrológico de Soncor, originalmente establecida por la comunidad para el periodo comprendido entre octubre de 2024 y febrero de 2025 por periodo reproductivo de flamencos. Esta restricción fue extendida hasta junio de 2025. Cabe señalar que, en el marco de dicha medida, durante el periodo comprendido entre el 28 de agosto y el 9 de septiembre de 2024, se observaron indicios de un adelantamiento del ciclo reproductivo de las colonias de Flamencos Altoandinos en cuerpos lacustres del Sistema Hidrológico de Soncor. Conforme al protocolo de ingreso para actividades de monitoreo en el Salar de Atacama, y dada esta condición anticipada, se procedió al cierre inmediato de actividades de

monitoreo, medición e investigación en todos los puntos ubicados dentro del área de protección buffer de 1 km alrededor de los cuerpos lacustres, manteniéndose la posibilidad de continuar las actividades fuera de dicho rango hasta el inicio oficial de la temporada reproductiva en octubre.

Tabla 5-5: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de las comunidades

		Envío Solicitud SQM		Respuesta Autorización	
Entidad / Sistema	**Mes**	**N.º Carta**	**Fecha**	**N.º Resolución**	**Fecha**
Comunidad Atacameña de Peine (Sistema Peine y Sistema Vegetación Borde Este)	Enero	GMAL 620_2024	30/12/2024	S/R	N/A
	Febrero	GMAL 18_2025	27/1/2024	S/R	N/A
	Marzo	GMAL 045_2025	03/03/2025	S/R	N/A
	Abril	GMAL 107_2025	7/4/2025	S/R	N/A
	Mayo	GMAL 136_2025	28/4/2025	S/R	N/A
	Junio	GMAL 248_2025	29/5/2025	S/R	N/A
Comunidades Camar (Sistema Vegetación Borde Este)	Enero	GMAL 623_2024	30/12/2024	S/R	N/A
	Febrero	GMAL 21_2025	27/1/2025	S/R	N/A
	Marzo	GMAL 043_2025	3/3/2025	S/R	N/A
	Abril	GMAL 105_2025	7/4/2025	S/R	N/A
	Mayo	GMAL 149_2025	28/4/2025	S/R	N/A
	Junio	GMAL 251_2025	29/05/2025	S/R	N/A
Comunidad Atacameña de Coyo (Sistema Soncor)	Enero	GMAL 619_2024	30/12/2024	S/R	N/A
	Febrero	GMAL 17_2025	27/01/2025	S/R	N/A
	Marzo	GMAL 044_2025	3/3/2025	S/R	N/A
	Abril	GMAL 106_2025	7/4/2025	S/R	N/A
	Mayo	GMAL 135_2025	28/4/2025	S/R	N/A
	Junio	GMAL 247_2025	29/5/2025	S/R	N/A
Comunidad Atacameña de Socaire (Sistema Vegetación Borde Este)	Enero	GMAL 624_2024	30/12/2024	S/R	N/A
	Febrero	GMAL 22_2025	27/01/2025	S/R	N/A
	Marzo	GMAL 046_2025	3/3/2025	S/R	N/A
	Abril	GMAL 108_2025	7/4/2025	S/R	N/A
	Mayo	GMAL 150_2025	28/4/2025	S/R	N/A
	Junio	GMAL 252_2025	29/5/2025	S/R	N/A
Comunidad Atacameña de Talabre (PdC)	Enero	GMAL 622_2024	30/12/2024	S/R	N/A
	Febrero	GMAL 20_2025	27/01/2025	S/R	N/A
	Marzo	GMAL 047_2025	3/3/2025	S/R	N/A
	Abril	GMAL 109_2025	7/4/2025	S/R	N/A
	Mayo	GMAL 137_2025	28/4/2025	S/R	N/A
	Junio	GMAL 250_2025	29/5/2025	S/R	N/A
Comunidad Atacameña de Toconao (PdC)	Enero	GMAL 621_2024	30/12/2024	S/R	N/A
	Febrero	GMAL 19_2025	27/01/2025	S/R	N/A
	Marzo	GMAL 048_2025	3/3/2025	S/R	N/A
	Abril	GMAL 110_2025	7/4/2025	S/R	N/A
	Mayo	GMAL 141_2025	28/4/2025	S/R	N/A
	Junio	GMAL 249_2025	29/5/2025	S/R	N/A

Fuente: Elaboración propia. S/R: Sin Respuesta. N/A: No Aplica.

Adicionalmente, la comunidad restringió el acceso al sector de ingreso por la barrera Peine debido al mal estado de los caminos, lo cual afectó la operación en distintos puntos. El 9 de enero, la actividad de medición de nivel en los pozos 1028, L10-11, L10-4, L9-1 y L9-2 fue suspendida por disposición de la comunidad, debido a un desperfecto técnico en el vehículo del equipo ETFA SEGEA que causó retraso en la llegada. Posteriormente, los días 14 y 15 de febrero, la Comunidad de Peine no autorizó el acceso a dichos pozos por falta de disponibilidad de monitores comunitarios que acompañaran las actividades.

A partir del 3 de abril, finalizó la restricción lagunar por reproducción de flamencos y se establecieron nuevas limitaciones para el acceso a puntos ubicados al interior del sector sur de la barrera Peine, con destino hacia los sistemas lagunares SSI, debido al deterioro de las vías. El 4 de mayo, a través del GMA, la Comunidad de Peine solicitó expresamente evitar la programación de actividades en zonas con restricción vigente por mal estado de caminos.

De manera más específica, se establecieron restricciones de acceso según jornada laboral desde el 18 de abril, que excluyen los fines de semana, en los pozos 1028, L10-4, L10-11, L9-1 y L9-2. A contar del 20 de mayo, se amplió la restricción para el pozo 1028, prohibiéndose las actividades de medición de nivel y muestreo fisicoquímico durante toda la semana. Finalmente, el 9 de junio se sumaron los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 a las restricciones operativas, igualmente motivadas por condiciones adversas de acceso vial. El detalle completo de los puntos con restricción se presenta en la Tabla 5-6 y Tabla 5-7.

Tabla 5-6: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso otorgados por la comunidad Peine

Mes	Acceso Restringido	Variables Afectadas
Enero	1028, CUÑA 7, GD-03, GD-04, L10-10, L10-11, L10-15, L10-2, L10-4, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, L9-1, L9-2, REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Medición de Nivel
	CUÑA 7	Perfil Cuña Salina
	AFORO SALADA, AFORO SALADITA	Medicion de Caudal
	REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Muestreo fisicoquímico
	LAGUNA SALADA, LAGUNA SALADITA, LAGUNA INTERNA	Medicion Superficie Lacustre

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-7: Restricciones y variables afectadas según concesión de permisos de ingreso otorgados por la comunidad Peine (continuación)

Mes	Acceso Restringido	Variables Afectadas
Febrero	1028, CUÑA 7, GD-03, GD-04, L10-10, L10-11, L10-15, L10-2, L10-4, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, L9-1, L9-2, REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Medición de Nivel
	CUÑA 7	Perfil Cuña Salina
	AFORO SALADA, AFORO SALADITA	Medición de Caudal
	REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Muestreo fisicoquímico
Marzo	CUÑA 7, GD-03, GD-04, L10-10, L10-13, L10-15, L10-16, L10-17, L10-2, L10-3, L10-4, L10-5, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Medición de Nivel
	CUÑA 7	Perfil Cuña Salina
	AFORO SALADA, AFORO SALADITA	Medición de Caudal
	REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Muestreo fisicoquímico
Abril	1028, CUÑA7, GD-03, GD-04, L10-11, L9-1, L9-2, L10-10, L10-11, L10-2, L10-4, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Medición de Nivel
	CUÑA 7	Perfil Cuña Salina
	AFORO SALADA, AFORO SALADITA	Medición de Caudal
	REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Muestreo fisicoquímico
	LAGUNA SALADA, LAGUNA SALADITA, LAGUNA INTERNA	Medición Superficie Lacustre
Mayo	1028, CUÑA 7, GD-03, L10-11, L9-1, L9-2, L10-10, L10-11, L10-2, L10-4, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Medición de Nivel
	CUÑA 7	Perfil Cuña Salina
	AFORO SALADA, AFORO SALADITA	Medición de Caudal
	REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Muestreo fisicoquímico
Junio	1028, CUÑA 6, CUÑA 7, GD-03, GD-04, L10-11, L9-1, L9-2, L10-10, L10-11, L10-2, L10-4, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, L12-2, L12-3, L12-3, L12-4, REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Medición de Nivel
	CUÑA 6, CUÑA 7	Perfil Cuña Salina
	AFORO SALADA, AFORO SALADITA	Medición de Caudal
	REGLILLA INTERNA CONAF, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILLA SALADITA CONAF	Muestreo fisicoquímico

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.3 Resumen de puntos no visitados durante el primer semestre de 2025

La Tabla 5-8 detalla los puntos que no se pudo acceder en los Sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Peine y Sector Cuña Salina.

Tabla 5-8: Resumen de puntos no visitados

Área	Nombre Infraestructura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Sistema Soncor	AFORO BARROS NEGROS, REGLILLA BARROS NEGROS CONAF, REGLILLA BARROS NEGROS SQM, REGLILLA CHAXAS CONAF, REGLILLA CHAXAS SQM, REGLILLA PUILAR CONAF, REGLILLA PUILAR SQM	🔴	🔴	🔴	🔴		
	L1-13, L2-23, P2-4, P2-5, L1-10, L7-12, RC-1, L7-G1	🔴	🔴	🔴			
	L1-16	🔴					
	L11-1, L11-2, L1-G1	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
	RC-7						🔴
	RC-2, RC-3 RC-4, RC-6	🔴	🔴	🔴			🔴
	L7-3, L1-3, L1-17		🔴				
	L7-4*	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
	L7-7, L7-7B, L7-G2 POZO, L7-G2 REGLILLA	🔴	🔴	🔴	🔴		🔴
	LAGUNA CHAXA, LAGUNA BARROS NEGROS, LAGUNA PUILAR	🔴			🔴		
Sistema Aguas de Quelana	L3-9*, L3-11*, L4-8*, L4-12*, L5-10*, L4-10*	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
Sistema Vegetacional Borde Este	L7-14, L7-3, L1-17, L1-3		🔴				
	L9-1, L9-2	🟢	🟢		🟢	🟢	🟢
Sistema Peine	Aforo Salada, Aforo Saladita, REGLILLA SALADA CONAF, REGLILA SALDITA CONAF, REGLILLA INTERNA CONAF, L10-10, L10-2, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9, L10-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
	1028, L10-11	🟢	🟢		🟢	🟢	🟢
	GD-03	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
	GD-04	🟢	🟢	🟢	🟢		🟢
	L10-13, L10-16, L10-17, L10-5, L10-3			🟢			
	L10-15	🟢	🟢	🟢			
	L12-2, L12-3, L12-4						🟢
	LAGUNA SALADA, LAGUNA SALADITA, LAGUNA INTERNA	🟢			🟢		
Sector Cuña Salina	Cuña-7	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
	Cuña-6						🟢

Los motivos por los cuales no se pudo acceder se agrupan como:

- 🔴 Restricción de acceso por Resolución 56/2019 de CONAF y la derivación de protocolo de acceso a sectores SONCOR, AGUAS DE QUELANA y TAMBILLO de Reserva Nacional Los Flamencos y no autorizados por Guardaparque de CONAF o/TOCONAO (Sólo Sector SONCOR)
- 🟡 Restricción de acceso por falta de respuesta por parte de la comunidad Coyo;
- 🟢 Restricción de acceso por época de reproducción de flamencos o suspendido por Comunidad Atacameña de PEINE.

(*) Pozos del PC con restricción de acceso para la medición de nivel manual diario. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 CRITERIO POZO SECO

A la fecha existen en los pozos de monitoreo del PSAH 3 pozos de los cuales no se cuenta registro de nivel de agua subterránea por encontrarse seco u obturado. Sin perjuicio de lo anterior, ellos siguen siendo visitados con la frecuencia establecida en RCA, generándose los registros correspondientes como parte de la red de monitoreo vigente.

- **Pozo seco:** El pozo L2-24, ubicado en el Sistema Soncor a aproximadamente 1 km al suroeste de la Laguna Barros Negros (zona marginal), no permite la medición del nivel freático desde fines de 2023, debido a que el nivel se encuentra por debajo del fondo del pozo.

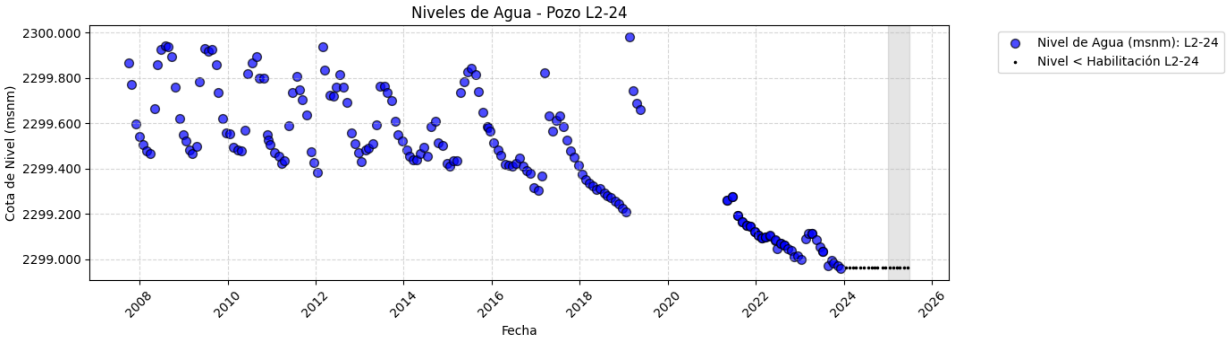
  Este pozo fue construido manualmente, alcanzando una profundidad limitada de solo unos pocos centímetros. Para restablecer el monitoreo de este indicador de estado, es necesario profundizar el pozo.
- **Pozo obturado**: Los pozos 1001 (Sector Núcleo Salar de Atacama) y 1024 (Sistema Peine) se encuentran obturados de forma natural por precipitación de sales, lo que ha impedido la medición del nivel estático desde 2024, dado que el nivel freático se encuentra por debajo del punto de obturación.

  En 2025, se realizó una mantención al pozo 1001 con el objetivo de profundizarlo y remover la obturación. Como resultado, se logró limpiar 50 cm de halita, permitiendo retomar el monitoreo del nivel freático a partir de febrero de este año.

  En el caso del pozo 1024, también se efectuó una intervención durante 2025 con el propósito de profundizarlo, sin éxito. Para restablecer el registro del nivel estático en este punto, será necesario desobstruir el pozo o reemplazarlo. Como respaldo, los pozos más cercanos que se monitorean de forma complementaria son el MSW-252 para el pozo 1001 y el MSW-284 para el pozo 1024.

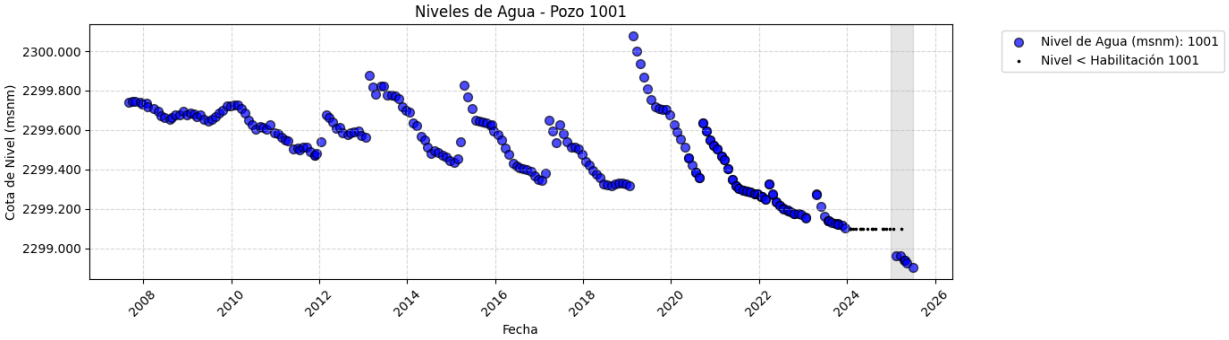
La Figura 5-1, Figura 5-2 y Figura 5-3 muestra los registros de niveles en los pozos secos.

Figura 5-1: Niveles medidos en el pozo L2-24



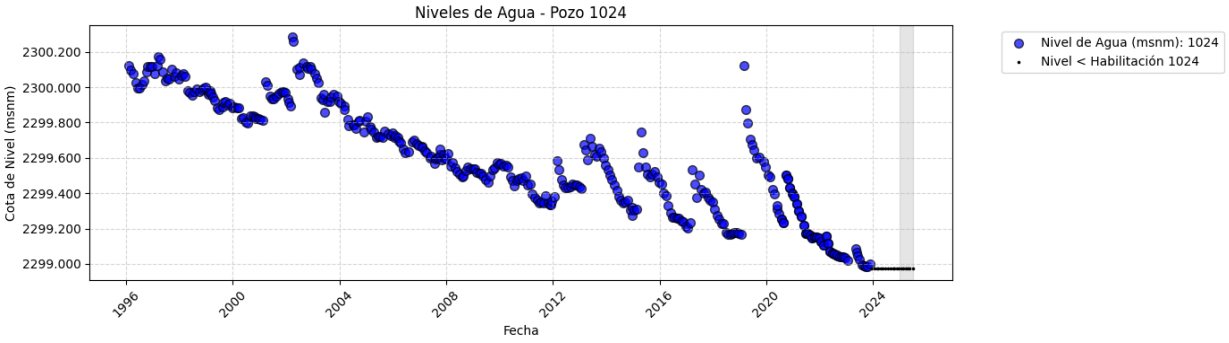
Se resalta con una franja gris el periodo a reportar. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2: Niveles medidos en el pozo 1001



Se resalta con una franja gris el periodo a reportar. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3: Niveles medidos en el pozo 1024



Se resalta con una franja gris el periodo a reportar. Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 SISTEMA SONCOR

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sistema Soncor considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua superficial y subterránea (86 puntos además de dos reglillas de CONAF), meteorología (1 estación), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (17 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (3 lagunas). Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de todos los puntos de control que componen la red de monitoreo del PSAH para el Sistema Soncor, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-4 y en el Anexo 4, en consideración de la Tabla 5-8 que resumen las infraestructuras no visitadas para este periodo. Asimismo, los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 forman parte tanto del monitoreo de niveles del Sistema Soncor como del Sistema Vegetación Borde Este; sin embargo, para un mejor entendimiento, serán presentados solo en esta sección.

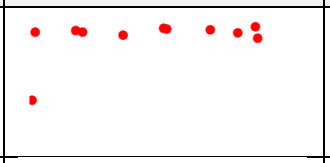
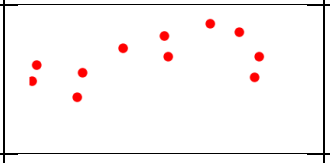
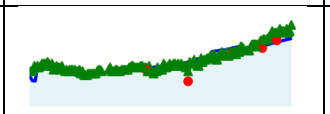
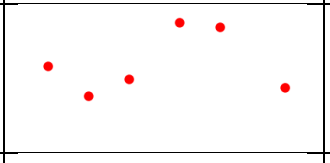
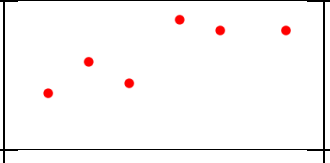
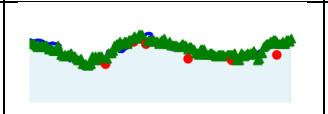
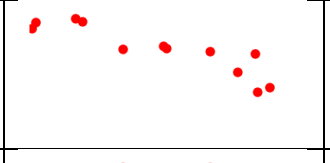
En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

5.1.3.1.1 Pozos en zona aluvial

Esta zona consta de 11 puntos de control, de los cuales los puntos L1-3, L2-7 y L7-6 son indicadores de estado. En la Tabla 5-9 y Tabla 5-10 se presentan gráficamente los resultados obtenidos para el primer semestre de 2025, que incluyen las mediciones comprometidas y las complementarias. El Anexo 5.2 contiene el registro detallado de los niveles.

Las infraestructuras asociadas a los indicadores de estado fueron visitadas con la regularidad comprometida y voluntaria (diaria por la ETFA y mensual por SQM) a excepción del punto L1-3, el cual no fue visitado entre los días 20 y 23 de febrero debido a restricción de acceso por la comunidad Talabre.

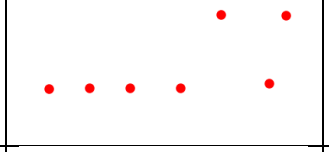
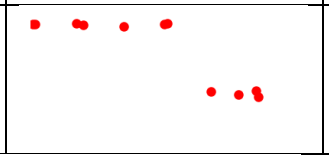
Tabla 5-9: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L1-1	2.328,66	2.328,88	2.328,84		↑
L1-2	2.324,67	2.324,68	2.324,68		↑
L1-3	2.319,89	2.319,92	2.319,90		→
L2-2	2.323,93	2.323,95	2.323,94		↑
L2-3	2.322,79	2.322,80	2.322,80		↑
L2-7	2.318,84	2.318,87	2.318,85		→
L7-1	2.333,33	2.333,40	2.333,37		→
L7-2	2.330,18	2.330,19	2.330,19		↑
L7-6	2.325,62	2.325,67	2.325,65		↑



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-10: Nivel dinámico mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
ALLANA	2.322,77	2.323,36	2.322,95		→
MULLAY-1	2.328,30	2.328,91	2.328,69		↑



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.2 Pozos en zona marginal

En la Zona Marginal del Sistema Soncor se encuentran 58 puntos de control de nivel, de los cuales 19 poseen medición continua. Dado el número de puntos y la extensión del Sistema Soncor, se optó por presentar los resultados en 6 grupos, definidos a partir de su ubicación geográfica: subsector Puilar, subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros, subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa, subsector Descarga Oeste de Barros Negros (Cola de Pez), subsector Descarga Sur de Barros Negros (Desborde Sur) y subsector Norte del Salar de Atacama. A continuación, se muestran los resultados para cada grupo.

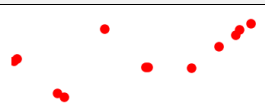
5.1.3.1.2.1 Subsector Puilar

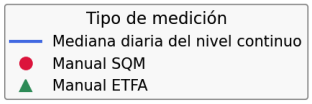
El subsector Puilar dispone de 4 puntos de control, sin considerar las reglillas, de los cuales los pozos L7-3 y L7-4 son indicadores de estado. Solo el pozo L7-3 se ubica al interior de la reserva; sin embargo, el acceso a los puntos L7-4 y L7-7 se encuentra supeditado a los permisos de ingreso a la reserva, específicamente a los permisos de traspaso del centro turístico de Chaxa.

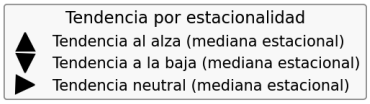
El resultado del monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las adicionales, se muestra gráficamente en la Tabla 5-11. El Anexo 5.2 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Durante el periodo reportado, el indicador de estado L7-3 fue monitoreado con la frecuencia comprometida, a excepción de los días 12 al 15 de febrero debido a la mala condición de los caminos posterior a las lluvias registradas durante esa semana. El pozo L7-4 fue visitado solo en el mes de mayo, al igual que el punto L7-7. El detalle de los puntos no visitados se presenta en la sección 5.1.1.

Tabla 5-11: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
1027	2.307,83	2.307,91	2.307,87		→
L7-3	2.313,40	2.313,58	2.313,47		→
L7-4	2.302,22	2.302,37	2.302,25		→
L7-7	2.304,12	2.304,12	2.304,12		→





5.1.3.1.2.2 Subsector este de lagunas Chaxa y Barros Negros

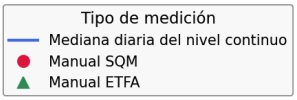
El subsector ubicado al este de las lagunas Chaxa y Barros Negros, cuenta con 11 puntos de control; de los cuales los indicadores de estado son el L1-4 y L2-4. Por otro lado, dentro de la reserva se encuentran los pozos L1-10, L1-15, L1-16, L1-9, L7-10 y L7-11. El resultado del monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las complementarias, se muestra gráficamente en las Tabla 5-12 y Tabla 5-13. El Anexo 5.1 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

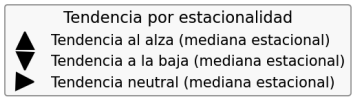
El monitoreo del pozo L1-10 estuvo suspendido hasta marzo de 2025 por restricción de acceso por parte de CONAF (Ver Carta Oficial N° 56/2024). El detalle de los puntos no visitados se presenta en la sección 5.1.1.

Durante el periodo reportado, las mediciones en los indicadores de estado L1-4 y L2-4, mantuvieron la frecuencia diaria comprometida (por SEGEA), y con una medición mensual adicional en estos puntos (por SQM), a excepción del L1-16 cuyo nivel no fue medido en enero debido a restricción por parte de la comunidad Toconao.

Tabla 5-12: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros

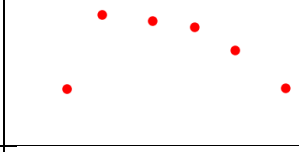
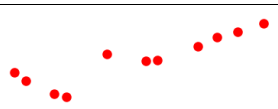
Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L1-10	2.299,53	2.299,57	2.299,55		↓
L1-15	2.299,83	2.299,89	2.299,86		↓
L1-16	2.300,02	2.300,08	2.300,05		→
L1-4	2.299,60	2.299,70	2.299,64		↓
L1-6	2.299,87	2.299,91	2.299,89		↓
L1-7	2.299,57	2.299,64	2.299,61		↓

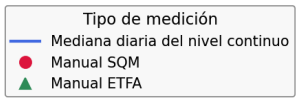


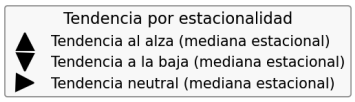


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-13: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (continuación)

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L1-9	2.299,50	2.299,56	2.299,53		↓
L2-4	2.303,37	2.303,54	2.303,42		→
L2-8	2.301,40	2.301,68	2.301,54		→
L7-10	2.300,06	2.300,29	2.300,19		→
L7-11	2.299,92	2.300,18	2.300,07		→





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

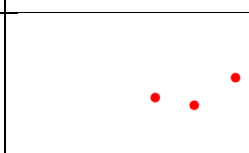
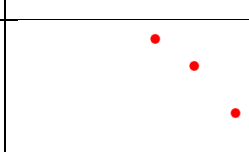
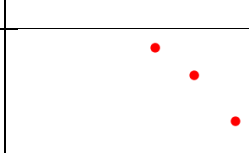
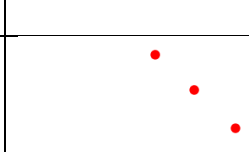
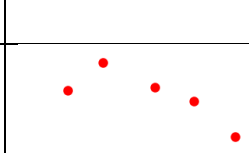
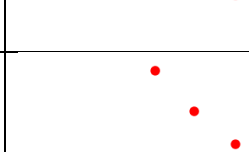
5.1.3.1.2.3 Subsector al oeste y sur de la laguna Chaxa

El subsector situado al oeste y sur de la Laguna Chaxa dispone de 9 puntos de monitoreo. Es importante señalar que todos se encuentran dentro de la RNLF – Soncor y ninguno de éstos se mide de manera continua ni corresponde a un indicador de estado; por lo tanto, las mediciones en este subsector se limitan a una medición mensual para cada pozo y son realizadas por SQM. El resultado de los niveles obtenidos durante el monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las adicionales, se muestra gráficamente en la Tabla 5-14. El Anexo 5.2 contiene el registro detallado de los niveles.

El monitoreo en los puntos L7-12, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4 y RC-6 se suspendió entre enero y marzo, conforme a la carta de Conaf (N°02/2025). En junio, todos los puntos excepto RC-1 no fueron

monitoreados debido a una restricción establecida por la comunidad de Toconao, el detalle de las restricciones de acceso se presenta en la sección 5.1.1

Tabla 5-14: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector oeste y sur de la laguna Chaxa

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L7-12	2.299,56	2.299,59	2.299,58		↓
L7-5	2.299,84	2.299,98	2.299,90		→
RC-1	2.299,99	2.300,14	2.300,04		→
RC-2	2.299,66	2.299,68	2.299,67		→
RC-3	2.299,70	2.299,72	2.299,71		→
RC-4	2.299,38	2.299,40	2.299,39		↓
RC-5	2.299,15	2.299,18	2.299,16		↓
RC-6	2.299,73	2.299,75	2.299,74		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
RC-7	2.298,81	2.298,82	2.298,82		↓



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

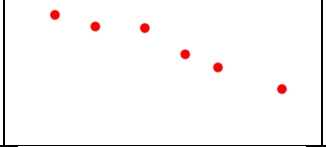
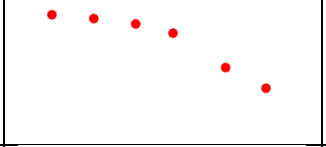
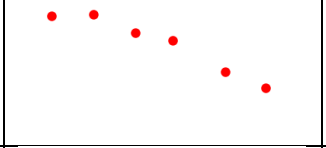
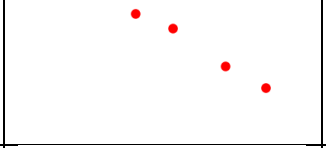
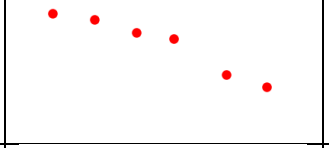
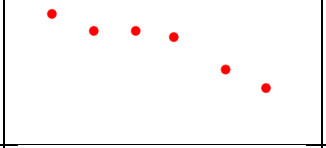
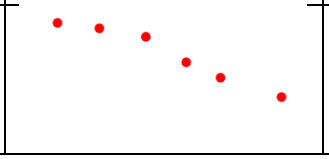
5.1.3.1.2.4 Subsector descarga oeste de Barros Negros

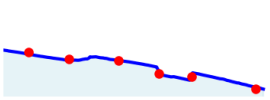
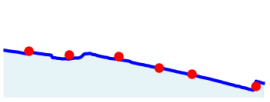
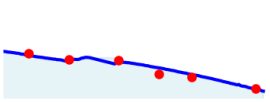
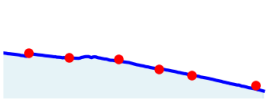
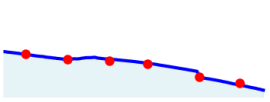
En cuanto al subsector de Descarga Oeste de la Laguna Barros Negros – denominada Cola de Pez – dispone de 22 puntos de control (sin incluir las reglillas). De este grupo, solo el L1-5 corresponde al indicador de estado. Por otro lado, la transecta P1 (P1-1, P1-2, P1-3, P1-4, P1-5, P1-5, P1-6 y P1-7) dispone de mediciones continuas. Dentro de la reserva se encuentran los puntos: L1-11, L1-12, L1-13, L1-14, L1-8, L2-22, L2-24, P1-5, P1-6 y P1-7.

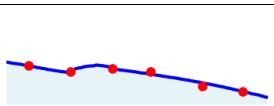
El resultado de los niveles obtenidos durante el monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las complementarias, se visualiza en el gráfico de las Tabla 5-15. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM). Cabe destacar que el punto L2-24 actualmente tiene el nivel bajo la cota de habilitación, por lo cual, no hay registro de niveles en el primer semestre de 2025.

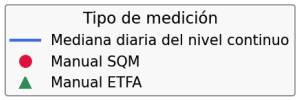
Para el actual semestre reportado, las mediciones en el indicador L1-5, mantuvo la frecuencia diaria comprometida (por SEGEA), con mínimo de 1 medición mensual adicional en estos puntos (por SQM). Asimismo, todos los pozos fuera de la reserva cuentan con la medición mensual comprometida, a excepción del L1-13 cuyo monitoreo estuvo restringido entre los meses de enero y marzo confirme a la carta CONAF N°02/2025.

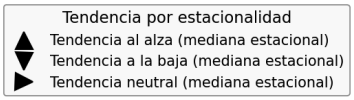
Tabla 5-15: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
GD-01	2.298,33	2.298,38	2.298,36		↓
L1-11	2.299,02	2.299,08	2.299,06		↓
L1-12	2.298,78	2.298,82	2.298,80		↓
L1-13	2.298,99	2.299,04	2.299,02		↓
L1-14	2.298,64	2.298,67	2.298,66		↓
L1-5	2.298,77	2.298,83	2.298,80		↓
L1-8	2.298,80	2.298,84	2.298,83		↓
L2-11	2.298,36	2.298,40	2.298,39		↓
L2-12	2.298,36	2.298,41	2.298,39		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L2-13	2.298,32	2.298,37	2.298,34		↓
L2-17	2.298,40	2.298,45	2.298,43		↓
L2-18	2.298,52	2.298,57	2.298,55		↓
L2-19	2.298,39	2.298,43	2.298,41		↓
L2-22	2.298,53	2.298,57	2.298,55		↓
P1-1	2.298,65	2.298,71	2.298,68		↓
P1-2	2.298,58	2.298,65	2.298,62		↓
P1-3	2.298,68	2.298,74	2.298,71		↓
P1-4	2.298,80	2.298,88	2.298,84		↓
P1-5	2.298,69	2.298,75	2.298,72		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
P1-6	2.298,68	2.298,72	2.298,71		↓
P1-7	2.298,83	2.298,88	2.298,86		↓





Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.1.2.5 Subsector descarga sur de Barros Negros

Respecto a la otra zona de descarga de la laguna Barros Negros (denominada Descarga Sur) cuenta con 12 puntos de monitoreo, de los cuales ninguno corresponde a un indicador de estado. En cuanto a su ubicación, los pozos L2-23, L2-16, L2-9, P2-1, P2-2, P2-3 P2-4 y P2-5 se encuentran dentro de la reserva. Son 8 pozos los que cuentan con medición continua (L2-23, P2-1, L2-9, P2-3, L2-16, P2-2, P2-5, P2-4). Debido a fallas y/o desconfiguraciones de los sensores en puntos P2-1 y P2-4, algunos datos no fueron validados, por lo que no se incluyen en esta gráfica.

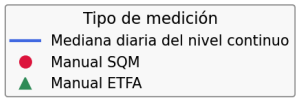
El resultado de los niveles obtenidos durante el monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las complementarias, se muestra en el gráfico de la Tabla 5-16. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

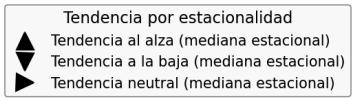
Durante el periodo reportado, se realizaron mediciones mensuales en todos los pozos situados fuera de la RNLF. Por otro lado, la frecuencia de visita a los pozos dentro de la reserva fue menor debido a restricciones de acceso; con especial énfasis en los pozos L2-23, P2-4 y P2-5, los cuales no fueron visitados entre enero y marzo de 2025.

Tabla 5-16: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L2-10	2.299,39	2.299,46	2.299,44		↓
L2-15	2.298,95	2.299,09	2.299,04		→
L2-16	2.299,20	2.299,43	2.299,36		→
L2-21	2.299,30	2.299,41	2.299,38		→
L2-23	2.299,50	2.299,78	2.299,69		→
L2-5	2.299,19	2.299,26	2.299,22		↓
L2-9	2.298,49	2.298,60	2.298,56		↓
P2-1	2.298,57	2.298,70	2.298,65		↓
P2-2	2.298,77	2.298,88	2.298,84		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
P2-3	2.298,96	2.299,08	2.299,04		↓
P2-4	2.299,45	2.299,67	2.299,61		→
P2-5	2.299,54	2.299,76	2.299,70		→





Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.1.2.6 Subsector norte del Salar

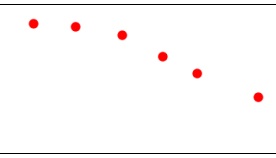
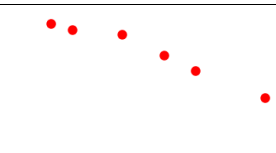
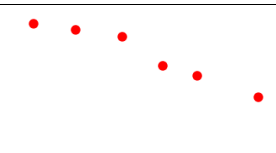
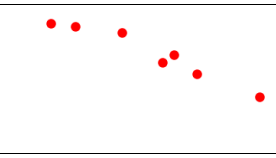
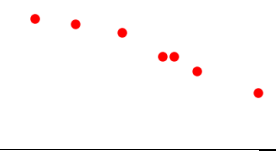
Los pozos L11-1 y L11-2 se sitúan en el subsector Norte del Salar. Ambos pozos se encuentran en un área donde el acceso ha sido imposibilitado desde noviembre de 2019 hasta la actualidad; por lo tanto, no se dispone de información para el primer semestre de 2025.

5.1.3.1.3 Pozos en zona Núcleo

En la zona Núcleo del Sistema Soncor se dispone de 6 pozos, de los cuales ninguno corresponde a un indicador de estado y solo el pozo 2021 registra mediciones continuas de nivel.

El resultado del monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las adicionales, se muestra gráficamente en la Tabla 5-17. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM). En el actual período reportado, los 6 puntos fueron monitoreados mensualmente por SQM, en al menos una ocasión.

Tabla 5-17: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona Núcleo Sistema Soncor

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
2021	2.298,42	2.298,50	2.298,47		↓
L2-14	2.298,39	2.298,44	2.298,42		↓
L2-20	2.298,31	2.298,36	2.298,34		↓
SOPM-13	2.298,32	2.298,37	2.298,35		↓
SOPM-14	2.298,30	2.298,35	2.298,33		↓
SOPM-7 (L2-6)	2.298,34	2.298,40	2.298,37		↓



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.4 Nivel de agua superficial

En este apartado se muestran los niveles de agua superficial medidos en las reglillas L1-G4 (al sur de la Laguna Barros Negros), L7-G1 (al oeste del canal Burro Muerto), L7-G2 (al este de la Laguna Puilar) y L11-G1 (en el sector norte del Salar). De este grupo, el L1-G4 corresponde al indicador de estado. Los puntos L7-G1 y L7-G2 se sitúan al interior de la reserva.

Respecto a las mediciones, solo los pozos L7-G2 y L1-G4, cuentan con dispositivos de medición continua. Cabe mencionar que los transductores de presión se encuentran en las infraestructuras denominadas

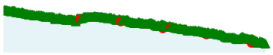
como Pozo (L7-G2 Pozo y L1-G4 Pozo), puesto que en las propias reglillas su instalación no es factible debido al esquema constructivo del mismo. Además, las mediciones (manuales y continuas) realizadas en cada tipo de infraestructura (asociada al pozo y a la reglilla) representan la misma área hidrogeológica (en el caso del L1-G4) o el mismo elemento hidrológico (en el caso del L7-G2).

Adicionalmente, en la RCA Nº226/2006, se compromete la medición mensual en las reglillas L7-G1, L1-G4 y L11-G1, así como también la medición diaria del L1-G4 Reglilla, que corresponde a un indicador de estado. Las mediciones manuales de nivel son adicionales ya que permiten calibrar las continuas.

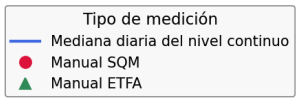
Los niveles monitoreados, tanto manuales como continuos, que incluyen las mediciones comprometidas y las complementarias, se muestran en la Tabla 5-18. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el recuento de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

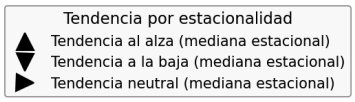
La frecuencia de las mediciones manuales del L1-G4 Pozo y L1-G4 Reglilla, han sido efectuadas a diario por SEGEA y al menos 1 vez al mes por SQM. Respecto al punto L7-G1, este fue monitoreado entre abril y junio de 2025, en cambio los punto L7-G2 Reglilla y L7-G2 Pozo fueron visitados únicamente mayo, por SQM. En el caso del L11-G1, éste no dispone de información debido a que el acceso al sector norte del Salar permanece inhabilitado desde noviembre de 2019.

Tabla 5-18: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L1-G4 POZO	2.298,82	2.298,87	2.298,85		↓
L1-G4 REGLILLA	2.298,82	2.298,87	2.298,85		↓
L7-G1	2.300,14	2.300,28	2.300,20		→
L7-G2 POZO	2.301,17	2.301,25	2.301,19		→

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L7-G2 REGLILLA	2.301,21	2.301,21	2.301,21		↓





5.1.3.1.4.1 Nivel sector Puente San Luis

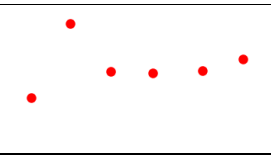
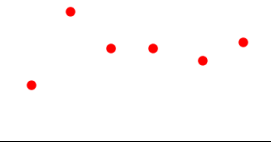
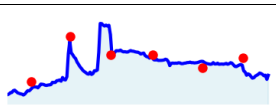
En el sector del Puente San Luis existen 4 puntos de monitoreo de agua superficial – reglillas – ubicados en su totalidad dentro de la reserva. La infraestructura conocida como Puente San Luis cuenta con una reglilla y un pozo. El equipo de medición continua está instalado en la infraestructura conocida como Puente San Luis Pozo. Sin embargo, en ambos puntos se realizan mediciones manuales mensuales. Por el contrario, la Reglilla Burro Muerto cuenta con una infraestructura instalada por SQM y otra por CONAF, denominadas Reglilla Burro Muerto SQM y Reglilla Burro Muerto CONAF. En este caso, el transductor de presión se encuentra instalado en la infraestructura de SQM. No obstante, SQM, como parte de lo comprometido en la RCA Nº226/2006, se encarga de la supervisión, mantención y medición adecuada de la infraestructura de CONAF.

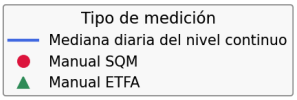
El resultado de los niveles, tanto manuales como continuos, obtenidos durante el monitoreo completo, que incluye las mediciones comprometidas y las complementarias, se muestra en el gráfico de la Tabla 5-19. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el recuento de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

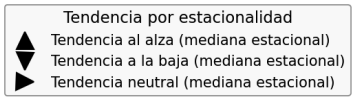
Durante el primer semestre de 2025, las 4 infraestructuras fueron visitadas mensualmente.

Tabla 5-19: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
PUENTE SAN LUIS POZO	2.301,21	2.301,36	2.301,26		→

PUENTE SAN LUIS REGLILLA	2.301,24	2.301,32	2.301,27		↓
REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	2.301,08	2.301,11	2.301,09		→
REGLILLA BURRO MUERTO SQM	2.301,09	2.301,12	2.301,10		↑





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.4.2 Nivel Lacustre

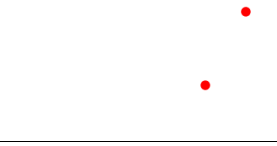
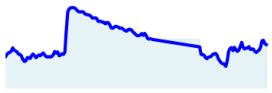
La medición del nivel de las lagunas en el Sistema Soncor se efectúa mediante reglillas instaladas en Barros Negro, Puilar y Chaxa. En todos los casos, al igual que en el apartado anterior, se cuenta con infraestructuras – o reglillas – homónimas, unas instaladas por SQM y otras por CONAF. Se destaca que, los transductores de presión se encuentran instalados en las infraestructuras de SQM. No obstante, SQM, como parte de lo comprometido en la RCA Nº226/2006, se encarga de la supervisión, mantención y medición adecuada de las infraestructuras de CONAF.

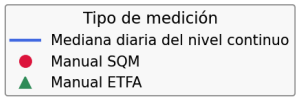
En cuanto a la medición del nivel lacustre con reglillas, es importante señalar que cada una de las tres lagunas del Sistema Soncor posee 2 mediciones de nivel: 1) Mediciones continuas en las reglillas de SQM (requerimiento RCA), y 2) Mediciones manuales en las reglillas de SQM y CONAF (complementario).

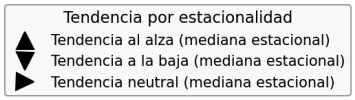
El resultado de los niveles obtenidos durante el monitoreo, que incluye las mediciones comprometidas y las complementarias, se muestra en la Tabla 5-20. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el recuento de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

La restricción conforme a la carta CONAF (ver carta N°2/2025) se extendió hasta abril de 2025 para las reglillas Chaxa y Barros Negros. En particular, la reglilla Puilar solo se pudo acceder en mayo, ya que en junio la comunidad Toconao restringió el acceso al punto.

Tabla 5-20: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) del Sistema Soncor – niveles en las lagunas

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	2.299,89	2.299,89	2.299,89		↓
REGLILLA BARROS NEGROS SQM	2.299,78	2.299,88	2.299,84		↓
REGLILLA PUILAR CONAF	2.301,18	2.301,18	2.301,18		→
REGLILLA PUILAR SQM	2.301,15	2.301,30	2.301,22		→
REGLILLA CHAXAS CONAF	2.300,21	2.300,23	2.300,22		→
REGLILLA CHAXAS SQM	2.300,05	2.300,22	2.300,13		→





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.2 Meteorología

En la Tabla 5-21 se presenta un resumen de los principales estadígrafos correspondientes a los parámetros registrados en la estación meteorológica Chaxa, a partir de mediciones diarias. En total se incluyen ocho parámetros, de los cuales cuatro son exigidos por la RCA 226/2006: precipitación, evaporación, temperatura del aire y velocidad del viento. Los otros cuatro parámetros, considerados complementarios, son: dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación global. Todas las variables se reportan a nivel diario para el período comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2025. Las series

diarias del primer semestre de 2025 se presentan de forma gráfica en la Figura 5-4 y en formato tabular en el Anexo 9.2. El detalle metodológico para el cálculo de los parámetros diarios se encuentra descrito en el Anexo 3.3.

Para todas las variables se validó más del 95 % de las mediciones, excepto en el caso de la evaporación, donde se identificaron períodos con la bandeja de evaporación seca. Esto se atribuyó principalmente a inconvenientes con la válvula utilizada para el llenado automático, que ocasionó un flujo constante de agua en la bandeja y fue revisada durante las visitas de mantenimiento. En consecuencia, el registro de esta variable se completó considerando la información de otras estaciones. La metodología aplicada se presenta en el Anexo 3.3 y el detalle del relleno se presenta en el Anexo 9.3.

En el primer semestre de 2025, la precipitación fue nula casi todo el periodo, salvo entre el 10 y 13 y el 25 de febrero (23,7 mm acumulados en el mes) y el 25 de junio (0,7 mm). En cuanto a la velocidad y dirección del viento, se observa en promedio un descenso progresivo en el primer semestre, con la excepción que durante junio se observaron alzas en ambos parámetros.

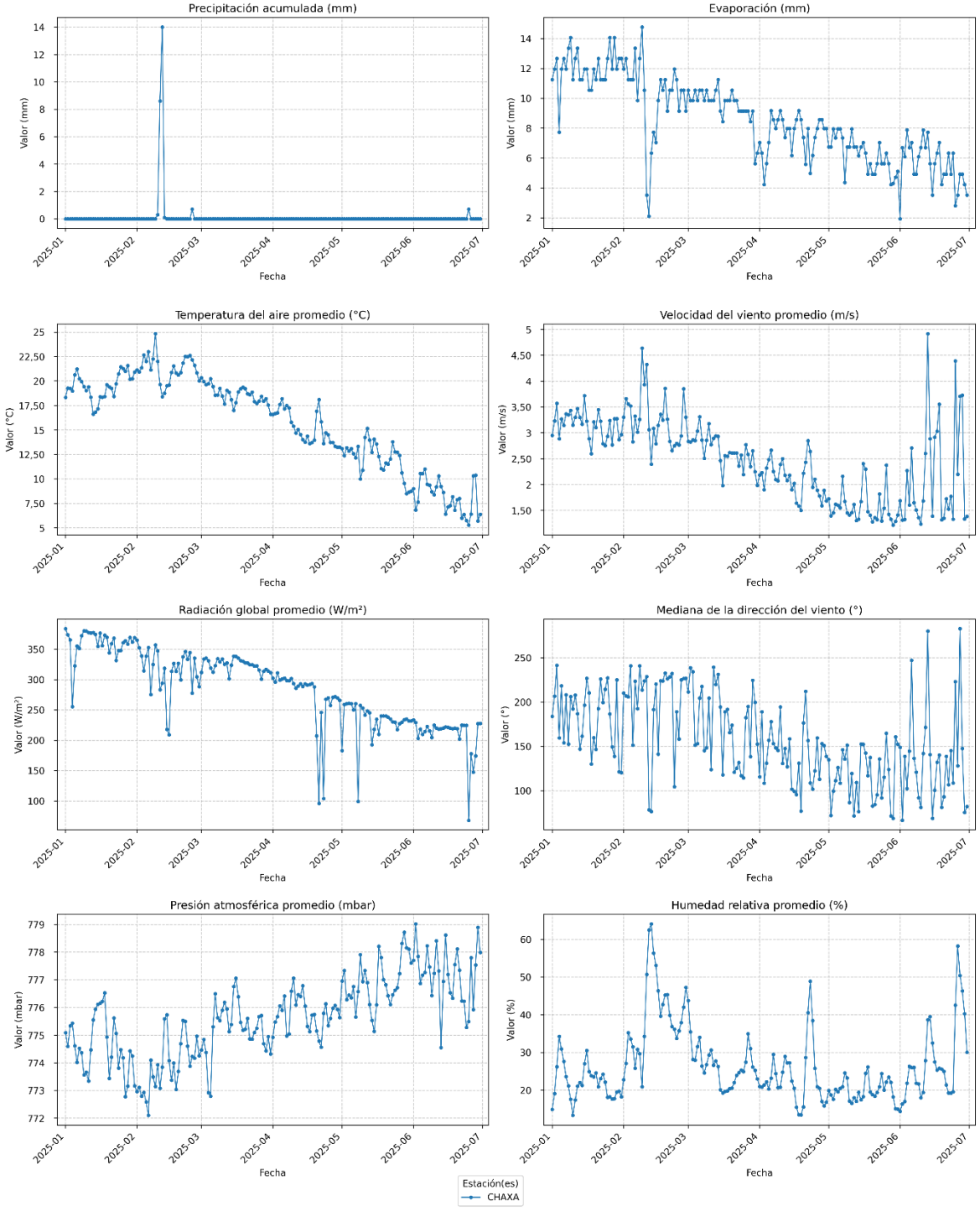
Durante el primer semestre de 2025, la radiación global, evaporación diaria y temperatura del aire diaria muestran una tendencia descendente. En enero, la radiación diaria promedio es de 360 W/m², la evaporación de 11,9 mm y la temperatura del aire de 19,5°C; en junio, estos valores bajan a 209,1 W/m², 5,5 mm/día y 8,1°C, respectivamente. La presión atmosférica diaria oscila entre 772 y 779 mbar, mientras que la humedad relativa aumenta del 22% promedio en enero al 28,1% en junio.

Tabla 5-21: Estadígrafos de series diarias la estación meteorológica de Chaxa

Parámetro	Unidad	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Evaporación diaria *	mm	1,9	14,8	8,5	2,8	8,4
Humedad relativa promedio	%	13,3	64,1	26,4	9,8	23,9
Mediana de la dirección del viento	°	66,5	282,8	N/A	50,2	151,2
Precipitación acumulada diaria	mm	0	14	0,1	1,2	0
Presión atmosférica promedio	mbar	772,1	779	775,6	1,5	775,6
Radiación global promedio	W/m²	68	384	285,4	62,7	296,1
Temperatura del aire promedio	°C	5,3	24,9	15,8	4,8	17,2
Velocidad del viento promedio	m/s	1,2	4,9	2,5	0,8	2,6

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4: Series de parámetros meteorológicos diarios de la Estación Meteorológica Chaxa durante el primer semestre de 2025



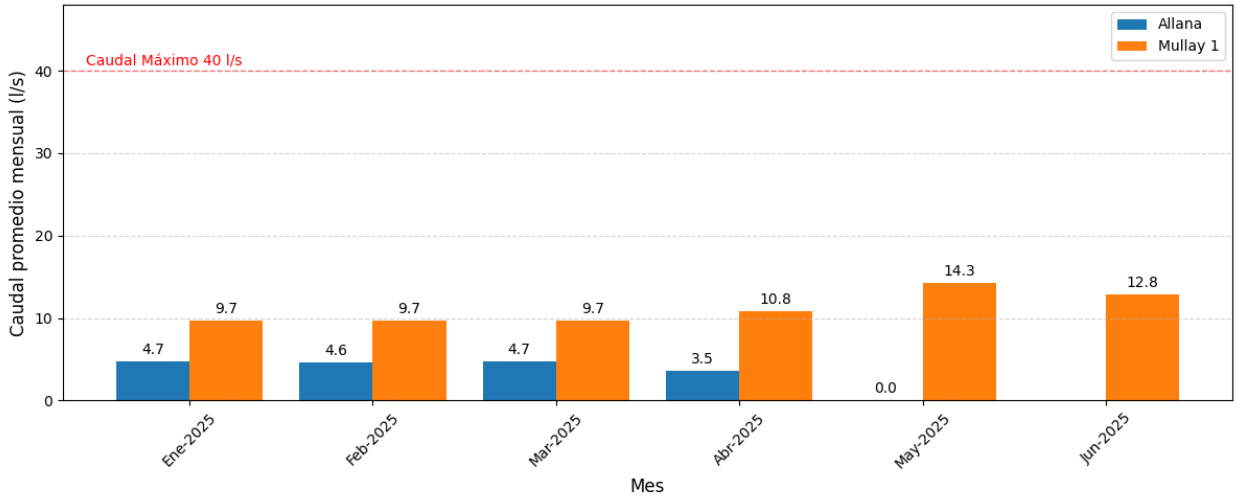
Fuente: Elaboración propia

5.1.3.3 Caudal bombeado agua

En el Sistema Soncor, los pozos de extracción Mullay-1 y Allana cuentan con una autorización ambiental para un caudal máximo de bombeo de 40 L/s cada uno. No obstante, de manera voluntaria y anticipada, SQM implementó una reducción conjunta del caudal a 40 L/s como parte de su Plan Estratégico de Sustentabilidad. Posteriormente, ante la activación de la fase de contingencia, la compañía decidió disminuir dicho caudal en un 50 %, limitando la extracción a un máximo de 20 L/s mientras se mantenga dicha condición.

Durante el primer semestre de 2025, los caudales extraídos desde ambos pozos se mantuvieron por debajo del límite autorizado. En concreto, el promedio semestral de los caudales bombeados por los pozos Mullay-1 y Allana fueron de 11,17 L/s y 2,92 L/s, respectivamente (Figura 5-5).

Figura 5-5: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.4 Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Soncor durante el primer semestre de 2025. Si bien los pozos L2-4 y L7-3 son parte del monitoreo de calidad del agua tanto para el Sistema Soncor como para el Sistema Vegetación Borde Este, para efectos de orden, los resultados se presentan en esta sección.

En la sección 4 y en el Anexo 2, se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Soncor. En este último se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad fisicoquímica de los parámetros monitoreados. Por lo anterior, en esta sección se presentan los resultados numéricos del monitoreo de calidad química del agua sin contrastarse con límites o umbrales de control. Por su parte, el análisis del comportamiento histórico de la calidad se desarrolla en el capítulo 6 del presente informe.

En el primer semestre de 2025 los análisis químicos han sido efectuados por la ETFA ALS Life Sciences S.A (029-01), mientras que los muestreos de terreno fueron realizados por la ETFA SEGEA (040-01).

En el Anexo 6.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre y todos los resultados tabulados para el actual semestre se encuentran en el Anexo 6.2. Además, en el Anexo 4.7 se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

5.1.3.4.1 Muestreo de aguas red monitoreo

Desde la Tabla 5-22 a la Tabla 5-24 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua y salmuera tomadas en terreno (SEGEA) y analizadas por el laboratorio ALS Life Sciences S.A (enero y abril de 2025) a los pozos de monitoreo durante el primer semestre de 2025. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos, a excepción del punto L7-G1. El punto L7-G1 no contó con el permiso de ingreso a la Reserva Nacional los Flamencos durante enero, febrero o marzo, por lo que solo contó con monitoreo el segundo trimestre. Todos estos detalles se encuentran en el respaldo en el informe realizado por la ETFA en el Anexo 6.1.

Tabla 5-22: Resultados calidad del agua Sistema Soncor

		L1-4		L1-5		L1-6		L1-G4 REGLILLA	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
pH Terreno		7,293	7,345	7,422	7,494	7,625	7,649	7,19	7,203
pH		7,6	7,4	7,7	7,6	7,9	7,6	7,5	7,2
Conductividad Terreno	**uS/cm**	228.000,0	226.000,0	206.000,0	205.000,0	182.000,0	185.200,0	220.000,0	219.000,0
Conductividad	**uS/cm**	231.000,0	231.000,0	220.000,0	209.000,0	187.200,0	187.100,0	220.000,0	224.000,0
Temperatura Terreno	**°C**	24,7	22,7	19,4	18,6	22,5	22,5	21,7	19,5

		L1-4		L1-5		L1-6		L1-G4 REGLILLA	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
Densidad Terreno	**g/mL**	1,195	1,194	1,148	1,154	1,118	1,125	1,175	1,178
Densidad	**g/mL**	1,193	1,197	1,141	1,149	1,117	1,121	1,171	1,128
Sólidos Totales	**mg/L**	314.580,0	302.320,0	230.030,0	291.240,0	223.000,0	178.110,0	329.095,0	283.030,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	300.500,0	324.710,0	221.395,0	253.390,0	185.330,0	178.870,0	301.725,0	257.790,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	53,0	251,0	63,0	169,0	23,0	66,0	195,0	534,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	907,4	828,8	608,6	693,0	453,0	476,6	687,0	726,4
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	907,4	828,8	608,6	693,0	453,0	476,6	687,0	726,4
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	149.471,4	146.319,9	104.224,8	89.592,8	83.289,8	90.546,4	126.060,2	146.319,9
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1106,97	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	23.965,0	23.883,0	17.390,0	17.544,0	16.515,0	16.443,0	21.630,0	21.125,0
Calcio	**mg/L**	445,87848	445,21397	779,18569	762,49148	823,29292	831,40232	571,24262	557,50423
Calcio Disuelto	**mg/L**	431,10304	439,22913	739,67202	729,88257	791,95101	790,36768	549,89137	550,2659
Magnesio	**mg/L**	7.132,73647	6.860,28014	5.670,27076	5.695,79556	3.952,789	4.022,86327	6.852,1836	6.805,09065
Magnesio Disuelto	**mg/L**	6.825,00396	6.644,28271	5.352,74311	5.415,8925	3.798,83043	3.806,04935	6.480,42921	6.546,3381
Potasio	**mg/L**	15.088,32927	14.036,1456	9.815,76234	9.953,27126	7.657,56434	7.758,3575	12.331,27557	12.164,78116
Potasio Disuelto	**mg/L**	14.605,44016	13.816,66094	9.434,55878	9.473,29463	7.447,337	7.421,76761	11.671,22634	11.570,7131
Sodio	**mg/L**	84.573,4346	77.778,41794	60.143,57033	60.674,06465	48.000,85959	47.983,92701	72.456,08924	74.022,12397
Sodio Disuelto	**mg/L**	80.698,3129	76.300,50539	57.002,17998	58.029,32678	46.341,58107	45.704,09879	68.704,99493	69.862,28466

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-23: Resultados calidad del agua Sistema Soncor (continuación)

		L2-3		L2-4		L2-5		L7-3	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
Densidad Terreno	**g/mL**	1,0	1,003	1,005	1,005	1,144	1,145	1,0	1,0
Densidad	**g/mL**	1,001	0,999	1,005	1,001	1,139	1,145	0,997	0,997
Sólidos Totales	**mg/L**	2.624,0	2.740,0	2.770,0	6.010,0	374.665,0	249.230,0	1.450,0	1.110,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	2.138,0	2.510,0	2.084,0	5.080,0	323.055,0	229.000,0	1.190,0	1.026,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	13,0	51,0	241,0	127,0	95,0	380,0	17,0	5,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	204,6	418,0	364,2	384,4	588,4	623,6	191,2	197,6
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	204,6	418,0	343,0	384,4	588,4	623,6	165,2	197,6
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	21,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	26,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	452,5	239,5	2656,3	3151,5	105.350,3	117.956,3	294,9	140,9
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	1083,0	1119,0	565,0	542,0	19139,0	18471,0	247,0	259,0

		L2-3		L2-4		L2-5		L7-3	
Parámetro	Unidad	Enero	Abril	Enero	Abril	Enero	Abril	Enero	Abril
Calcio	mg/L	205,71193	205,25559	147,70972	136,50717	773,98837	713,2566	45,64318	44,19509
Calcio Disuelto	mg/L	204,97945	201,06003	134,93989	134,74487	714,77279	711,75254	45,33648	43,72041
Magnesio	mg/L	162,71568	159,01731	137,5616	128,07142	5084,2762	4.842,02479	26,80821	24,87412
Magnesio Disuelto	mg/L	160,93458	156,37893	120,23755	125,40367	4683,07037	4.767,86243	25,21664	24,72888
Potasio	mg/L	35,64779	34,54647	182,90281	175,19394	10.212,93657	9.215,17235	34,5521	24,42261
Potasio Disuelto	mg/L	35,49371	33,69058	169,05694	168,83388	9.513,30669	9.147,02315	31,20459	23,55563
Sodio	mg/L	303,90395	294,79101	1.715,26448	1.761,40548	58.922,85243	55.312,90898	297,88996	254,24704
Sodio Disuelto	mg/L	301,24088	287,69983	1.622,54203	1.705,86299	54.402,37631	55.290,50124	280,73779	249,62483

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-24: Resultados calidad del agua Sistema Soncor (continuación)

		L7-G1		SOPM-14		SOPM-7 (L2-6)	
Parámetro	Unidad	Enero	Abril	Enero	Abril	Enero	Abril
pH Terreno		S/I	7,379	7,099	7,244	7,129	7,133
pH		S/I	7,4	7,5	7,3	7,4	7,2
Conductividad Terreno	uS/cm	S/I	229.000,0	238.000,0	235.000,0	234.000,0	230.000,0
Conductividad	uS/cm	S/I	231.000,0	244.000,0	241.000,0	246.000,0	238.000,0
Temperatura Terreno	°C	S/I	25,2	22,5	22,6	23,5	23,5
Densidad Terreno	g/mL	S/I	1,23	1,218	1,219	1,219	1,222
Densidad	g/mL	S/I	1,232	1,217	1,216	1,214	1,222
Sólidos Totales	mg/L	S/I	363.610,0	345.780,0	343.510,0	349.040,0	347.430,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	S/I	333.710,0	300.705,0	335.870,0	314.735,0	335.580,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S/I	1490,0	147,0	255,0	25,0	282,0
Alcalinidad Total	mgCaCO3/L	S/I	2242,0	704,0	760,0	676,6	732,0
Alcalinidad Bicarbonato	mgCaCO3/L	S/I	2242,0	704,0	760,0	676,6	732,0
Alcalinidad Carbonato	mgCaCO3/L	S/I	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	mg/L	S/I	145.869,7	162.977,8	189.540,5	162.077,4	176.259,2
Nitrogeno Nitrato	mg/L	S/I	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	mg/L	S/I	28.081,0	16.690,0	16.433,0	19.705,0	19.067,0
Calcio	mg/L	S/I	504,70824	480,43635	458,03324	396,44082	360,34193
Calcio Disuelto	mg/L	S/I	420,77128	453,06075	424,97931	375,2084	343,65507
Magnesio	mg/L	S/I	10.440,57643	5.356,94707	5.303,22948	6.516,11458	6.238,82466
Magnesio Disuelto	mg/L	S/I	10.398,97674	5.092,76937	5.021,38968	6.210,91431	5.906,20305
Potasio	mg/L	S/I	20.805,19631	9.927,49067	9678,13998	11956,81097	10.978,39221
Potasio Disuelto	mg/L	S/I	20.479,22044	9.476,03381	8860,66361	11462,99716	10.391,79162
Sodio	mg/L	S/I	91.991,90861	101.738,5889	101.712,2408	99.564,40848	95.017,68643
Sodio Disuelto	mg/L	S/I	90.047,05198	95.129,76262	92.127,49409	94.827,33831	89.690,35393

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin información

En la Tabla 5-25 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay-1 y Allana durante el primer semestre de 2025.

Tabla 5-25: Resultados calidad del agua en pozos de extracción

		ALLANA		MULLAY-1	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
pH Terreno		7,244	7,312	7,34	7,31
pH		7,4	7,9	8,2	8,3
Conductividad Terreno	**uS/cm**	4.190,0	4.130,0	2.360,0	2.360,0
Conductividad	**uS/cm**	3.990,0	4.200,0	2.330,0	2.250,0
Temperatura Terreno	**°C**	26,8	25,6	17,0	17,5
Densidad Terreno	**g/mL**	1,005	1,004	1,0	1,0
Densidad	**g/mL**	1,002	0,999	0,998	0,997
Sólidos Totales	**mg/L**	3.190,0	3.240,0	1.810,0	1.394,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	2.640,0	2.910,0	1.590,0	1.324,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	4,0	3,0	3,0	3,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	175,8	181,4	308,6	295,2
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	175,8	181,4	308,6	295,2
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	389,4	398,4	411,9	427,7
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrógeno Nitritos	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	1794,0	1822,0	233,0	223,0
Calcio	**Calcio**	261,89399	261,55507	78,68271	92,78669
Magnesio	**mg/L**	232,41844	221,02713	26,48913	31,56198
Potasio	**mg/L**	25,21232	24,52156	25,50559	29,26912
Sodio	**mg/L**	400,30607	365,07156	272,50418	320,38086
Arsénico	**mg/L**	0,06385	0,05797	3,37139	3,81012
Hierro	**mg/L**	0,04022	0,05099	0,07119	0,08322
Manganeso	**mg/L**	0,01002	0,00226	0,00198	0,0023
Zinc	**mg/L**	0,0388	0,05467	0,01257	0,01814

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.4.2 Mediciones realizadas en cuerpos superficiales

En las se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos del monitoreo realizado en los puntos de control lacustre de Chaxa y Barros Negros (Calidad 2, Tabla 4-2), y Burro Muerto y Puilar (Calidad 3, Tabla 4-2), planificados a ser realizados por ALS Life Sciences S.A (ETFA 029-01), y a su vez, SEGEA (ETFA 040-01) comprometidos con el monitoreo en terreno y la medición de parámetros fisicoquímicos (Tabla 5-26). Se

analizan los parámetros correspondientes de acuerdo con la Tabla 4-2, como parte del compromiso de la RCA Nº226/2006 (ver Anexo 2, que define el tipo de calidad por cada punto de monitoreo).

El personal de SEGEA solo pudo ingresar en ambos trimestres al punto de Burro Muerto. El resto de las reglillas solo fueron posibles de visitar durante el mes de mayo 2025; esto debido a que durante el primer trimestre no se contaba con el permiso de acceso la Reserva Nacional Los Flamencos. Para ver los respectivos respaldos de esta situación, visitar las cartas de restricción de acceso, que se encuentran en el Anexo 4.2 y Anexo 4.6.

Tabla 5-26: Resultados calidad del agua en agua superficial

		REGLILLA BARROS NEGROS CONAF		REGLILLA BURRO MUERTO CONAF		REGLILLA CHAXAS CONAF		REGLILLA PUILAR CONAF	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Mayo**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Mayo**	**Enero**	**Mayo**
pH Terreno		S/I	7,795	7,967	7,933	S/I	7,877	S/I	8,192
pH		S/I	7,9	8,0	7,9	S/I	7,9	S/I	8,4
Conductividad Terreno	**uS/cm**	S/I	159.000,0	110.400,0	94.700,0	S/I	97.800,0	S/I	28.900,0
Conductividad	**uS/cm**	S/I	160.800,0	120.400,0	95.100,0	S/I	94.490,0	S/I	29.700,0
Temperatura Terreno	**°C**	S/I	20,6	23,1	16,5	S/I	20,5	S/I	23,1
Densidad Terreno	**g/mL**	S/I	1,098	1,06	1,05	S/I	1,05	S/I	1,01
Densidad	**g/mL**	S/I	1,095	N/A	N/A	S/I	1,049	S/I	N/A
Oxígeno Disuelto Terreno	**mg/L**	S/I	3,6	3,87	4,0	S/I	7,1	S/I	6,69
Sólidos Totales	**mg/L**	S/I	150.720,0	94.760,0	76.970,0	S/I	80.830,0	S/I	26.420,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	S/I	137.140,0	79.100,0	74.100,0	S/I	71.230,0	S/I	24.220,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	S/I	896,0	78,0	48,0	S/I	19,0	S/I	12,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	S/I	669,4	484,6	419,4	S/I	501,0	S/I	388,8
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	S/I	669,4	484,6	419,4	S/I	501,0	S/I	388,8
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	S/I	< 1,0	< 1,0	< 1,0	S/I	< 1,0	S/I	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	S/I	70.683,8	40.969,6	29.541,9	S/I	26.981,0	S/I	7.408,3
Nitrato	**mg/L**	S/I	N/A	< 0,1	< 0,1	S/I	N/A	S/I	< 0,1
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	S/I	< 0,01	< 0,01	< 0,01	S/I	< 0,01	S/I	< 0,01
Nitrógeno Amoniacal	**mg/L**	S/I	0,08	N/A	N/A	S/I	< 0,03	S/I	N/A
Sulfato	**mg/L**	S/I	11.895,0	9.251,0	7.405,0	S/I	6.726,0	S/I	1.101,0
Calcio	**mg/L**	S/I	1.041,43659	989,15656	824,69156	S/I	639,71306	S/I	132,44115

		REGLILLA BARROS NEGROS CONAF		REGLILLA BURRO MUERTO CONAF		REGLILLA CHAXAS CONAF		REGLILLA PUILAR CONAF	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Mayo**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Mayo**	**Enero**	**Mayo**
Calcio Disuelto	**mg/L**	S/I	971,34519	938,90671	821,51518	S/I	604,44801	S/I	128,9135
Magnesio	**mg/L**	S/I	3.404,46061	2.236,7665	1.917,69809	S/I	1.856,95074	S/I	473,19962
Magnesio Disuelto	**mg/L**	S/I	3.173,92933	2.138,8255	1.916,52414	S/I	1.760,25335	S/I	461,07707
Potasio	**mg/L**	S/I	5.718,79339	3.685,78808	2.941,58789	S/I	3.120,80868	S/I	899,51554
Potasio Disuelto	**mg/L**	S/I	5.338,90901	3.501,94992	2.927,41147	S/I	2.980,55773	S/I	878,25132
Sodio	**mg/L**	S/I	40.205,03771	23.964,96855	20.225,27037	S/I	19.248,0158	S/I	4.788,43427
Sodio Disuelto	**mg/L**	S/I	37.518,98524	22.808,46717	20.208,93958	S/I	18.359,46574	S/I	4.651,34556
Arsénico	**mg/L**	S/I	2,7997	2,22943	1,85053	S/I	1,27149	S/I	2,02258
Fósforo Fosfato	**mg/L**	S/I	< 0,01	< 0,01	< 0,01	S/I	< 0,01	S/I	< 0,01
Fósforo	**mg/L**	S/I		< 0,001	< 0,001	S/I		S/I	0,10235
Salinidad	**‰**	S/I	> 42,0	> 42,0	> 42,0	S/I	> 42,0	S/I	19,0
Sílice	**mg/L**	S/I	12,4	53,3	58,8	S/I	10,4	S/I	15,8
Coliformes Totales	**NMP/100mL**	S/I	< 1,8	N/A	N/A	S/I	< 1,8	S/I	N/A
Coliformes Fecales	**NMP/100mL**	S/I	< 1,8	N/A	N/A	S/I	< 1,8	S/I	N/A
Hidrocarburos Volátiles C6-C10	**mg/L**	S/I	< 200,0	N/A	N/A	S/I	< 200,0	S/I	N/A
Hidrocarburos Totales	**mg/L**	S/I	< 2,0	N/A	N/A	S/I	< 2,0	S/I	N/A
Hidrocarburos Fijos	**mg/L**	S/I	< 2,0	N/A	N/A	S/I	< 2,0	S/I	N/A
Detergentes	**mg/L**	S/I	0,07	N/A	N/A	S/I	0,13	S/I	N/A
Dureza Total	**mg/L**	S/I	11.347,0	9.409,0	8.914,0	S/I	7.580,0	S/I	2.462,0

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin información. N/A: No Aplica

5.1.3.4.3 Validación de Resultados

En este apartado se presentan los resultados de la validación correspondiente al primer semestre de 2025 en el sistema Soncor, conforme a los criterios establecidos en el capítulo 4 y detallados en la Tabla 5-27 y Figura 5-6. Durante las campañas de ambos trimestres se validaron muestras con análisis de sólidos (totales, disueltos y suspendidos) para los balances de masas, con excepción del pozo de agua industrial Mullay-1 en enero de 2025. Esta desviación fue derivada a ALS para su reanálisis, confirmando los valores reportados en una primera instancia. El balance de masa de la muestra correspondiente a la campaña de abril se encuentra dentro de los rangos aceptables. Asimismo, todos los puntos evaluados cumplen con el criterio de balance iónico.

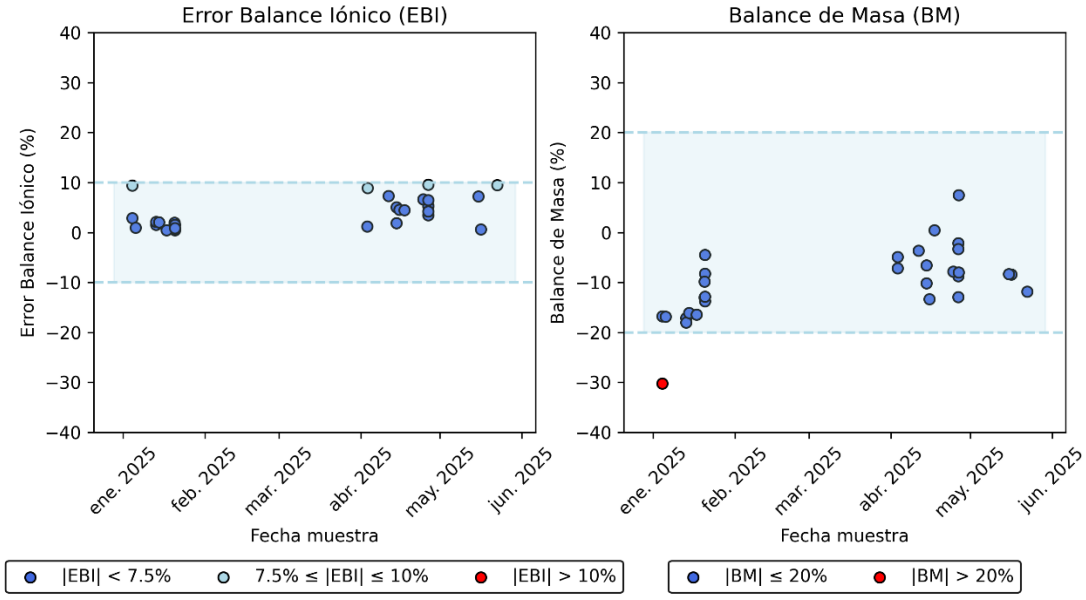
Los pozos clasificados como Calidad 1 (L1-4, L1-5, L1-6, L1-G4 Reglilla, L2-3, L2-4, L2-5, L7-3, SOPM-14 y SOPM-7 [L2-6]) y los pozos de agua industrial, caracterizados como Calidad 4, no cuentan con los parámetros obligatorios necesarios para calcular el balance iónico y el balance de masa, respectivamente, según lo establecido en la Tabla 4-2 y la RCA Nº226/2006. No obstante, se incorporaron parámetros adicionales de forma voluntaria, con el propósito de habilitar dichos cálculos y fortalecer el control y aseguramiento de calidad del producto analítico entregado por el laboratorio ALS Life Sciences S.A.

Tabla 5-27: Resultados de la validación en el sistema Soncor

	Balance iónico (%)			Balance masa sólidos (%)		
Infraestructura	**Enero**	**Abril**	**Mayo**	**Enero**	**Abril**	**Mayo**
ALLANA	1,57	5,03		-17,12	-10,14	
L1-4	0,63	3,48		-4,46	7,49	
L1-5	0,87	6,49		-12,84	-12,94	
L1-6	0,97	4,45		-16,88	0,46	
L1-G4 REGLILLA	0,48	5,32		-8,26	-8,73	
L2-3	2,10	1,84		-18,03	-6,53	
L2-4	2,08	4,56		-16,06	-13,36	
L2-5	1,51	9,53		-13,75	-7,96	
L7-3	2,91	8,93		-16,76	-7,12	
MULLAY-1	9,40	1,21		-30,20	-4,91	
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF			0,61			-8,42
REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	0,44	7,35		-16,44	-3,67	
REGLILLA CHAXA CONAF						
REGLILLA PUILAR CONAF			7,21			-8,28
SOPM-14	1,83	5,28		-12,99	-2,15	
SOPM-7 (L2-6)	1,93	4,24		-9,82	-3,33	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-6: Error de balance iónico calculado para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras en sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-28 presenta el número de muestras no validadas en función de su concentración histórica para cada analito verificado. Durante el primer semestre de 2025 se registraron 22 resultados no validados, lo que representa un 2,48 % del total de 887 análisis realizados en el Sistema Soncor durante el periodo evaluado. La mayoría de estos casos se asocian a mediciones de pH, conductividad eléctrica y densidad, cuyos valores exceden los umbrales establecidos para validación: ±0,5 unidades para pH y ±10 % para conductividad y densidad, en comparación con los valores obtenidos en terreno por ETFA SEGEA o SQM, o entre las mediciones de ETFA en terreno y laboratorio.

Tabla 5-28: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor.

Parámetro	Fecha	Infraestructura	Empresa
Alcalinidad Total (CaCO3)	abril de 2025	L2-3	ALS
Alcalinidad Bicarbonato	abril de 2025	L2-3	ALS
Alcalinidad Carbonato	enero de 2025	L7-3	ALS
	enero de 2025	L2-4	ALS
Conductividad	enero de 2025	L2-4	ALS
Densidad	abril de 2025	L1-G4 REGLILLA	ALS

Parámetro	Fecha	Infraestructura	Empresa
Densidad Terreno	enero de 2025	ALLANA	SQM
	abril de 2025	ALLANA	SQM
	abril de 2025	L2-3	SQM
Nitrógeno Nitrato	abril de 2025	L1-5	ALS
pH	enero de 2025	MULLAY-1	ALS
	enero de 2025	L7-3	ALS
	enero de 2025	L2-4	ALS
	abril de 2025	MULLAY-1	ALS
	abril de 2025	L7-3	ALS
	abril de 2025	ALLANA	ALS
	abril de 2025	L2-3	ALS
	abril de 2025	L2-4	ALS
Ph Terreno	enero de 2025	L2-3	SQM
	abril de 2025	L1-G4 REGLILLA	SQM
Sólidos Disueltos Totales	enero de 2025	L2-4	ALS
Sólidos Suspendidos Totales	enero de 2025	ALLANA	ALS

Fuente: Elaboración propia.

Se invalidaron los análisis de alcalinidad total y bicarbonato para el punto L2-3 correspondientes a abril, debido a que se reportó una concentración cercana al doble de la registrada en enero. Esta variación será evaluada en el siguiente semestre para determinar si se mantiene en el tiempo.

Respecto a la alcalinidad carbonato, desde 2020 los puntos L2-4 y L7-3 han registrado valores por debajo del límite de detección. Por esta razón, se invalidaron los registros de octubre de 2024 y enero de 2025, cuyos resultados alcanzaron hasta 26,10 mg/L en el punto L7-3. En abril de 2025, las mediciones volvieron a situarse por debajo del límite de detección.

También se invalida el registro de nitrógeno nitrato en el punto L1-5. Históricamente, este punto ha presentado concentraciones por debajo del límite de detección; sin embargo, en abril de 2025, el laboratorio ALS reportó un valor de 1.107 mg/L. Dada la magnitud del incremento, se considera una medición anómala atribuible a un posible error de laboratorio.

El registro de sólidos disueltos totales en enero para el punto L2-4 se aparta de la tendencia histórica, mostrando valores inferiores a los observados en octubre de 2024 y abril de 2025. Finalmente, la medición

de sólidos suspendidos totales en enero de 2025 para el pozo Allana (4 mg/L) fue invalidada, ya que históricamente este pozo ha registrado valores por debajo del límite de detección para dicho parámetro.

5.1.3.5 Caudal agua superficial (aforos)

En el sistema Soncor se dispone de dos puntos de aforo de caudal de agua superficial. El primero está ubicado en el Puente San Luis donde se mide en forma continua, y además de forma voluntaria se hacen mediciones manuales mensuales. El segundo punto, denominado Barros Negros, se ubica a la salida de la laguna Chaxa (ver sección 4.3.1), donde se toman medidas manuales mensuales.

En la Tabla 5-29 se muestran los resultados de las mediciones manuales realizadas durante el primer semestre de 2025. En el punto Puente San Luis, se efectuaron mediciones de caudal con flujómetro todos los meses del semestre analizado. En contraste, en el punto Barros Negros solo se registraron mediciones en mayo y junio; en los meses de enero, febrero y abril no fue posible realizar visitas debido a restricciones de acceso en la Reserva Nacional Los Flamencos, conforme al Protocolo de ingreso aprobado por la Resolución N.º 56/2024 de CONAF y las comunidades pertinentes. Durante marzo, la ausencia de mediciones se debió a la presencia de fauna en el sector.

Tabla 5-29: Resultados de aforos manuales en los puntos Barros Negros y Puente San Luis

Mes - Año	Punto de aforo	Caudal	Empresa
Enero de 2025	Aforo Barros Negros	S/I	SEGEA
	Aforo Barros Negros	S/I	SQM
	Aforo Puente San Luis	89,3	SEGEA
	Aforo Puente San Luis	71,5	SQM
Febrero de 2025	Aforo Barros Negros	S/I	SEGEA
	Aforo Barros Negros	S/I	SQM
	Aforo Puente San Luis	224,46	SEGEA
	Aforo Puente San Luis	167,2	SQM
Marzo de 2025	Aforo Barros Negros	S/I	SEGEA
	Aforo Barros Negros	S/I	SQM
	Aforo Puente San Luis	128,7	SEGEA
	Aforo Puente San Luis	105,8	SQM
Abril de 2025	Aforo Barros Negros	S/I	SEGEA
	Aforo Barros Negros	S/I	SQM
	Aforo Puente San Luis	128,7	SEGEA
	Aforo Puente San Luis	94,8	SQM

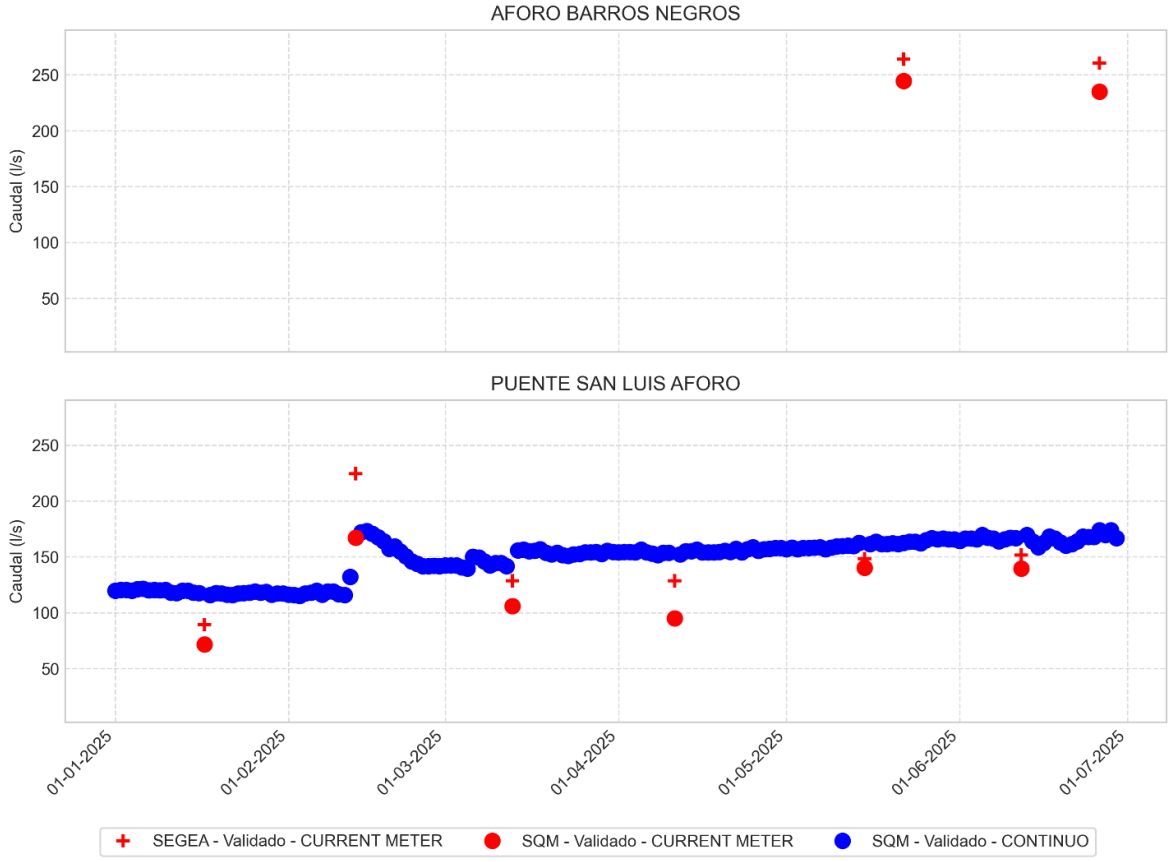
Mes - Año	Punto de aforo	Caudal	Empresa
Mayo de 2025	Aforo Barros Negros	263,81	SEGEA
	Aforo Barros Negros	244,6	SQM
	Aforo Puente San Luis	148,26	SEGEA
	Aforo Puente San Luis	140,2	SQM
Junio de 2025	Aforo Barros Negros	260,3	SEGEA
	Aforo Barros Negros	234,8	SQM
	Aforo Puente San Luis	151,53	SEGEA
	Aforo Puente San Luis	139,6	SQM

S/I: Sin Información. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-7 presenta de forma gráfica los resultados de las mediciones continuas y manuales en los dos puntos de aforo. En el Puente San Luis se observa un único aumento significativo en el caudal durante el mes de febrero, correspondiente a un evento de precipitación. Este incremento fue validado con mediciones en terreno. Por otro lado, las mediciones registradas por SEGEA en aforo Barros Negros entre mayo y junio alcanzan un valor promedio de 262 L/s.

En el Anexo 8 se presenta de forma tabulada el total de mediciones realizadas, en los 2 puntos de aforo del sistema Soncor para el primer semestre de 2025.

Figura 5-7: Caudales medidos en puntos de aforo Barros Negros y Puente San Luis Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.6 Superficie lacustre

Para el primer semestre de 2025 se llevó a cabo la medición de superficie lacustre mediante análisis de imagen satelital con frecuencia trimestral, conforme al compromiso trimestral definido en el PdC (2022) dentro del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016 de la SMA. Cabe destacar que, según la RCA 226/2006, este monitoreo se realizaría anualmente. Además, conforme a la Resolución Nº244/2010, la delimitación de los bordes de cada laguna utilizará información obtenida en terreno sobre la base de puntos de control, mediante estacas perimetrales y levantamiento topográfico de perímetro lagunar.

Es importante señalar que las mediciones de Puilar realizadas con estacas corresponden a la superficie del canal de aporte y no al cuerpo de la laguna en sí. Esto se debe a que inicialmente se incorporó como un seguimiento experimental durante el año 2004 en el contexto del Monitoreo Ambiental Hábitat y

Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama (CONAF-SQM). Aunque la estimación de la superficie realizada con estacas no es directamente comparable con la medición mediante imágenes satelitales, se presentan los resultados obtenidos a través de ambas técnicas para fines de reportabilidad.

En la Tabla 5-30 se presentan los resultados obtenidos con las distintas metodologías indicadas. En el Anexo 10.1, Anexo 10.2, Anexo 10.3 se presentan en detalle el cálculo de las superficies lacustres mediante imágenes satelitales, estacas perimetrales y el levantamiento topográfico de perímetro lagunar respectivamente. En el Anexo 10.4 se presenta el mapa final de extensión lagunar.

Tabla 5-30: Superficies lacustres primer semestre de 2025 en Sistema Soncor

Periodo de medición	Responsable	Técnica de medición	Superficie (m²)			
			Laguna Chaxa	Laguna Barros Negros	B. Negros Z. Aledañas + Desborde Sur	Laguna Puilar
Ene 2025	SRGIS	Imagen satelital	284.501	744.659	112.513	63.933
Abr 2025	SRGIS	Imagen satelital	279.817	849.532	275.882	61.309
Mar 2025	ATyGeo	Estacas perimetrales		1.005.093,5	N/A	
May 2025	ATyGeo	Estacas perimetrales	276.354		N/A	19.432,2
Mar 2025	ATyGeo	Levantamiento topográfico de perímetro lagunar		878.273,6		
Abr 2025	ATyGeo	Levantamiento topográfico de perímetro lagunar			102.787,2	
May 2025	ATyGeo	Levantamiento topográfico de perímetro lagunar	286.376,9			63.368,4

N/A: No aplica. Fuente: Elaboración propia.

En el primer trimestre de 2025, la superficie lacustre se estimó únicamente mediante imágenes satelitales del 3 de enero. En el segundo trimestre, la imagen del 5 de abril coincidió con el levantamiento topográfico de perímetro lagunar y estacas perimetrales en Barros Negros, pero en Chaxa y Puilar estos trabajos se realizaron en mayo.

En las Figura 5-8, Figura 5-9, Figura 5-10 se muestran mapas con los resultados de las metodologías previamente señaladas para el primer semestre de 2025.

Figura 5-8: Mapa delimitación lacustre, sector Puilar

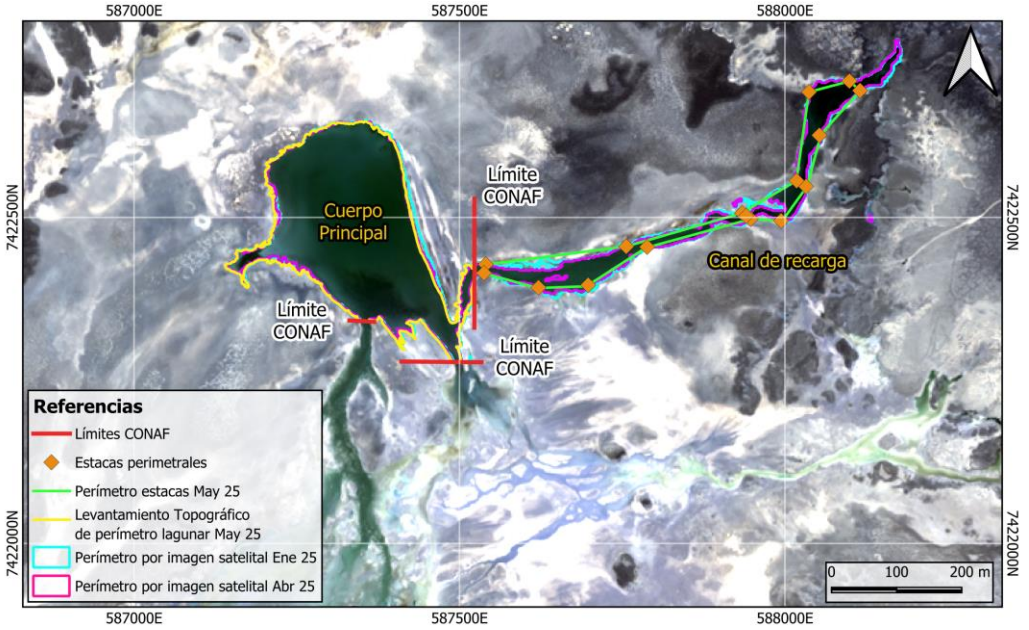


Imagen de fondo corresponde a la imagen satelital de abril 2025. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-9: Mapa delimitación lacustre, sector Chaxa

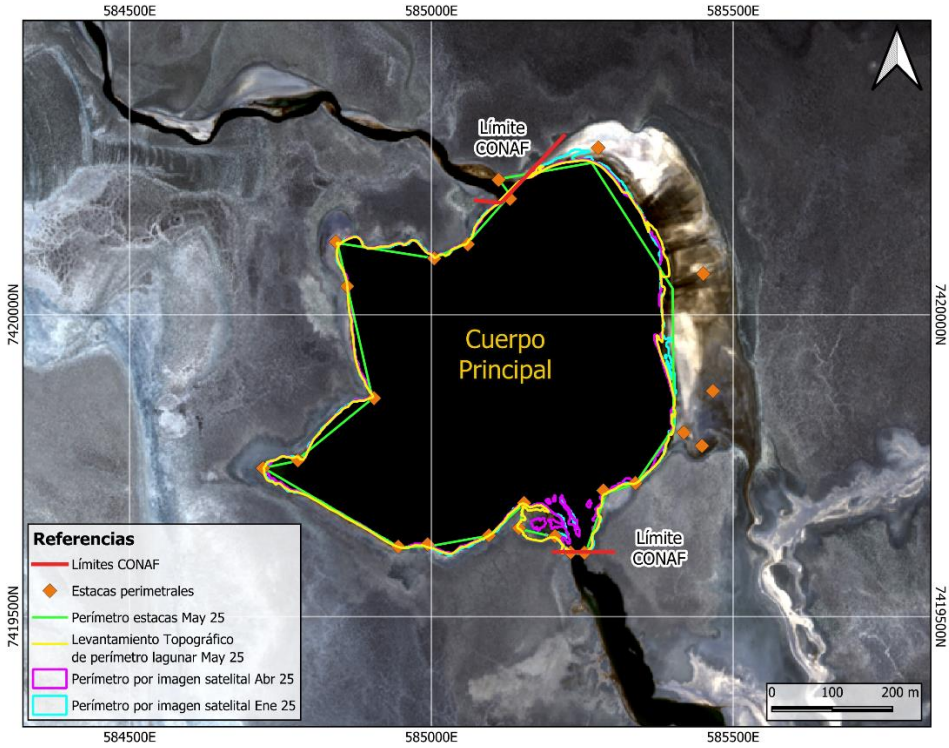


Imagen de fondo corresponde a la imagen satelital de abril 2025. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-10: Mapa delimitación lacustre, sector Barros Negros

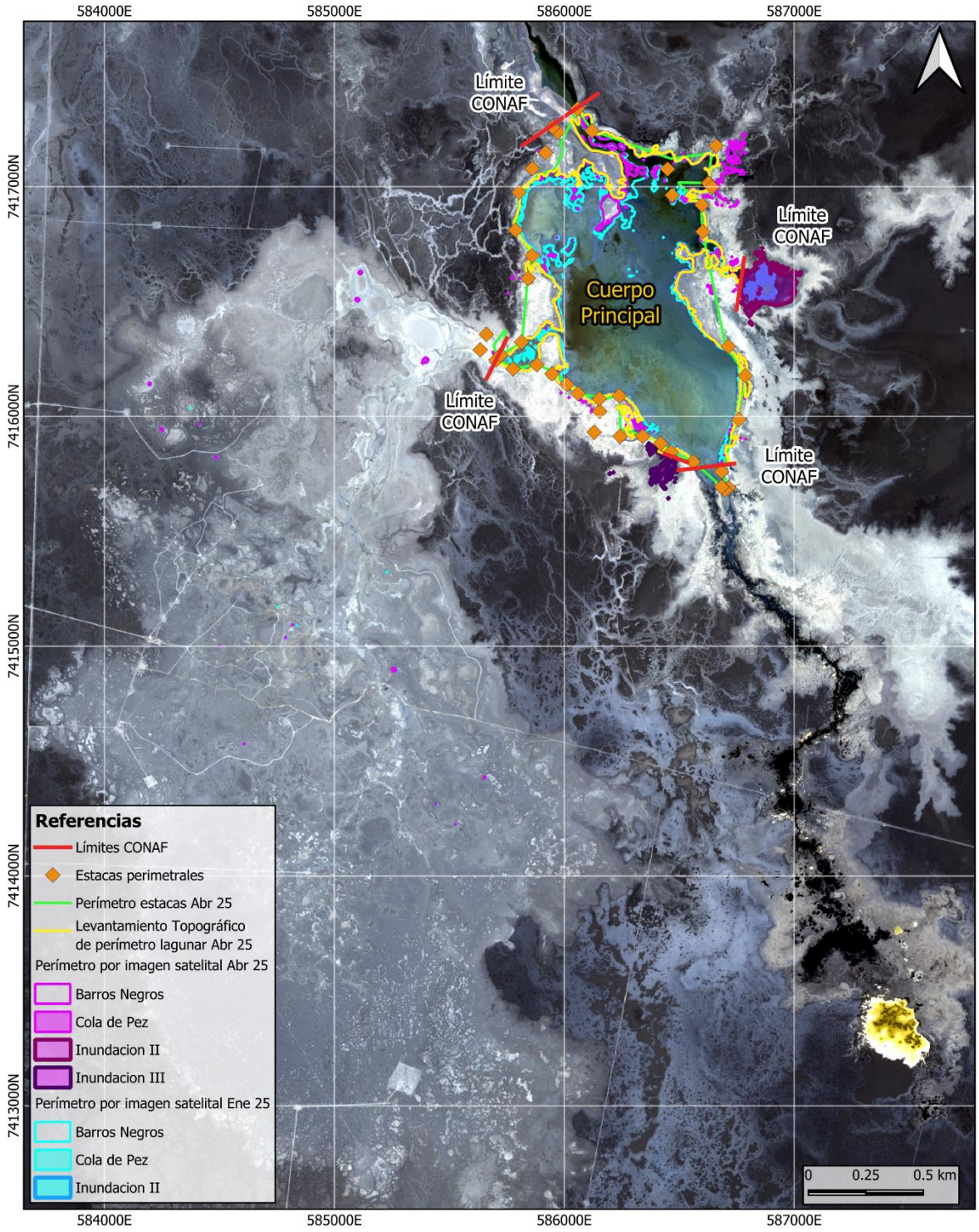


Imagen de fondo corresponde a la imagen satelital de abril 2025. Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sistema Aguas Quelana considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (62 puntos), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (9 puntos). En esta actualización se han incluido voluntariamente 2 estaciones meteorológicas propiedad de SQM para complementar el entendimiento del desempeño de las variables en el Aguas de Quelana.

Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.4.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos y reglillas que componen la red de monitoreo del PSAH para el Sistema Aguas de Quelana, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-6 y en el Anexo 2. Cabe señalar que, los pozos L4-3, L3-3, L3-5, y L3-16, junto a la reglilla L4-10 forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este; sin embargo, para un mejor entendimiento, serán presentados solo en esta sección. Por otra parte, el pozo L3-4 (también denominado SOPM-8) es parte del monitoreo de niveles del Sistema Aguas de Quelana y del Sector Núcleo del Salar de Atacama; por lo cual solo se presentará en esta sección.

En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

5.1.4.1.1 Pozos en Zona Aluvial

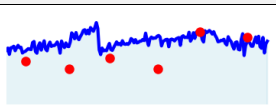
La Zona Aluvial cuenta con 8 puntos de control comprometidos para el Sistema Aguas de Quelana, de los cuales 6 corresponden a pozos de monitoreo y 2 a pozos de extracción. De estos, el L4-3 es indicador de estado. Se destaca que ninguna infraestructura de este grupo se encuentran dentro de la reserva.

Cabe señalar que, desde mayo de 2022 se puso en marcha la medición continua en el pozo Camar-2, la cual se propuso de forma voluntaria en el marco del desmantelamiento de sus instalaciones para extracción de agua. El indicador de estado L4-3 fue visitado con la frecuencia comprometida (diaria por

SEGEA) y voluntaria con un mínimo de 1 vez (mensual por SQM). El resto de los pozos contó con al menos 1 medición mensual por parte de SQM.

En la Tabla 5-31 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales, manuales y continuas para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-31: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
CAMAR-2	2.322,45	2.322,53	2.322,48		↑
L3-16	2.321,66	2.321,69	2.321,68		↑
L3-2	2.323,04	2.323,07	2.323,06		↑
L4-3	2.307,18	2.307,37	2.307,33		↑
L4-4	2.304,00	2.304,31	2.304,15		→
L5-1	2.322,26	2.322,30	2.322,28		→
L5-2	2.315,10	2.315,13	2.315,11		→

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
SOCAIRE-5B	2.304,44	2.306,39	2.304,80		→

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.1.2 Pozos en Zona Marginal

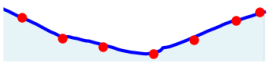
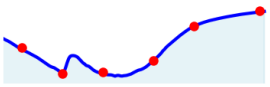
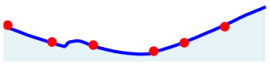
En esta sección se exponen los resultados del monitoreo efectuado en los 43 pozos de control de nivel ubicados en la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana, de los cuales 23 poseen medición continua de nivel. Para facilitar el análisis, se han agrupado en 4 subgrupos en función de su ubicación: Área del pozo Camar-2 al este de los cuerpos de agua, área del pozo Socaire-5B al este de los cuerpos de agua, área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua, y área del pozo Socaire-5B al oeste de los cuerpos de agua. A continuación, se muestran los resultados.

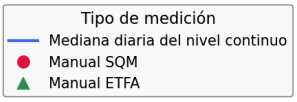
5.1.4.1.2.1 Área del pozo Camar-2

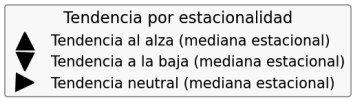
Este subgrupo está conformado por 6 puntos de control y se encuentran aledaños al pozo de extracción Camar-2. De éstos, los pozos L3-3 y L3-5 corresponden a indicadores de estado y solo el L13-3 y L3-6 se encuentran dentro de la reserva. Todos los pozos poseen medición continua. Únicamente los indicadores de estado (L3-3 y L3-5) cuentan con una frecuencia comprometida (diaria por SEGEA) y voluntaria con al menos 1 medición (mensual SQM). El resto de los pozos dispone de al menos 1 medición mensual SQM.

La Tabla 5-32 muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-32: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L13-1	2.315,18	2.315,27	2.315,22		→
L13-2	2.307,00	2.307,29	2.307,13		→
L13-3	2.302,69	2.302,82	2.302,73		→
L3-3	2.310,80	2.310,91	2.310,85		→
L3-5	2.304,20	2.304,29	2.304,23		→
L3-6	2.302,17	2.302,32	2.302,20		→





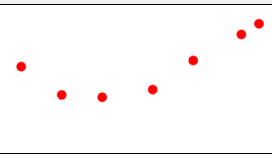
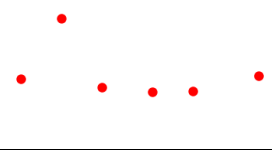
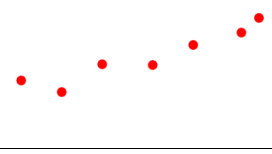
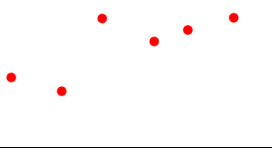
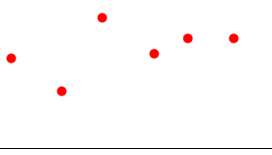
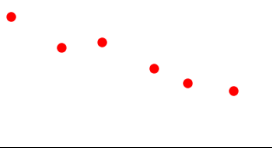
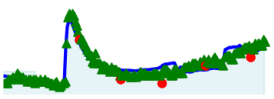
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

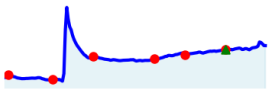
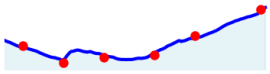
5.1.4.1.2.2 Área del pozo Socaire-5B

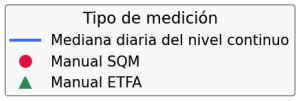
El subsector aledaño al pozo de extracción Socaire-5B está compuesto por 13 puntos de control. De este grupo, 3 son indicadores de estado (L4-7, L4-8 y L5-8) y 6 se encuentran dentro de la reserva (L14-5, L14-6, L14-7, L4-8, L4-9 y L5-3) y por lo tanto sujetos a las restricciones de CONAF. Medición continua y manual en: L4-7, L4-8, L4-9, L5-3, L5-6, L5-7 y L5-8. De los 3 indicadores de estado, solo 2 (L4-7 y L5-8) disponen de una medición diaria comprometida (SEGEA) y poseen al menos 1 medición mensuales (SQM). El resto de

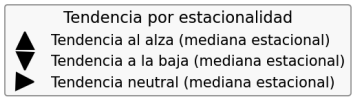
los pozos registra al menos 1 medición mensual por parte de SQM. En la Tabla 5-33 se presentan de forma gráfica las mediciones obtenidas para el período reportado, que incluye las comprometidas y las adicionales. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM) y en la sección 5.1.1 se detallan las restricciones de acceso.

Tabla 5-33: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L14-1	2.311,76	2.311,84	2.311,79		↑
L14-2	2.304,31	2.304,42	2.304,34		→
L14-3	2.301,63	2.301,69	2.301,66		→
L14-5	2.300,35	2.300,43	2.300,40		→
L14-6	2.299,98	2.300,01	2.300,00		↓
L14-7	2.299,71	2.299,77	2.299,73		↓
L4-7	2.301,39	2.301,43	2.301,40		→
L4-8	2.301,27	2.301,33	2.301,28		→

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L4-9	2.300,92	2.301,15	2.300,99		→
L5-3	2.301,93	2.302,33	2.302,04		→
L5-6	2.309,01	2.309,08	2.309,03		→
L5-7	2.306,89	2.307,04	2.306,95		→
L5-8	2.303,69	2.303,77	2.303,73		→





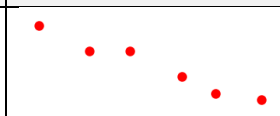
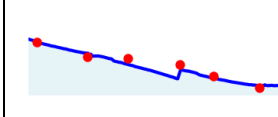
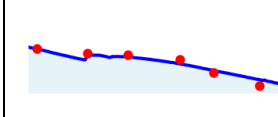
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.1.2.3 Área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua

El subsector oeste de los cuerpos de agua cercanos a Camar-2 está conformado por 10 puntos de control, de los cuales el L3-11 y el L3-9 son indicadores de estado. De este grupo, todos a excepción del L13-7 y L3-4 se encuentran dentro de la reserva. Aquellos que poseen mediciones continuas de nivel son: L3-10, L3-11, L3-13 y L3-9. Los indicadores de estado L3-11 y el L3-9 cuentan con un mínimo de 1 medición mensual. El resto de los pozos registra al menos 1 medición mensual por parte de SQM.

El resultado para el monitoreo manual comprometido del segundo semestre de 2024 presenta gráficamente en la Tabla 5-34, que incluye las comprometidas y las adicionales. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-34: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L13-5	2.300,41	2.300,45	2.300,43		↓
L13-6	2.300,04	2.300,06	2.300,06		↓
L13-7	2.299,78	2.299,80	2.299,79		↓
L3-10	2.300,18	2.300,22	2.300,20		↓
L3-11	2.300,12	2.300,15	2.300,14		↓
L3-12	2.300,06	2.300,10	2.300,08		↓
L3-13	2.300,03	2.300,06	2.300,05		↓
L3-14	2.299,57	2.299,61	2.299,59		↓
L3-8	2.300,30	2.300,33	2.300,31		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L3-9	2.300,26	2.300,29	2.300,27		↓



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.1.2.4 Área del pozo Socaire-5B al oeste de los cuerpos de agua

El subsector oeste de los cuerpos de agua aledaños al pozo Socaire-5B está compuesto por 14 puntos de control, de los cuales L5-10 y L4-12 son indicadores de estado. Todos los puntos, a excepción del GD-02, L4-15 y L4-5, se encuentran al interior de la reserva, y solo L5-9, L4-12, L4-13, L5-10, L5-11 y L5-14 cuentan con mediciones continuas. Todos los pozos fueron visitados al menos 1 vez al mes por SQM durante el primer semestre de 2025.

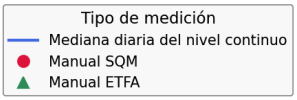
El resultado del monitoreo para el actual período reportado se presenta gráficamente en la Tabla 5-35, que incluye las mediciones comprometidas y las adicionales. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

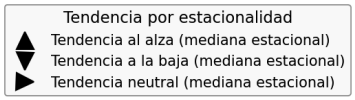
Tabla 5-35: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
GD-02	2.298,65	2.298,73	2.298,69		↓
L4-11	2.299,62	2.299,80	2.299,71		→
L4-12	2.299,55	2.299,66	2.299,59		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L4-13	2.299,47	2.299,55	2.299,50		↓
L4-14	2.299,48	2.299,51	2.299,49		↓
L4-15	2.299,19	2.299,22	2.299,21		↓
L4-5	2.298,98	2.299,02	2.299,00		↓
L5-10	2.299,81	2.299,86	2.299,83		↓
L5-11	2.299,76	2.299,80	2.299,77		↓
L5-12	2.299,65	2.299,66	2.299,65		↓
L5-13	2.299,65	2.299,67	2.299,66		↓
L5-14	2.299,41	2.299,44	2.299,42		↓
L5-15	2.299,28	2.299,32	2.299,30		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L5-9	2.299,93	2.299,99	2.299,96		↓





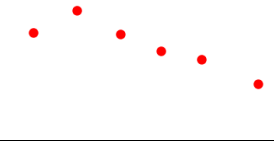
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.1.3 Pozos en Zona Núcleo

En la Zona del Núcleo, el Sistema Aguas de Quelana dispone de 6 puntos de control. Cabe decir que ninguno es indicador de estado, ni se encuentra dentro de la reserva y que tampoco cuentan con mediciones continuas. Respecto a la frecuencia de monitoreo durante el primer semestre, cada pozo fue visitado al menos 1 vez por mes por parte de SQM.

En la Tabla 5-36 se muestra gráficamente el resultado completo del primer semestre de 2025, considerando las mediciones comprometidas y las adicionales. El punto SOPM-8 (L3-4) se presenta en la sección 5.1.4.1.2.3. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-36: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
D-2	2.298,53	2.298,61	2.298,57		↓
L4-16	2.298,51	2.298,57	2.298,55		↓
L4-6	2.298,44	2.298,51	2.298,48		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L5-4	2.298,52	2.298,60	2.298,56		↓
SOPM-9	2.298,50	2.298,58	2.298,54		↓



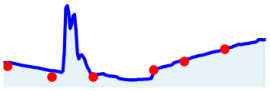
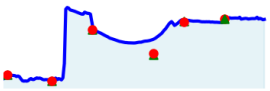
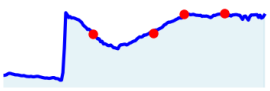
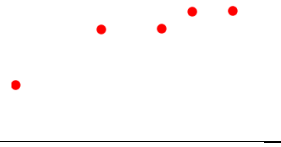
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.1.4 Nivel de agua superficial

En el sistema de Aguas de Quelana se encuentran un total de 5 puntos de monitoreo que miden distintos cuerpos de agua superficial presente en el sistema. De estas, únicamente la Reglilla L4-10 corresponde a un indicador de estado. Además, cabe señalar que el punto de monitoreo L5-G3 cuenta con dos infraestructuras de medición, L5-G3 Reglilla y L5-G3 Pozo, los cuales se encuentran cercanos y se considera que miden el mismo elemento hidrogeológico. Por último, se debe mencionar, que todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro de la reserva y que cuentan con medición continua de nivel. El indicador de estado L4-10 contó con al menos 2 mediciones mensuales por parte de SQM y SEGEA.

En la Tabla 5-37 se muestra gráficamente el resultado completo del primer semestre de 2025, considerando las mediciones comprometidas y las adicionales. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-37: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L13-4	2.301,42	2.301,60	2.301,47		→
L14-4	2.300,69	2.301,04	2.300,83		→
L3-7	2.301,09	2.301,40	2.301,17		→
L4-10	2.300,55	2.300,72	2.300,65		→
L5-G3 POZO	2.300,64	2.300,73	2.300,69		→
L5-G3 REGLILLA	2.300,64	2.300,73	2.300,70		→



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.2 Meteorología

La Tabla 5-38 y Tabla 5-39 resume los principales estadígrafos de los parámetros registrados diariamente en las estaciones meteorológicas LZA3-1 y LZA3-2. La metodología para calcular estos parámetros se detalla en el Anexo 3.3.

En la estación LZA3-1 se registraron ocho parámetros: precipitación acumulada, evaporación, temperatura del aire, velocidad del viento, dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación

global. Por otra parte, la estación LZA3-2 monitorea todas estas variables excepto la evaporación. Es importante señalar que la medición de radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento se realiza desde mayo de 2025, en el contexto de la actualización de las estaciones meteorológicas comprometida en la acción 16 del PdC (SQM SpA., 2024). Las series diarias correspondientes al primer semestre de 2025 se encuentran representadas gráficamente en la Figura 5-11 y en el Anexo 9.2.

Tabla 5-38: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas LZA3-1 y LZA3-2

Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Evaporación diaria *	mm	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	3,4	17,6	9,4	2,7	9,1
Humedad relativa promedio *	%	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	11,4	65,8	24,9	10	22,4
		EST. METEO. LZA3-2	7,1	62,7	21,5	10	19

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-39: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas LZA3-1 y LZA3-2 (continuación)

Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Mediana de la dirección del viento	°	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	57,8	292,1	N/A	63,4	199,2
		EST. METEO. LZA3-2	105,2	282,7	N/A	41,6	222,7
Precipitación acumulada diaria	mm	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	0	9,2	0,09	0,8	0
		EST. METEO. LZA3-2	0	8,3	0,1	0,8	0
Presión atmosférica promedio	mbar	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	772,5	778,9	775,8	1,4	775,9
		EST. METEO. LZA3-2	773,3	777,5	775,7	1	775,8
Radiación global promedio	W/m²	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	61,1	415	293,7	76,7	300,7
		EST. METEO. LZA3-2	54,3	212,9	181,8	23,8	183,6
Temperatura del aire promedio *	°C	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	4,5	24,5	15,6	4,9	17,1
		EST. METEO. LZA3-2	4,2	22,8	14,2	4,7	15,1
Velocidad del viento promedio	m/s	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	1	4	2,2	0,7	2,2
		EST. METEO. LZA3-2	1,1	3,8	1,9	0,6	1,6

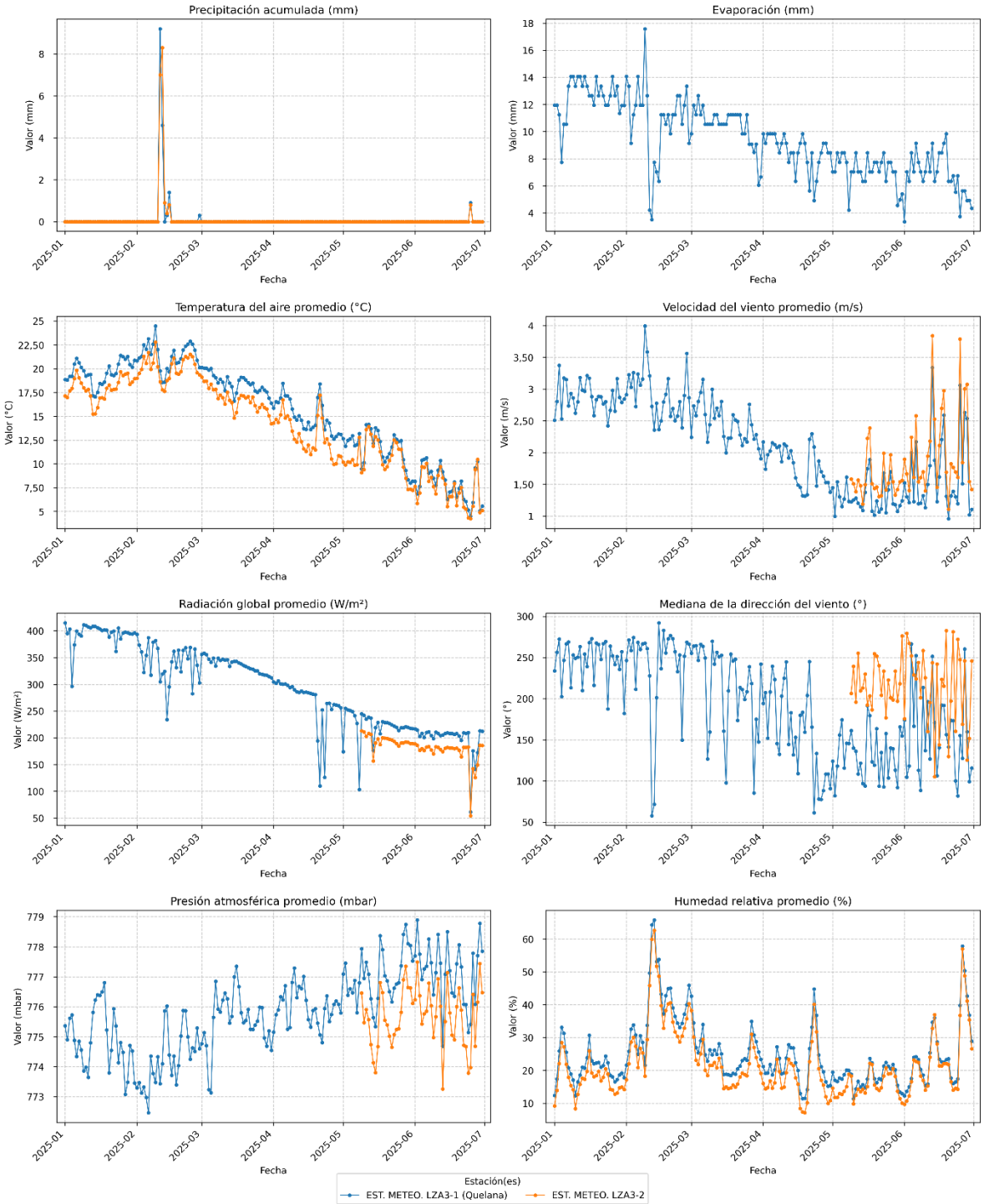
*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

La estación LZA3-1 cuenta con al menos un 95% de registros validados en todas las variables, excepto en evaporación. Cuando no se alcanzó este porcentaje, los valores faltantes se estimaron a partir de los registros medidos en estaciones cercanas según la metodología disponible en el Anexo 3.3. Esto se debe a que el pan de evaporación estuvo seco días previos a las visitas programadas dentro de la RNLF; en particular, en junio, la invalidez de algunos registros está relacionada con problemas de aumento en la

columna de agua medida en la bandeja de evaporación no correlacionable con lluvias en el sector. El proceso de relleno para la estación LZA3-2 se restringió a las variables humedad relativa y temperatura del aire correspondientes al 8 de mayo de 2025, fecha en la que se realizó el cambio de sensor para la actualización de la estación meteorológica. El detalle de los rellenos durante el semestre se presenta en el Anexo 9.3.

Los análisis a continuación son descritos a partir de los registros diarios presentados en la Figura 5-11. Las tendencias observadas en la radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, serán abordadas únicamente para la estación LZA3-1 ya que es la que cuenta con registros para todo el semestre.

Figura 5-11: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas del Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2025.



Fuente: Elaboración propia.

En febrero de 2025, la estación meteorológica LZA3-1 registró precipitaciones los días 11–12, 14–15 y 28, con un total mensual de 15,8 mm. En el mismo periodo, la estación LZA3-2 acumuló 17,4 mm entre los días 11 y 15. En junio, ambas estaciones registraron precipitaciones puntuales el día 25, con 0,9 mm en LZA3-1 y 0,8 mm en LZA3-2. En general, las lluvias se concentraron en eventos aislados durante el semestre.

Durante el primer semestre de 2025, la temperatura media diaria del aire muestra un descenso gradual. En enero, las estaciones LZA3-1 y LZA3-2 registraron promedios de temperatura diarios de 19,9 °C y 17,9 °C, respectivamente. En comparación, los valores promedio en julio fueron de 7,8 °C para LZA3-1 y 7,2 °C para LZA3-2. Por otro lado, la humedad relativa muestra un promedio semestral de 24,9% para LZA3-1 y de 21,5% para LZA3-2. El valor máximo registrado correspondió a LZA3-1, con un 65,8% en febrero de 2025.

La velocidad del viento en LZA3-1 registra un descenso progresivo hasta mediados de mayo, desde este periodo hasta finales de junio, se observa una mayor variabilidad en los parámetros diarios, alcanzando valores cercanos a los medidos en febrero. La dirección del viento muestra una leve tendencia al descenso hasta finales de mayo.

La radiación global media y evaporación diaria presentan una tendencia promedio al descenso en el primer semestre de 2025. La radiación global diaria en promedio en enero es de 395,2 W/m^2, mientras que en junio fue de 198,2 W/m^2. Por su parte, La evaporación diaria promedio en enero es de 12,6 mm/día y en junio 6,8 mm/día. Finalmente, la presión atmosférica diaria varia en el rango de 773 y 779 mbar.

5.1.4.3 Superficie lacustre

Para el primer semestre de 2025 se calculó la extensión lagunar de Aguas de Quelana en los meses de enero y abril, según corresponde al compromiso trimestral definido en el Programa de Cumplimiento (PdC 2022) dentro del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

En dichos meses se contó con la autorización de acceso para tomar los puntos de control en terreno en la misma semana que la captura satelital. Se debe indicar que, debido a la dispersión, reducido tamaño y alta variación espacial en los cuerpos de agua, no es viable la realización de estacas perimetrales ni

levantamiento de perímetro lagunar con el método GNSS diferencial, el cual consiste en realizar el registro caminando alrededor de las lagunas (según se indica en la sección 4.5). Además, estas últimas técnicas no forman parte del compromiso definido en el PdC (2022).

En la Tabla 5-40, se presentan los resultados correspondientes al cálculo de superficie lacustre para los meses de enero y abril de 2025. Por otra parte, en la Figura 5-12 se presentan mapas con las delimitaciones lacustres para los meses indicados.

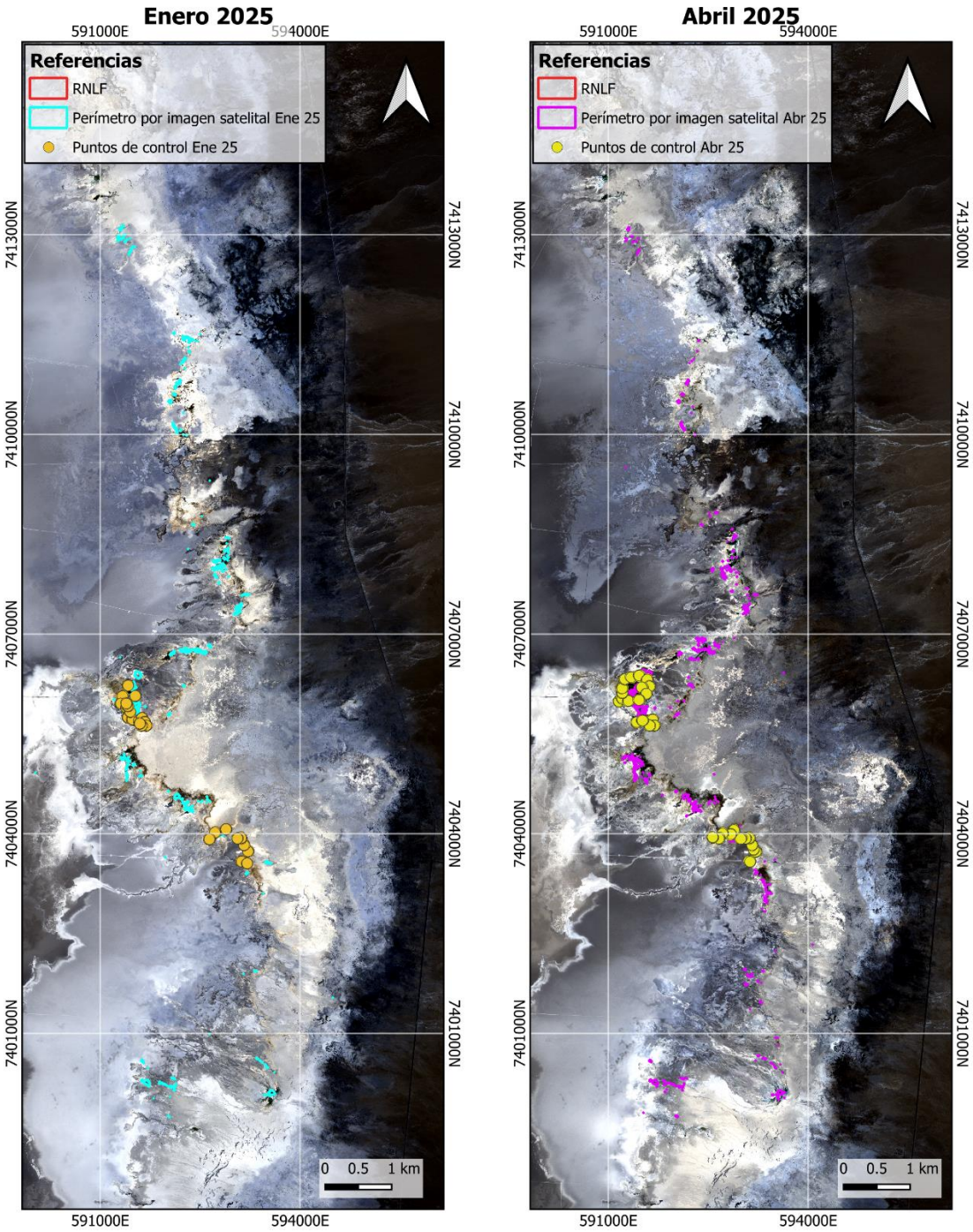
Tabla 5-40: Superficie lacustre para el primer semestre de 2025 en Sistema Aguas de Quelana

Periodo de medición	Responsable	Técnica de medición	Superficie (m^2) de Sistema Aguas de Quelana
Ene 2025	SRGIS	Imagen Satelital	154649
Abr 2025	SRGIS	Imagen Satelital	160071

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 10.1 se presenta en detalle el cálculo de las superficies lacustres mediante imágenes satelitales. En el Anexo 10.4 se presenta el mapa con el resultado final de la extensión lagunar.

Figura 5-12: Mapas de extensión lagunar en Aguas de Quelana en enero 2025 (izquierda) y octubre 2025 (derecha) a misma escala gráfica



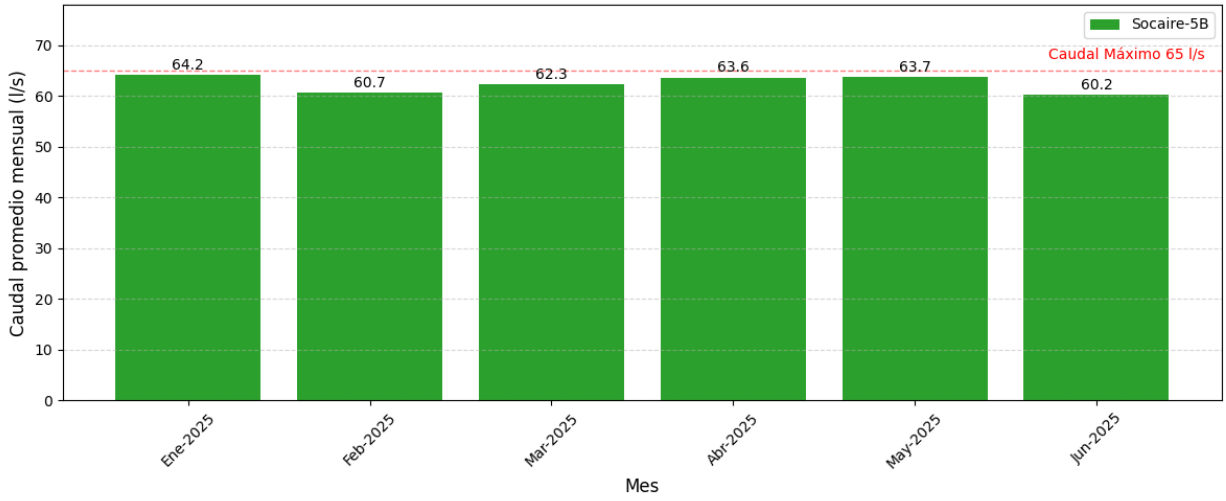
Imágenes de fondo corresponde a la imagen satelital de enero (izquierda) y abril (derecha) 2025.

Fuente: Elaboración propia. Detalles de cálculo y puntos de control pueden ser revisados en el Anexo 10

5.1.4.4 Caudal bombeado agua

En el sector aluvial del Sistema Aguas de Quelana, la extracción de agua industrial se realiza exclusivamente desde el pozo Socaire-5B debido a que el pozo Camar-2 fue desmantelado. En el período entre enero a junio de 2025, el flujo de extracción ha oscilado entre 60,2 L/s y 64,2 L/s, manteniéndose por debajo del umbral de 65 L/s permitido (Figura 5-13). El caudal promedio semestral reportado para este periodo fue de 62,45 L/s.

Figura 5-13: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.5 Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos realizados en los puntos de control que conforman el monitoreo de calidad del Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2025. Aunque el pozo L4-3 forma parte del monitoreo de calidad tanto del Sistema Aguas de Quelana como del Sistema Vegetación Borde Este, sus resultados se incluyen en esta sección para efectos de orden y consistencia.

El detalle de los puntos de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana se encuentra en el Anexo 2, donde se indican las coordenadas, el tipo de cada punto de control, las variables ambientales y los parámetros comprometidos, así como la frecuencia de monitoreo establecida.

Cabe señalar que no existen límites normativos definidos para la calidad fisicoquímica de los parámetros monitoreados. Por esta razón, en esta sección se presentan únicamente los resultados numéricos del monitoreo de calidad química del agua, sin establecer comparaciones con valores de referencia o umbrales de control. El análisis del comportamiento histórico de la calidad del agua se desarrolla en la sección 6 del presente informe.

En el Anexo 6.1 se incluyen los informes de los análisis químicos correspondientes al último semestre, junto con los certificados de autorización de los laboratorios que prestaron servicios durante el primer semestre de 2025.

5.1.4.5.1 Muestreo de aguas red monitoreo

En la Tabla 5-41 y Tabla 5-42 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (SEGEA ETFA 040-01) y analizadas por el laboratorio ALS ETFA 029-01 (enero y abril de 2025), realizadas a los pozos de monitoreo en el primer semestre del año.

Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos para todos los puntos.

Tabla 5-41: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana

		L4-12		L4-3		L4-6	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
pH Terreno		7,806	8,124	6,321	6,571	7,11	7,198
pH		7,9	7,6	6,4	5,2	7,5	7,3
Conductividad Terreno	**uS/cm**	100.000,0	93.600,0	14.520,0	14.380,0	241.000,0	236.000,0
Conductividad	**uS/cm**	93.500,0	94.700,0	14.600,0	14.300,0	258.000,0	246.000,0
Temperatura Terreno	**°C**	20,9	19,1	26,8	28,4	27,0	24,1
Densidad Terreno	**g/mL**	1,052	1,05	1,005	1,005	1,218	1,216
Densidad	**g/mL**	1,053	1,048	1,005	1,002	1,209	1,216
Sólidos Totales	**mg/L**	86.960,0	74.970,0	9.030,0	7.830,0	345.440,0	343.390,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	82.000,0	71.550,0	9.010,0	7.600,0	304.205,0	323.610,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	10,0	10,0	20,0	20,0	151,0	477,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	258,6	260,8	< 1,0	2,2	463,2	489,8
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	258,6	260,8	1,0	2,2	463,2	489,8
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	36.017,2	39.844,0	4.214,0	5.402,6	167.480,0	173.783,0
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

		L4-12		L4-3		L4-6	
Parámetro	Unidad	Enero	Abril	Enero	Abril	Enero	Abril
Sulfato	mg/L	7.322,0	8067,0	16,0	14,0	15569,0	14406,0
Calcio	mg/L	1.299,57381	1.388,90845	28,20121	27,83775	499,75575	501,98186
Calcio Disuelto	mg/L	1.236,95231	1.363,12512	27,48615	27,6627	451,08829	494,67116
Magnesio	mg/L	1.910,39817	1.793,65096	125,35772	129,26931	4.984,68403	4.463,62878
Magnesio Disuelto	mg/L	1.821,60037	1.760,61973	122,0496	129,09124	4.503,64064	4.417,89729
Potasio	mg/L	3.929,43102	3.809,25875	378,99141	382,62608	12.683,55054	11.191,08965
Potasio Disuelto	mg/L	3.751,93884	3.765,76309	372,84946	381,9733	11.658,05789	10.844,67345
Sodio	mg/L	20.124,84496	18.606,41685	2.335,33375	2.459,43359	10.1023,2892	96.840,51095
Sodio Disuelto	mg/L	19.438,32887	18.245,97561	2.273,57593	2.448,92477	92.603,54635	92.735,40513

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-42: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana (continuación)

		L4-8		L4-9		L5-3	
Parámetro	Unidad	Enero	Abril	Enero	Abril	Enero	Abril
pH Terreno		7,296	7,287	7,66	7,486	7,75	7,698
pH		7,4	7,4	7,8	7,4	8,2	8,0
Conductividad Terreno	uS/cm	82.800,0	78.500,0	132.100,0	130.100,0	4.300,0	5.370,0
Conductividad	uS/cm	82.200,0	80.700,0	132.500,0	133.400,0	4.000,0	5.460,0
Temperatura Terreno	°C	19,6	20,8	20,1	20,8	20,2	18,5
Densidad Terreno	g/mL	1,041	1,039	1,072	1,072	1,002	1,003
Densidad	g/mL	1,037	1,035	1,068	1,068	1,0	0,999
Sólidos Totales	mg/L	66.380,0	60.320,0	117.960,0	111.010,0	3.300,0	3.790,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	63.080,0	53.440,0	110.090,0	101.760,0	2.710,0	3.690,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	32,0	49,0	8,0	68,0	65,0	268,0
Alcalinidad Total	mgCaCO3/L	396,4	438,8	343,0	356,0	357,6	372,6
Alcalinidad Bicarbonato	mgCaCO3/L	396,4	438,8	343,0	356,0	357,6	372,6
Alcalinidad Carbonato	mgCaCO3/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	mg/L	27.238,0	31.064,8	49.861,3	56.727,1	963,5	1.287,6
Nitrógeno Nitrato	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	mg/L	3509,0	3449,0	7100,0	6791,0	316,0	413,0
Calcio	mg/L	404,56773	421,99727	523,76774	600,13419	99,34562	113,83593
Calcio Disuelto	mg/L	400,80509	416,49658	522,89497	583,83664	72,01699	89,7961
Magnesio	mg/L	1.398,06992	1.370,25272	2.636,82668	2.597,17386	76,90087	86,67444
Magnesio Disuelto	mg/L	1.393,05931	1.353,49681	2617,85157	2537,69895	63,32506	78,63465
Potasio	mg/L	2.826,91275	2.914,69131	4751,04327	5072,98567	71,9341	88,63647
Potasio Disuelto	mg/L	2.822,42563	2.891,78114	4.716,94205	4.962,13746	70,1124	86,38191

		L4-8		L4-9		L5-3	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
Sodio	**mg/L**	15.764,96931	15.132,26804	28.688,15054	29.172,24148	590,4963	787,3852
Sodio Disuelto	**mg/L**	15.743,8141	14.958,94282	28.543,37157	28.490,09122	578,43553	765,4649

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 5-43 se presentan los resultados del monitoreo de calidad realizados durante el primer semestre de 2025 en los pozos Socaire-5B y Camar-2, correspondientes a analitos de Calidad 4, y en el pozo L4-10, asociado a analitos de Calidad 3, conforme a lo indicado en el Anexo 2 y en la Tabla 4-2. Cabe destacar que las mediciones de oxígeno disuelto en el pozo L4-10 se realizan de manera voluntaria y no forman parte de los compromisos establecidos en la RCA Nº226/2006.

Tabla 5-43: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo Camar-2, L4-10 y SOCAIRE-5B

		CAMAR-2		L4-10		SOCAIRE-5B	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
pH Terreno		7,335	7,262	7,183	7,566	7,094	7,1
pH		7,6	7,5	7,5	7,6	7,3	7,6
Conductividad Terreno	**uS/cm**	3.850,0	3.750,0	214.000,0	196.200,0	2.780,0	2.710,0
Conductividad	**uS/cm**	3.330,0	3.740,0	N/A	N/A	2.470,0	2.660,0
Temperatura Terreno	**°C**	25,9	27,1	29,4	23,4	29,0	29,4
Densidad Terreno	**g/mL**	1,0	1,001	1,216	1,13	1,0	1,001
Densidad	**g/mL**	1,0	0,999	1,22	1,129	1,0	0,998
Oxígeno Disuelto Terreno	**mg/L**	N/A	N/A	5,61	4,96	N/A	N/A
Solidos Totales	**mg/L**	2.476,0	2.480,0	179.055,0	199.615,0	1.922,0	1.690,0
Solidos Disueltos Totales	**mg/L**	2.330,0	2.560,0	160.480,0	182.310,0	1.652,0	1.584,0
Solidos Suspendidos Totales	**mg/L**	45,0	49,0	1.436,0	226,0	3,0	3,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	456,6	558,0	3.030,0	639,8	455,0	465,6
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	456,6	558,0	3.030,0	639,8	455,0	465,6
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	720,3	765,4	137.315,6	109.753,2	393,9	414,2
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrógeno Nitrito		< 0,01	< 0,01	N/A	N/A	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	339,0	342,0	41.911,0	13.181,0	373,0	356,0
Calcio	**mg/L**	116,68563	113,57828	275,34518	797,83904	101,87731	98,0428
Calcio Disuelto	**mg/L**	N/A	N/A	273,21951	746,73787	N/A	N/A
Magnesio	**mg/L**	105,44589	98,95872	12.380,35309	5.061,95856	48,42744	45,67197
Magnesio Disuelto	**mg/L**	N/A	N/A	12.354,3589	4.748,3933	N/A	N/A
Potasio	**mg/L**	22,55945	21,95992	22.004,54617	9.187,45387	29,52751	28,84352

		CAMAR-2		L4-10		SOCAIRE-5B	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
Potasio Disuelto	**mg/L**	N/A	N/A	21.832,72816	86.59,66615	N/A	N/A
Sodio	**mg/L**	510,20596	466,26911	58.431,24809	58.698,20417	397,21533	363,02214
Sodio Disuelto	**mg/L**	N/A	N/A	58.396,191	55.241,16899	N/A	N/A
Arsénico	**mg/L**	0,13798	0,14824	36,64622	5,65509	2,17247	1,88224
Hierro	**mg/L**	14,29811	15,25266	N/A	N/A	0,00864	0,0583
Manganeso	**mg/L**	0,19575	0,20236	N/A	N/A	0,00806	0,00329
Zinc	**mg/L**	0,03705	0,06333	N/A	N/A	0,06302	0,05708
Fosforo Fosfato	**mg/L**	N/A	N/A	< 0,01	< 0,01	N/A	N/A
Dureza Total	**mg/L**	N/A	N/A	53869,0	1352,0	N/A	N/A
Salinidad	**‰**	N/A	N/A	13,0	> 42,0	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia. N/A: No Aplica.

5.1.4.5.2 Validación Resultados

En el presente apartado se presentan los resultados de la validación correspondientes al primer semestre de 2025 para el sistema Aguas de Quelana, conforme a los criterios definidos en la sección 4.4.

La Tabla 5-44 y Figura 5-14 resume los resultados obtenidos en los puntos de control del sistema, los cuales cumplen con los criterios establecidos para el balance iónico y el balance de masa en ambos trimestres.

Los pozos clasificados como Calidad 1 (L4-12, L4-3, L4-6, L4-8, L4-9 y L5-3), así como los pozos de agua industrial caracterizados como Calidad 4, no cuentan con los parámetros obligatorios requeridos para el cálculo de balance iónico y balance de masa, respectivamente, según lo establecido en la Tabla 4-2 y en la RCA Nº226/2006. No obstante, se incorporaron parámetros adicionales de forma voluntaria con el objetivo de habilitar dichos cálculos y fortalecer el control y aseguramiento de calidad del producto analítico entregado por el laboratorio ALS Life Sciences S.A.

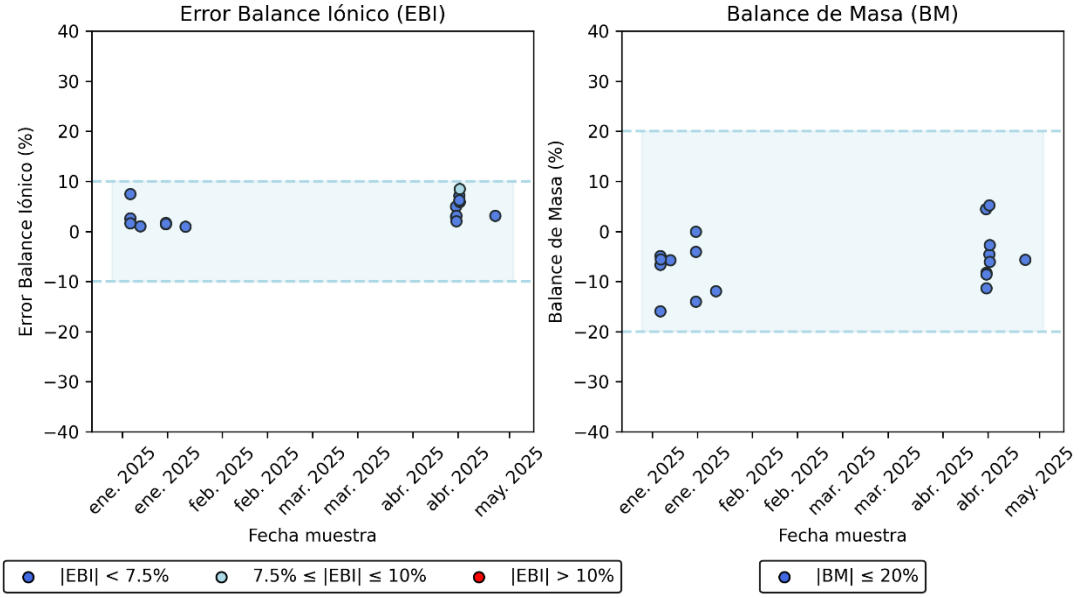
Tabla 5-44: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana

	Balance iónico (%)		Balance masa sólidos (%)	
Infraestructura	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
CAMAR-2	1,73	6,20	-4,08	5,20
L4-10	7,47	2,08	-5,53	-8,56
L4-12	1,02	7,16	-5,69	-4,55
L4-3	1,56	8,50	0,00	-2,68
L4-6	0,94	3,17	-11,89	-5,62

	Balance iónico (%)		Balance masa sólidos (%)	
Infraestructura	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
L4-8	2,52	4,95	-4,92	-11,32
L4-9	1,61	3,13	-6,66	-8,27
L5-3	2,63	2,99	-15,91	4,43
SOCAIRE-5B	1,42	5,87	-13,97	-6,09

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-14: Error de balance iónico calculado para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras en sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la validación por concentraciones (ver capítulo 6), la Tabla 5-45 registra 12 desviaciones en distintos analitos durante el primer trimestre de 2025, sobre un total de 516 parámetros analizados, lo que representa un 2,33 % de registros inválidos. Se destacan invalidaciones en pH de laboratorio y/o terreno, debido a diferencias que superan los umbrales establecidos de validación (±0,5 unidades), al comparar los valores obtenidos en terreno por ETFA SEGEA o SQM, o entre las mediciones de ETFA en terreno y laboratorio.

En el reporte de enero de 2025 para el punto L4-10 se invalidaron las mediciones de alcalinidad total, bicarbonato, arsénico, potasio y sulfato, cuyas concentraciones se apartan de la tendencia histórica y de lo reportado en octubre de 2024 y abril de 2025. Esta desviación podría estar asociada a variaciones

puntuales durante el muestreo, envasado o análisis en laboratorio. En la misma línea, se invalida la medición de sulfato para el punto L4-12.

Tabla 5-45: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana

Parámetro	Fecha	Infraestructura	Empresa
Alcalinidad Total (CaCO3)	enero de 2025	L4-10	ALS
Alcalinidad Bicarbonato	enero de 2025	L4-10	ALS
Arsénico	enero de 2025	L4-10	ALS
Conductividad	enero de 2025	L4-3	ALS
pH	abril de 2025	L4-12	ALS
	abril de 2025	L4-3	ALS
Ph Terreno	enero de 2025	SOCAIRE-5B	SQM
	enero de 2025	L4-3	SQM
	abril de 2025	L4-3	SQM
Potasio	enero de 2025	L4-10	ALS
Sulfato	enero de 2025	L4-10	ALS
	enero de 2025	L4-12	ALS

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sistema Vegetación Borde Este considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (22 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos), de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-8. Cabe señalar que los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 pertenecen tanto a la red de monitoreo del Sistema Soncor como al sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron expuestos en el Sistema Soncor, no se incluyen en el presente apartado.

De la misma manera, los pozos L4-3, L3-3, L3-5 y la reglilla L4-10 son parte del monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron descritos en el Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente apartado.

En esta actualización se han incluido voluntariamente los registros de 5 estaciones meteorológicas propiedad de SQM, 4 puntos de aforo de caudal superficial, y 1 punto de monitoreo de nivel de agua

subterránea (CAMAR-2015) para complementar el entendimiento del desempeño de las variables en el Sistema Vegetación Borde Este.

5.1.5.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presentan los niveles de todos los puntos de control que componen la red de monitoreo del PSAH para el Sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-8 y en el Anexo 2.

En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

5.1.5.1.1 Pozos en Zona Aluvial

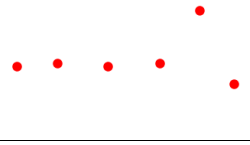
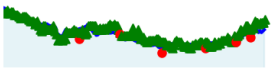
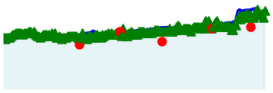
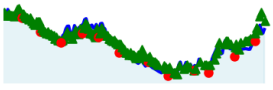
Como ya se ha mencionado, parte de los puntos de control que pertenecen al Sistema de Vegetación Borde Este ya se presentaron en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana debido su proximidad con los otros puntos. En este apartado se exponen los resultados del monitoreo de los 8 puntos que restan. De estos, 7 son piezómetros de monitoreo y 1 es un pozo de extracción. De los piezómetros, 4 son indicadores de estado (L2-26, L7-13, L9-1 y L9-2; todos disponen de medición continua y no se encuentran dentro de la reserva).

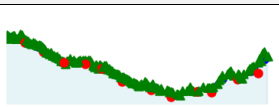
El pozo de extracción de agua industrial que actualmente está en funcionamiento es el CA-2015, que reemplazó al P2 desde de febrero de 2017 (según Res. 296/2016 de la DGA). Por lo anterior, se incluye en forma complementaria el monitoreo de niveles en ambos puntos de control. Los indicadores de estado fueron visitados regularmente de acuerdo con lo comprometido (diariamente por SEGEA) y de manera adicional fue monitoreado al menos 1 veces al mes por SQM. El resto de los puntos contaron con al menos 1 medición mensual por parte de SQM. Las restricciones de acceso se detallan en la sección 5.1.1

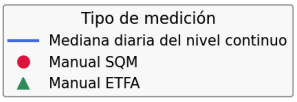
En la Tabla 5-46 se muestran el resultado de los niveles medidos durante el primer semestre de 2025. Estas incluyen las mediciones comprometidas y voluntarias. En el Anexo 5 se presenta el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

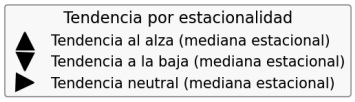
Los indicadores L9-1 y L9-2 no tuvieron un registro manual diario completo durante el semestre. El 9 de enero no se pudo visitar el punto por un problema técnico de la ETFA SEGEA que afectó la coordinación con la comunidad Peine; el monitoreo se suspendió entre el 14 y 15 de febrero tras las lluvias, y en abril, mayo y junio hubo restricciones de acceso impuestas por la comunidad Peine. El detalle de las restricciones de acceso se presenta en la sección 5.1.1

Tabla 5-46: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
CA-2015	2.303,70	2.303,89	2.303,76		↓
CAMAR-2015	2.316,53	2.316,58	2.316,56		↑
L2-26	2.318,30	2.318,34	2.318,32		→
L7-13	2.323,25	2.323,28	2.323,26		↑
L7-15	2.329,57	2.329,64	2.329,61		↑
L9-1	2.309,62	2.309,67	2.309,64		→

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L9-2	2.308,80	2.308,88	2.308,83		→
P2	2.311,95	2.312,08	2.312,00		→





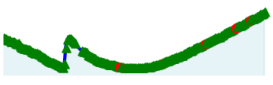
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

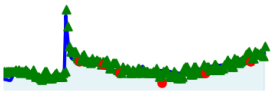
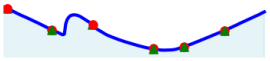
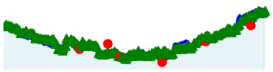
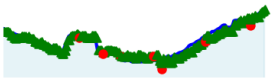
5.1.5.1.2 Pozos en Zona Marginal

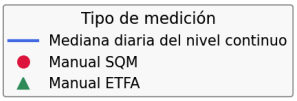
Como ya se ha mencionado en los apartados anteriores, una parte de los puntos de control que corresponden al grupo de Vegetación Borde Este ya se ha mostrado en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, por motivo de proximidad con los otros puntos. En esta sección se muestran los 7 puntos que restan, todos ellos indicadores de estado, los cuales se encuentran en la Zona Marginal del Salar. Ninguno de ellos se encuentra dentro de la reserva y todos disponen de medición continua. Los 7 indicadores de estado registran mediciones diarias por parte de SEGEA. Además, SQM realizó al menos 1 medición mensual adicional para cada indicador.

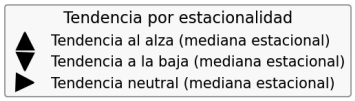
En la Tabla 5-47 se muestran el resultado de los niveles medidos durante el primer semestre de 2025. En el Anexo 5 se presenta el registro detallado del monitoreo manual efectuado en el periodo a reportar y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-47: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L1-17	2.306,35	2.306,65	2.306,45		→

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L2-25	2.308,84	2.308,89	2.308,85		→
L2-27	2.310,36	2.310,73	2.310,52		→
L2-28	2.316,07	2.316,26	2.316,15		→
L3-15	2.315,49	2.315,55	2.315,51		→
L4-17	2.306,35	2.306,40	2.306,37		→
L7-14	2.315,63	2.315,69	2.315,66		→





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.5.2 Meteorología

En la Tabla 5-48 y Tabla 5-49 se muestra un resumen de los principales estadígrafos de las variables registradas en las estaciones meteorológicas LZA12-1, LZA12-2, LZA3-3, LZA7-1 y LZA7-2, a partir de los registros diarios calculados según la metodología descrita en el Anexo 3.3. Las variables medidas por estas estaciones son: humedad relativa, precipitación, temperatura del aire, presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento. Las cuatro últimas comenzaron a monitorearse durante este semestre como parte de la actualización de la infraestructura de las estaciones meteorológicas

contemplada en la acción 16 del PdC (SQM SpA., 2024). Las series diarias para el primer semestre 2025 se presentan gráficamente en la Figura 5-35 y tabuladas en el Anexo 9.2.

Tabla 5-48: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas del Sistema Vegetación Borde Este.

Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Humedad relativa promedio *	%	EST. METEO. LZA3-3	11,5	65,2	24,9	9,5	22,1
		EST. METEO. LZA7-1	8,1	61,5	23,2	10,1	20,9
		EST. METEO. LZA7-2	6,1	60,3	20,9	10,6	18,6
		EST. METEO. LZA12-1	8,9	68,1	24	10,6	21,1
		EST. METEO. LZA12-2	6,8	62,3	22,6	10,5	20,6
Mediana de la dirección del viento *	°	EST. METEO. LZA3-3	58,6	265,7	N/A	41,5	122,8
		EST. METEO. LZA7-1	83,9	276,2	N/A	40,7	134,9
		EST. METEO. LZA7-2	91,4	258,8	N/A	36,6	172,4
		EST. METEO. LZA12-1	62,9	267,5	N/A	33,3	126,2
		EST. METEO. LZA12-2	71,3	249,9	N/A	38,2	118,8
Precipitación acumulada diaria	mm	EST. METEO. LZA3-3	0	17,1	0,13	1,3	0
		EST. METEO. LZA7-1	0	5,5	0,04	0,4	0
		EST. METEO. LZA7-2	0	4,9	0,05	0,4	0
		EST. METEO. LZA12-1	0	14,9	0,13	1,2	0
		EST. METEO. LZA12-2	0	6,6	0,05	0,5	0
Presión atmosférica promedio *	mbar	EST. METEO. LZA3-3	773,2	777,5	775,4	1	775,4
		EST. METEO. LZA7-1	773,8	778,1	776,3	1	776,4
		EST. METEO. LZA7-2	773,2	777,5	775,6	1	775,6
		EST. METEO. LZA12-1	772,4	776,8	774,6	1	774,6
		EST. METEO. LZA12-2	772,5	777,3	774,7	1,2	774,6
Radiación global promedio *	W/m²	EST. METEO. LZA3-3	52,9	248,3	192	33,1	194
		EST. METEO. LZA7-1	49,9	215,7	182,6	25	184,2
		EST. METEO. LZA7-2	45,8	215,8	176,6	27,4	176,5
		EST. METEO. LZA12-1	44,6	250,9	182,9	34,8	183
		EST. METEO. LZA12-2	47,3	303,4	215	50,3	204,3

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-49: Estadígrafos de series diarias para las estaciones meteorológicas del Sistema Vegetación Borde Este.

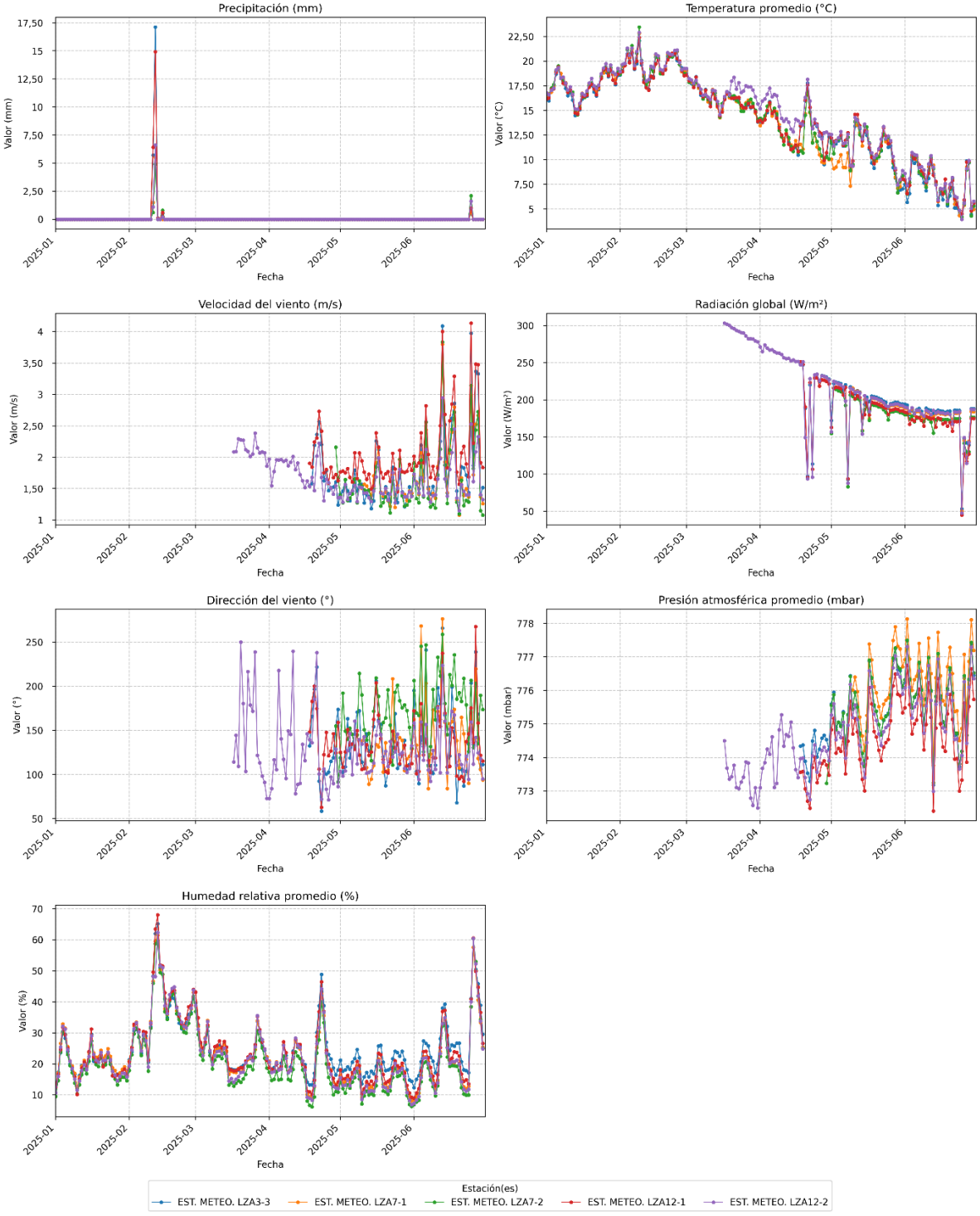
Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Temperatura del aire promedio *	°C	EST. METEO. LZA3-3	4,4	22,1	14	4,4	14,8
		EST. METEO. LZA7-1	4	22,8	14	4,5	14,8
		EST. METEO. LZA7-2	4,2	23,4	14,1	4,4	14,9
		EST. METEO. LZA12-1	4,5	22,4	14,2	4,2	14,9
		EST. METEO. LZA12-2	4	22,9	14,7	4,3	16,1
Velocidad del viento promedio *	m/s	EST. METEO. LZA3-3	1,1	4,1	1,8	0,6	1,5
		EST. METEO. LZA7-1	1,1	3,8	1,7	0,5	1,5
		EST. METEO. LZA7-2	1,1	3,8	1,6	0,5	1,4
		EST. METEO. LZA12-1	1,5	4,1	2	0,6	1,8
		EST. METEO. LZA12-2	1,2	3	1,7	0,3	1,6

Las estaciones LZA12-1, LZA12-2, LZA3-3 y LZA7-2 presentaron periodos en los que el porcentaje de registro validado fue inferior al 95%, por lo cual se procedió a realizar un relleno de datos conforme a la metodología descrita en el Anexo 3.3. Las principales causas de este incumplimiento fueron la pérdida de registros asociada al reemplazo de sensores durante la actualización de las estaciones meteorológicas y problemas relacionados con la configuración del valor mínimo esperado para la temperatura del aire. Adicionalmente, el sensor de humedad de la estación LZA12-2 experimentó fallas que generaron parámetros inconsistentes respecto a las estaciones vecinas (enero a marzo de 2025); esta situación se resolvió tras sustituir el sensor correspondiente. El detalle de los rellenos se presenta en el Anexo 9.3.

En febrero, las estaciones LZA3-3 y LZA12-1 registraron precipitaciones los días 11, 12, 13 y 15, con acumulados mensuales de 23,4 mm y 22 mm, respectivamente. Las estaciones LZA7-2 y LZA12-2 anotaron lluvias los días 11, 12 y 15, con totales de 6,3 mm y 7,9 mm, respectivamente. La estación LZA7-1 reportó precipitaciones los días 11 y 12 de febrero, sumando 7 mm en el mes. El 25 de junio, todas las estaciones presentaron registros de precipitación, siendo el máximo diario de 2,1 mm observado en LZA7-2.

Durante el primer semestre de 2025, la temperatura del aire presentó un descenso gradual. En enero, las estaciones reportaron una temperatura diaria promedio cercana a 17,5°C, mientras que en junio fue de 7,5°C aproximadamente. Aunque no se dispone de datos completos sobre la radiación global diaria para todo el mes, se identificó una tendencia decreciente, registrándose un promedio de 170,2 W/m² en junio.

Figura 5-15: Series de precipitación, temperatura y humedad relativa Estación Meteorológica en Sistema de Vegetación Borde Este.



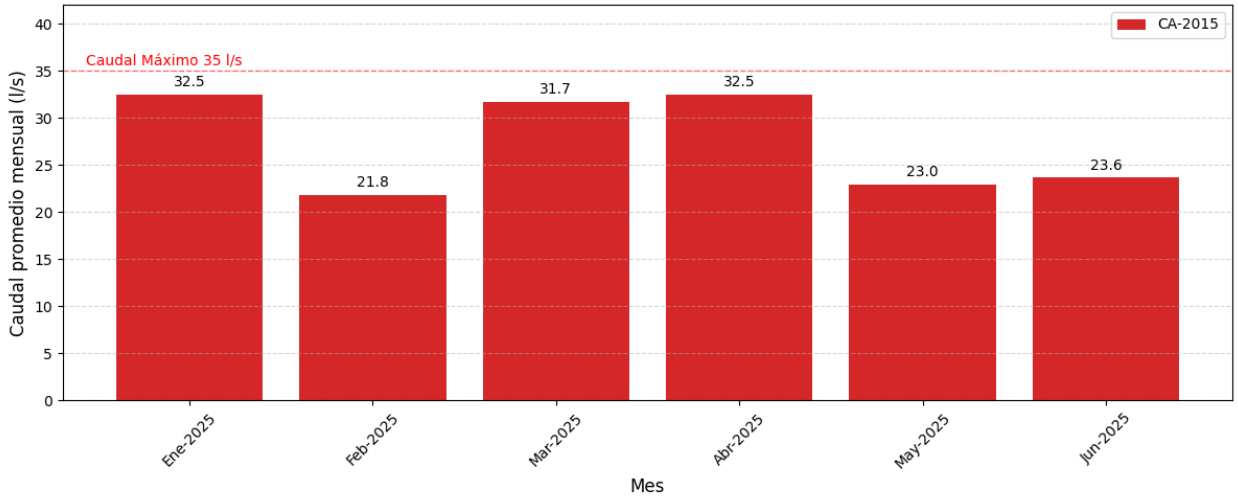
Fuente: Elaboración propia

Durante el semestre, la humedad relativa diaria presentó un promedio de aproximadamente 23%. El valor máximo registrado correspondió a la estación LZA12-1 en el mes de febrero, alcanzando un 68%. Por otro lado, todas las estaciones registraron presiones atmosféricas diarias en el rango de 773 y 778 mbar. Finalmente, no se observa una tendencia definida en la dirección del viento.

5.1.5.3 Caudal bombeado agua

El Sistema Vegetación Borde Este dispone de un único pozo de extracción, denominado CA-2015. Durante el primer semestre de 2025, el caudal de extracción se ha mantenido entre 21,80 L/s y 32,5 L/s, siempre por debajo del límite máximo establecido (35 L/s), tal como se observa en la Figura 5-16. En concreto, se obtuvo un caudal promedio mensual de 27,52 L/s durante este semestre.

Figura 5-16: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.4 Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Vegetación Borde Este durante el primer semestre de 20.

5.1.5.4.1 Análisis Fisicoquímico

Los pozos L2-4 y L7-3 pertenecen tanto al Sistema Soncor como al Sistema Vegetación Borde Este, mientras que el pozo L4-3 forma parte del Sistema Aguas de Quelana y del Sistema Vegetación Borde Este. Dado que los resultados de monitoreo de estos puntos ya fueron presentados en las secciones correspondientes a los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, respectivamente, no se incluyen en el presente acápite.

El detalle de los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este se encuentra en el Anexo 2, donde se especifican las coordenadas, el tipo de cada punto de control, las variables ambientales y los parámetros comprometidos, junto con la frecuencia de monitoreo establecida.

Cabe señalar que no existen límites normativos definidos para la calidad fisicoquímica de los parámetros monitoreados. Por esta razón, en esta sección se presentan únicamente los resultados numéricos del monitoreo de calidad química del agua, sin establecer comparaciones con valores de referencia o umbrales de control. El análisis del comportamiento histórico de la calidad se desarrolla en la sección 6 del presente informe.

En el Anexo 6.1 se incluyen los informes de los análisis químicos correspondientes al último semestre, junto con los certificados de autorización de los laboratorios que prestaron servicios durante este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

La Tabla 5-50 presenta los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno por SEGEA durante ambos trimestres, y analizadas por el laboratorio ALS Life Sciences Chile en enero y abril de 2025, correspondientes al pozo de bombeo CA-2015. Como se observa, se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos para el periodo.

Tabla 5-50: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015

		CA-2015	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**
pH Terreno		7,004	7,476
pH		7,6	8,1
Conductividad Terreno	**uS/cm**	17.490,0	17.700,0
Conductividad	**uS/cm**	18.160,0	17.780,0
Temperatura Terreno	**°C**	24,9	24,3

		CA-2015	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**
Densidad Terreno	**g/mL**	1,05	1,004
Densidad	**g/mL**	1,003	1,004
Sólidos Totales	**mg/L**	14.090,0	12.130,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	12.136,0	13.650,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	6,0	< 3,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	151,0	168,8
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	151,0	168,8
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	5.278,8	6.539,5
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01
Nitrógeno Nitritos	**mg/L**	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	609,0	611,0
Calcio	**Calcio**	264,20137	295,76439
Magnesio	**mg/L**	236,45173	261,46914
Potasio	**mg/L**	321,48267	364,1324
Sodio	**mg/L**	2.774,23582	3.046,97519
Arsénico	**mg/L**	0,25877	0,30893
Hierro	**mg/L**	1,13765	0,73386
Manganeso	**mg/L**	0,03655	0,03855
Zinc	**mg/L**	0,02083	0,07919

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.4.2 Validación Resultados

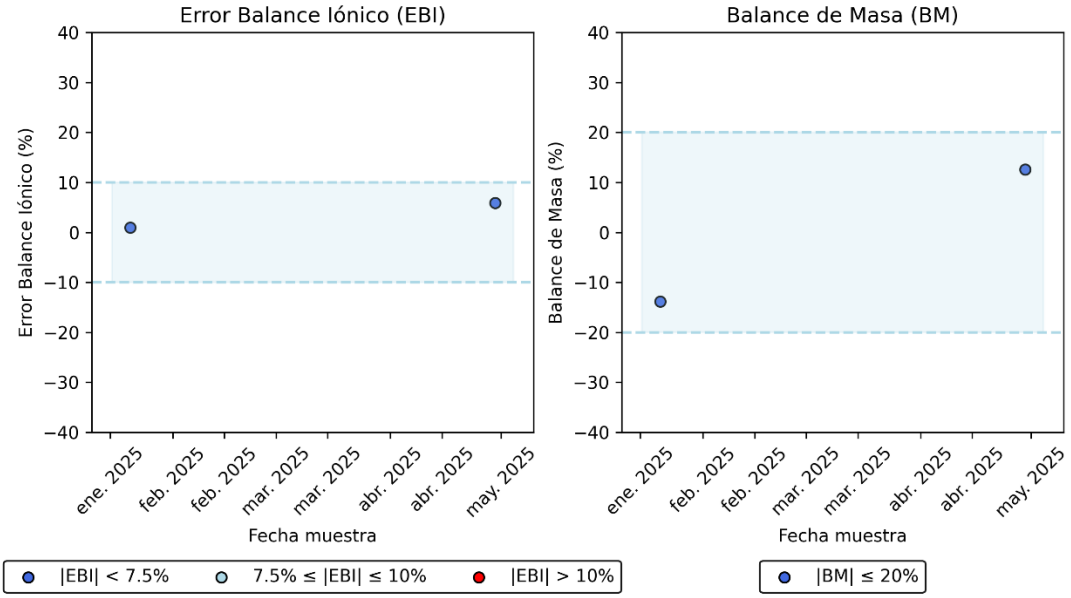
En este apartado se presentan los resultados de la validación para el primer semestre de 2025 en el sistema Vegetación Borde Este, específicamente en el pozo CA-2015. Según lo indicado en la Tabla 5-51 y Figura 5-17, los resultados del balance de masas y del balance iónico fueron satisfactorios en ambos trimestres.

Tabla 5-51: Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este.

	Balance iónico (%)		Balance masa sólidos (%)	
Infraestructura	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
CA-2015	0,92	5,91	-13,83	12,54

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-17: Error de balance iónico calculado para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras en sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-52 presenta el número de muestras no validadas en función de su concentración histórica por analito. Durante el semestre se reportaron 3 parámetros no validados, correspondiente al 5,17% de un total de 58 análisis. Las desviaciones se deben a que los valores exceden los umbrales establecidos para validación: ±0,5 unidades para pH y ±10 % para densidad, en comparación con los valores obtenidos en terreno por ETFA SEGEA o SQM, o entre las mediciones de ETFA en terreno y laboratorio.

Tabla 5-52: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este

Parámetro	Mes de Fecha de Muestra	Infraestructura	Empresa
Densidad Terreno	enero de 2025	CA-2015	SQM
pH	enero de 2025	CA-2015	ALS
	abril de 2025	CA-2015	ALS

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.5 Caudal agua superficial (aforos)

El sistema de vegetación Borde Este tiene cuatro puntos de aforo de caudal superficial: Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor. En la Tabla 5-53 y

Figura 5-18 se presentan los resultados de las mediciones manuales realizadas durante el primer semestre de 2025, de forma tabular y gráfica. Se observa que, en los cuatro puntos de monitoreo existe información en la totalidad semestre. SEGEA midió el caudal en estos puntos a partir de mayo de 2025, como complemento al monitoreo voluntario previo de SQM.

Tabla 5-53: Resultados de aforos manuales en los puntos Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor.

Mes - Año	Punto de aforo	Caudal	Empresa
Enero de 2025	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	47,9	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	68,6	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	162,8	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	157,3	SQM
	Aforo Quebrada Camar	39,9	SQM
	Aforo Quebrada Soncor	30,8	SQM
Febrero de 2025	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	30,4	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	40,1	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	178,5	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	115,5	SQM
	Aforo Quebrada Camar	24,8	SQM
	Aforo Quebrada Soncor	33,4	SQM
Marzo de 2025	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	52,4	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	201	SQM
	Aforo Quebrada Camar	29,3	SQM
	Aforo Quebrada Soncor	28,4	SQM
Abril de 2025	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	56,3	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	38	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	215,2	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	221,4	SQM
	Aforo Quebrada Camar	26,1	SQM
	Aforo Quebrada Soncor	20,1	SQM

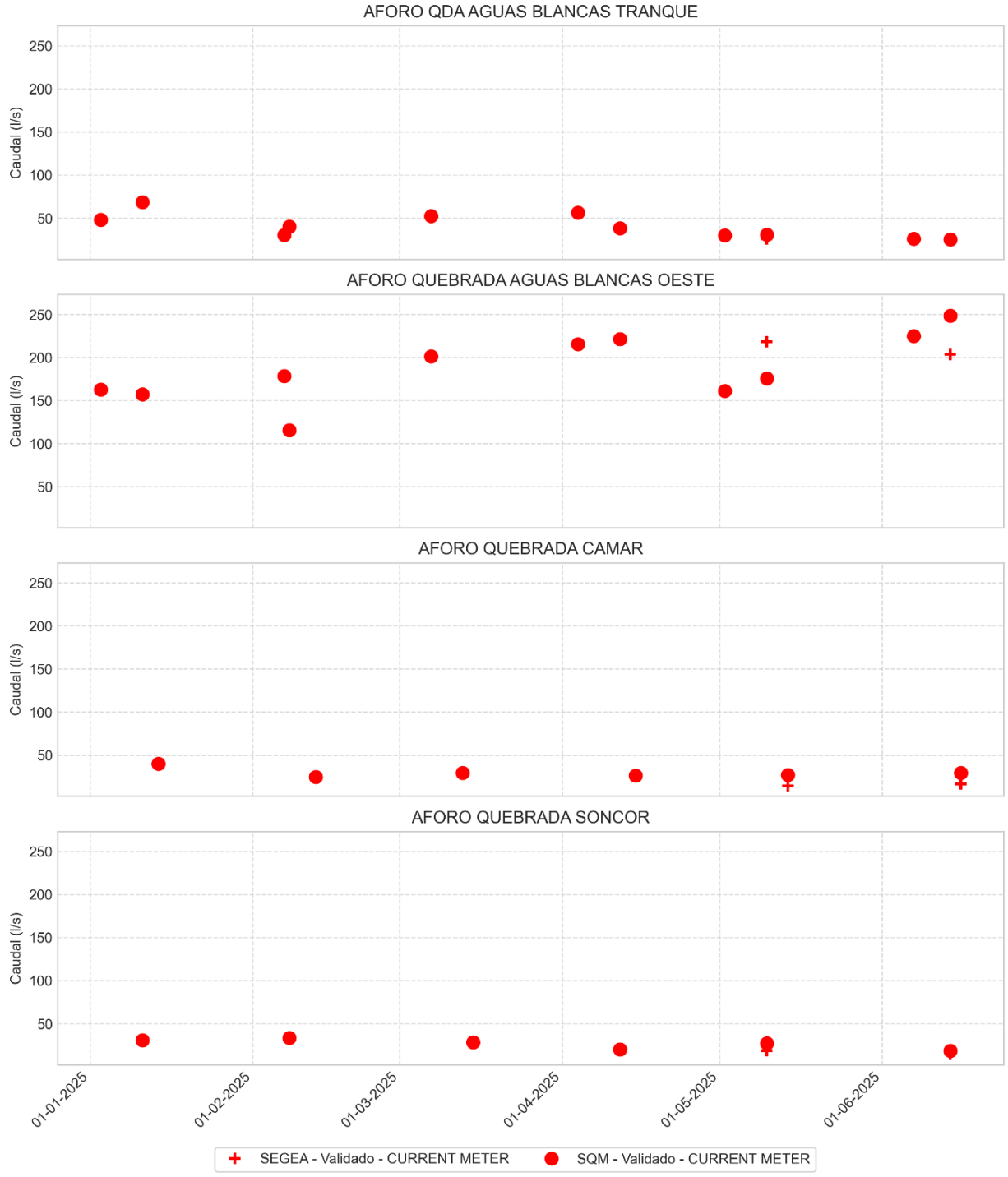
Mes - Año	Punto de aforo	Caudal	Empresa
Mayo de 2025	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	25,9	SEGEA
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	29,8	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	30,6	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	218,2	SEGEA
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	175,6	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	161,2	SQM
	Aforo Quebrada Camar	14,29	SEGEA
	Aforo Quebrada Camar	26,8	SQM
	Aforo Quebrada Soncor	18,4	SEGEA
	Aforo Quebrada Soncor	27,1	SQM
Junio de 2025	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	25,39	SEGEA
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	26,1	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque	25,3	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	203,48	SEGEA
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	224,8	SQM
	Aforo Quebrada Aguas Blancas Oeste	248,3	SQM
	Aforo Quebrada Camar	16,36	SEGEA
	Aforo Quebrada Camar	29,4	SQM
	Aforo Quebrada Soncor	14,57	SEGEA
	Aforo Quebrada Soncor	18,4	SQM

Fuente: Elaboración propia.

Durante el primer semestre de 2025, los registros de caudal medidos por SQM muestran una evolución variable entre los distintos puntos de aforo del Borde Este. En Quebrada Aguas Blancas Tranque, los valores fluctuaron entre un máximo de 68,6 L/s en enero y un mínimo de 25,3 L/s en junio. En Quebrada Aguas Blancas Oeste, se observó un aumento sostenido desde 157,3 L/s en enero hasta un máximo de 248,3 L/s en junio, reflejando una tendencia creciente a lo largo del semestre. En Quebrada Camar, los caudales oscilaron entre 39,9 L/s en enero y 29,4 L/s en junio, con una leve disminución general.

Finalmente, en Quebrada Soncor, los valores se mantuvieron relativamente estables, con un leve descenso desde 30,8 L/s en enero hasta 18,4 L/s en junio, destacando un aumento puntual en febrero (33,4 L/s) posiblemente asociado a precipitaciones.

Figura 5-18: Caudales medidos en puntos de aforo Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor.



Fuente: Elaboración propia.

5.1.6 SISTEMA PEINE

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sistema Peine considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (23 puntos), calidad química (6 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (lagunas y los canales de recarga de Salada y Saladita).

Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.6.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de los puntos de control que componen la red de monitoreo del PSAH para el Sistema Peine, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-9 y en el Anexo 2. Cabe señalar que el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, pero sólo será expuesto en esta sección.

En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

5.1.6.1.1 Pozos en Zona Marginal

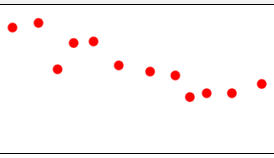
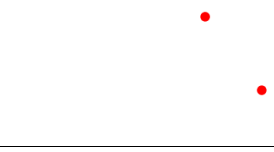
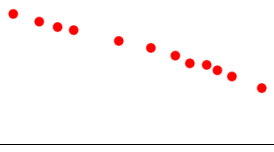
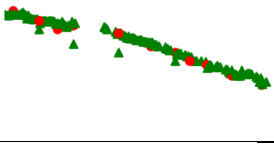
La Zona Marginal del Sistema Peine cuenta con siete puntos de control, de los cuales únicamente el pozo L10-4 es considerado como indicador de estado. Durante el periodo de enero a junio, no fue posible realizar el monitoreo de los pozos L10-2, L10-9, L10-10 y L10-15, aunque se reanudó el seguimiento de este último en mayo. Asimismo, el pozo L10-3 no fue supervisado en marzo. Cabe señalar que las restricciones impuestas por la comunidad Peine limitaron el acceso a estos puntos de monitoreo.

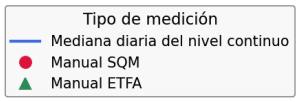
Durante el semestre, el indicador de estado L10-4 presentó discontinuidades en el registro manual diario realizado por SEGEA. En enero, la ETFA-SEGEA enfrentó una contingencia técnica que afectó la coordinación operativa con la comunidad de Peine. En febrero, el registro se vio afectado en los días posteriores a las precipitaciones, y a lo largo del semestre se mantuvo una limitación en el acceso al sitio atribuida al deterioro de la infraestructura vial, según disposición de la comunidad local. Paralelamente,

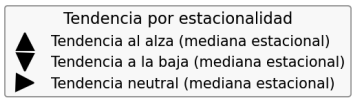
SQM realizó mediciones complementarias con una frecuencia mínima mensual, salvo durante el mes de febrero. El detalle de las restricciones de acceso se aborda en la sección 5.1.1.

En la Tabla 5-54 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales manuales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-54: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L10-1	2.305,05	2.305,18	2.305,11		→
L10-15	2.299,55	2.299,57	2.299,56		↓
L10-3	2.299,85	2.299,90	2.299,87		↓
L10-4	2.299,34	2.299,40	2.299,37		↓





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.6.1.2 Pozos en Zona Núcleo

El Sistema Peine dispone de 16 puntos de control en el Núcleo del Salar. De estos, el GD-03, GD-04, L10-13, L10-14, L10-5, L10-6, L10-7 y L10-8 se encuentran en el área en que la Comunidad de Peine suele ejercer el control de acceso. Por otro lado, los pozos 1028 y L10-11 resultan ser indicadores de estado.

Durante el semestre, los indicadores de estado 1028 y L10-11 presentó discontinuidades en el registro manual diario realizado por SEGEA. En enero, la ETFA-SEGEA enfrentó una contingencia técnica que afectó la coordinación operativa con la comunidad de Peine. En febrero, el registro se vio afectado en los días posteriores a las precipitaciones, y a lo largo del semestre se mantuvo una limitación en el acceso al sitio atribuida al deterioro de la infraestructura vial, según disposición de la comunidad local. Paralelamente, SQM realizó mediciones complementarias con una frecuencia mínima mensual. Los puntos 1024, GD-03, GD-04, L10-6, L10-7 y L10-5 no fueron visitados durante el semestre, a excepción del pozo GD-04 que cuenta con una medición en mayo de 2025. De manera adicional, durante el mes de febrero no se visitaron los puntos L10-5, L10-13, L10-16 y L10-17. El detalle de las restricciones de acceso se aborda en la sección 5.1.1.

La Tabla 5-55 muestran el resultado del monitoreo para el primer semestre de 2025, que considera las mediciones manuales comprometidas y las adicionales. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM). Cabe mencionar que el pozo del PSAH 1024 se encuentra obturado naturalmente por precipitación de sales, sin posibilidad de medir nivel estático, ya que el nivel freático se encuentra por debajo del nivel de la obturación.

Tabla 5-55: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
1028	2.299,03	2.299,09	2.299,07		↓
2018	2.298,87	2.298,94	2.298,90		↓
2037R	2.298,32	2.298,91	2.298,71		↓
GD-04	2.298,98	2.298,98	2.298,98		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L10-11	2.298,92	2.298,98	2.298,96		↓
L10-12	2.298,87	2.298,93	2.298,91		↓
L10-13	2.299,06	2.299,12	2.299,09		↓
L10-14	2.299,13	2.299,20	2.299,17		↓
L10-16	2.299,00	2.299,06	2.299,04		↓
L10-17	2.298,95	2.299,01	2.298,98		↓
L10-5	2.299,08	2.299,12	2.299,10		↓



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.6.1.3 Nivel Lacustre

Las mediciones del nivel lacustre mediante reglillas para el Sistema Peine se mantuvieron hasta diciembre de 2018, a cargo de CONAF en el marco del convenio CONAF-SQM. Debido al término del convenio, la medición de estos puntos son actualmente responsabilidad de SQM mediante la ETFA.

La infraestructura disponible en este sector son reglillas presentes en las lagunas Salada y Saladita. Cabe mencionar que, en el desborde Interna, la ubicación de la reglilla se encuentra en un entorno en donde ya no se produce el desborde del sistema, por lo que, en las sucesivas visitas al punto, la reglilla se encuentra seca.

Durante el primer semestre de 2025 el acceso a las reglillas estuvo restringido, por lo tanto, no se cuentan con registros de nivel para el periodo a reportar.

5.1.6.2 Meteorología

En la Tabla 5-56 presenta un resumen de los principales estadígrafos de ocho parámetros meteorológicos diarios registrados en la estación LZA9-1 (Interna) durante el primer semestre de 2025. Estos parámetros —precipitación, evaporación, presión atmosférica, humedad relativa, temperatura del aire, radiación global, velocidad y dirección del viento— fueron calculados según la metodología descrita en el Anexo 3.3. Las series diarias de estas variables en el periodo previamente mencionado se presentan en forma gráfica en la Figura 5-19 y en forma tabulada en el Anexo 9.2.

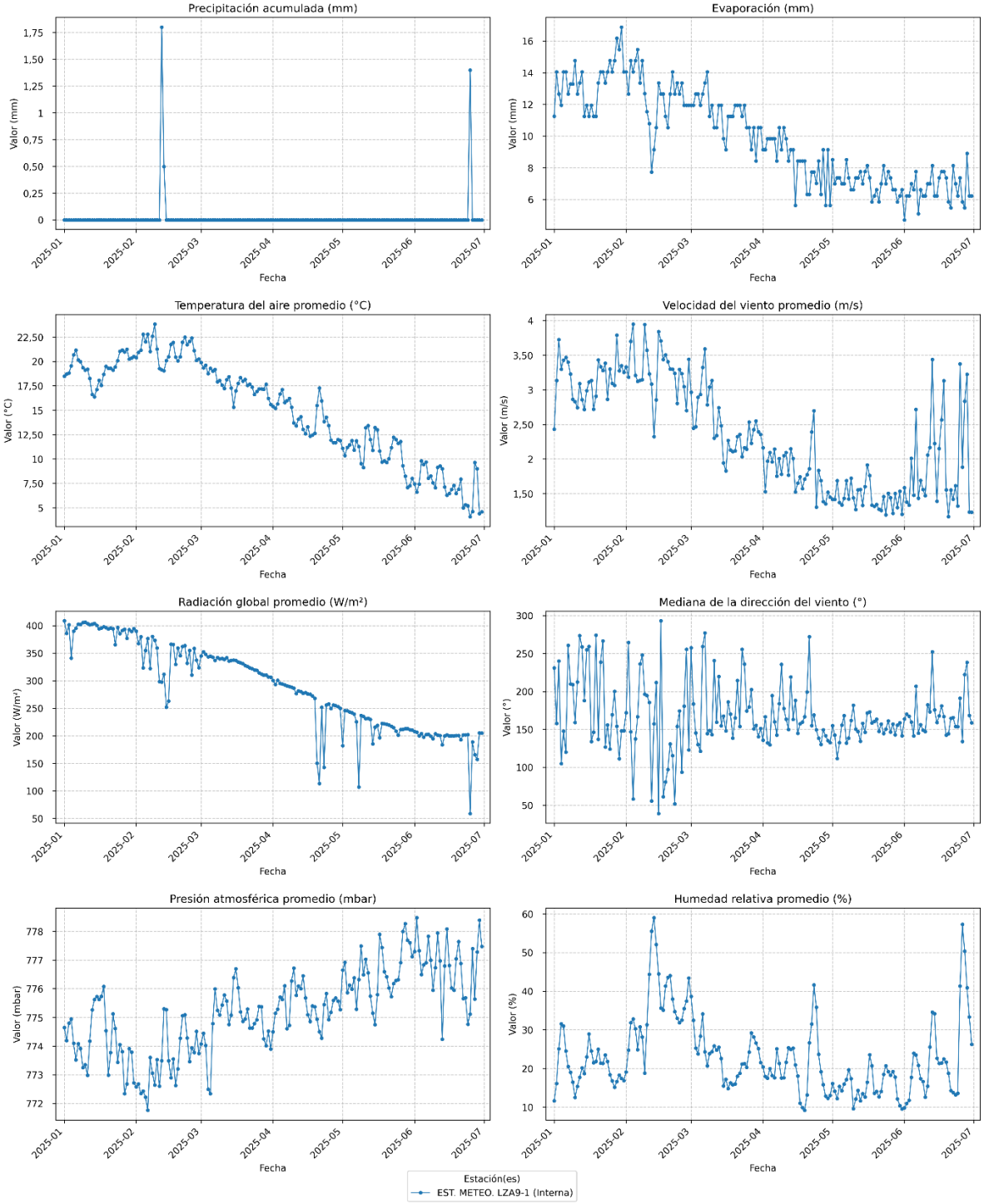
Tabla 5-56: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica LZA9-1 (Interna)

Parámetro	Unidad	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Evaporación diaria *	mm	4,7	16,9	9,9	3	9,8
Humedad relativa promedio *	%	9,2	59,1	23	9,8	20,8
Mediana de la dirección del viento *	°	39,1	293,1	N/A	45,6	158,7
Precipitación acumulada diaria	mm	0	1,8	0	0,2	0
Presión atmosférica promedio *	mbar	771,8	778,5	775,2	1,5	775,3
Radiación global promedio *	W/m²	59,1	408,7	289,3	77,4	295,3
Temperatura del aire promedio *	°C	4,1	23,8	15	5,1	16,2
Velocidad del viento promedio *	m/s	1,2	4	2,4	0,8	2,2

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

Entre enero y junio del 2025, hubo periodos con menos del 95% de registros validados, por lo que se rellenó la variable afectada según la metodología del Anexo 3.3. Las causas incluyeron: sequedad del pan de evaporación los días 8 y 9 de enero antes del mantenimiento, fallas en la transmisión satelital del 9 al 11 de febrero y, en invierno, congelamiento del pan o del sistema automático por bajas temperaturas nocturnas, afectando la medición. El detalle de los rellenos se presenta en el Anexo 9.3.

Figura 5-19: Series de parámetros meteorológicos diarios en la estación meteorológica de LZA9-1 (Interna)



Fuente: Elaboración propia

Durante los días 12 y 13 de febrero se registraron precipitaciones puntuales, con un acumulado total de 2,3 mm al finalizar el evento meteorológico. Asimismo, el 25 de junio se reportó un registro de 1,4 mm de precipitación.

Durante el semestre, se observa un descenso progresivo en la temperatura del aire, la radiación global y la evaporación diaria. En enero, los valores promedio registrados fueron: temperatura del aire 19,4°C, radiación global diaria 393,7 W/m2 y evaporación 13,4 mm. En junio, los promedios registrados fueron 7,2°C, 192,9 W/m2 y 6,7 mm, respectivamente. La velocidad del viento presentó una tendencia similar, salvo en junio, cuando alcanzó valores comparables a los observados entre enero y febrero de 2025.

La humedad relativa diaria registró un promedio semestral de 23%, cuyo máximo fue alcanzado en febrero con un 59,1%. Por otro lado, la presión atmosférica diaria anotó valores entre los 772 y 778 mbar. Finalmente, la mediana de la dirección del viento durante el semestre fue de 158,7°.

5.1.6.3 Calidad química

Esta sección presenta los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos realizados en los puntos de control del Sistema Peine durante el primer semestre de 2025. Aunque el pozo L10-1 forma parte de los sistemas Peine y Cuña Salina, sus resultados se incluyen únicamente en esta sección para mantener el orden del informe.

El Anexo 2 detalla los puntos de monitoreo del Sistema Peine, incluyendo coordenadas, tipo de punto, variables ambientales, parámetros comprometidos y frecuencia de monitoreo. Según la RCA Nº226/2006, el monitoreo en pozos y lagunas debe realizarse trimestralmente. No obstante, en virtud del PdC aprobado y conforme a la Acción 41, se ha incrementado la frecuencia a mensual para las lagunas del sistema como parte de las medidas de activación de Fase I.

Dado que no existen límites normativos para los parámetros monitoreados, se presentan únicamente los resultados numéricos sin comparación con umbrales de control. El análisis histórico de la calidad se aborda en la sección 6.

5.1.6.3.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-57 a Tabla 5-59 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas el laboratorio ALS a los pozos de monitoreo. Se realizó un monitoreo mensual conforme al compromiso de la acción 40 del PdC como medida de control a la activación de Fase I en todos los puntos a excepción del pozo 1028, cuyo acceso en los meses de mayo y junio fue restringido por la comunidad Peine (ver sección 5.1.1).

Tabla 5-57: Resultados calidad del agua en el pozo 1028 del sistema Peine

		1028					
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**
pH Terreno		7,108	7,759	7,132	7,102	S/I	S/I
pH		7,4	7,0	7,5	7,3	S/I	S/I
Conductividad Terreno	**uS/cm**	244.000,0	242.000,0	240.000,0	239.000,0	S/I	S/I
Conductividad	**uS/cm**	238.000,0	124.724,0	254.000,0	248.000,0	S/I	S/I
Temperatura Terreno	**°C**	26,5	26,5	26,1	23,1	S/I	S/I
Densidad Terreno	**g/mL**	1,208	1,209	1,21	1,208	S/I	S/I
Densidad	**g/mL**	1,188	1,078	1,207	1,206	S/I	S/I
Solidos Totales	**mg/L**	237.960,0	91.310,0	295.190,0	329.780,0	S/I	S/I
Solidos Disueltos Totales	**mg/L**	221.275,0	79.837,0	254.655,0	312.720,0	S/I	S/I
Solidos Suspendidos Totales	**mg/L**	104,0	15,0	23,0	170,0	S/I	S/I
Alcalinidad Total		281,8	306,2	300,0	283,6	S/I	S/I
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	281,8	306,2	300,0	283,6	S/I	S/I
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	S/I	S/I
Cloruro	**mg/L**	177.384,7	178.735,4	179.185,6	177.891,6	S/I	S/I
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	S/I	S/I
Sulfato	**mg/L**	6.400,0	6.046,0	6153,0	6081,0	S/I	S/I
Calcio	**mg/L**	1.128,4431	1.056,26136	1.029,34127	950,04857	S/I	S/I
Calcio Disuelto	**mg/L**	1.092,54211	1.054,61704	1.007,69813	876,38765	S/I	S/I
Magnesio	**mg/L**	4.314,32572	4.179,10501	3.962,08689	3.514,00986	S/I	S/I
Magnesio Disuelto	**mg/L**	4.172,10966	4.177,60467	3.887,1004	3.234,55858	S/I	S/I
Potasio	**mg/L**	7.569,56396	7.212,83183	6.676,36777	6.801,18288	S/I	S/I
Potasio Disuelto	**mg/L**	7.340,68182	7.191,52092	6.565,53609	6.326,29332	S/I	S/I
Sodio	**mg/L**	114.879,2296	111.559,016	107.318,9135	95.672,73232	S/I	S/I
Sodio Disuelto	**mg/L**	107.665,7158	107.374,7154	107.159,2858	86.270,39509	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-58: Resultados calidad del agua en el pozo L10-1 del sistema Peine

		L10-1					
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**
pH Terreno		7,505	8,129	8,032	7,768	7,616	7,57
pH		7,6	7,1	8,4	7,8	7,7	7,7
Conductividad Terreno	**uS/cm**	9.750,0	9.150,0	9.220,0	10.250,0	11.530,0	11.980,0
Conductividad	**uS/cm**	175.900,0	15.035,0	9.300,0	10.390,0	10.820,0	12.330,0
Temperatura Terreno	**°C**	22,5	24,4	23,8	19,8	18,4	17,9
Densidad Terreno	**g/mL**	1,003	1,002	1,006	1,002	1,004	1,012
Densidad	**g/mL**	0,999	1,09	1,004	1,002	1,783	1,002
Sólidos Totales	**mg/L**	137.320,0	9.633,0	6.360,0	9.640,0	9.580,0	8.690,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	115.770,0	8.497,0	6.450,0	8.410,0	8.770,0	7.660,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	13,0	112,0	3,0	3,0	5,0	7,0
Alcalinidad Total		39,0	47,6	42,4	55,2	61,2	59,8
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	39,0	47,6	42,4	55,2	61,2	59,8
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	2.993,9	2.728,3	2.737,3	3.016,4	2.835,3	3.475,5
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	574,0	566,0	584,0	611,0	677,0	688,0
Calcio	**mg/L**	635,58146	549,77075	603,08766	459,35449	436,59605	443,93448
Calcio Disuelto	**mg/L**	612,01686	539,95649	574,62964	439,70747	430,37568	437,47626
Magnesio	**mg/L**	128,16618	100,11227	118,01085	102,95214	138,26359	149,94973
Magnesio Disuelto	**mg/L**	123,5299	99,21062	113,35898	99,32119	136,80116	149,32212
Potasio	**mg/L**	159,82108	103,19612	120,90152	164,54018	176,70039	199,3878
Potasio Disuelto	**mg/L**	139,53348	101,86218	115,76069	159,2999	175,51397	197,5647
Sodio	**mg/L**	1.404,52155	1.059,06	1.228,4108	1.154,07891	1.435,12125	1.543,5471
Sodio Disuelto	**mg/L**	1.338,29807	1.054,75017	1.171,0633	1.104,75754	1.421,49759	1.522,45846

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-59: Resultados calidad del agua en el pozo L10-4 del sistema Peine

		1028					
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**
pH Terreno		7,431	7,431	7,431	7,389	7,458	7,401
pH		8,1	8,4	7,8	7,3	7,2	7,2
Conductividad Terreno	**uS/cm**	175.300,0	170.700,0	169.800,0	168.400,0	173300,0	172.500,0
Conductividad	**uS/cm**	131.900,0	8.648,0	162.800,0	173.500,0	163.300,0	173.400,0
Temperatura Terreno	**°C**	18,7	19,9	L10-1	18,9	17,4	17,0
Densidad Terreno	**g/mL**	1,105	1,102	1,105	1,1	1,104	1,001
Densidad	**g/mL**	1,092	1,087	1,101	1,101	1,099	1,099

		1028					
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**
Sólidos Totales	**mg/L**	95.410,0	4.563,0	130.290,0	13.570,0	165.950,0	138.980,0
Sólidos Disueltos Totales	**mg/L**	84.870,0	5.163,0	113.860,0	11.740,0	150.970,0	121.050,0
Sólidos Suspendidos Totales	**mg/L**	130,0	3,0	52,0	119,0	66,0	3,0
Alcalinidad Total		176,8	183,4	162,0	192,0	198,6	185,6
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	176,8	183,4	162,0	192,0	198,6	185,6
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	82.614,5	85.991,1	83.064,7	73.397,5	69.510,4	79.113,8
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	6.863,0	6.658,0	6.730,0	6.534,0	20,0	6627,0
Calcio	**mg/L**	2.160,05053	1.913,32041	1.999,48809	1.707,99475	1.762,31611	1.790,48026
Calcio Disuelto	**mg/L**	2.037,9755	1.905,71487	1.916,94774	1.537,6035	1.722,8905	1.716,74112
Magnesio	**mg/L**	3.664,29115	3.165,9486	3.445,36081	2.855,65923	2.936,16594	3.025,5797
Magnesio Disuelto	**mg/L**	3.476,23372	3.165,26884	3.336,75935	2.589,23412	2.921,7699	2.870,60382
Potasio	**mg/L**	5.743,74828	4.871,0077	5.276,16848	5.019,69831	4.743,14195	4.658,34467
Potasio Disuelto	**mg/L**	5.420,89465	4.851,08588	5.044,76551	4.480,42495	4.668,31703	4.465,33504
Sodio	**mg/L**	49.859,88507	43.745,68082	48.184,75066	38.896,62589	40.781,33862	41.193,15663
Sodio Disuelto	**mg/L**	47.222,03712	43.417,01345	46.364,96743	35.240,00232	40.480,19087	39.423,11049

Fuente: Elaboración propia.

5.1.6.3.2 Muestreo realizado en cuerpos superficiales

Durante el primer semestre de 2025 no se realizaron los muestreos comprometidos en las lagunas Salada, Saladita y en el Desborde de Laguna Interna, debido a la falta de acceso a estos cuerpos de agua (ver sección 5.1.1). En consecuencia, no se cumplió con la frecuencia trimestral establecida por la RCA Nº226/2006 ni con la frecuencia mensual comprometida en la Acción 41 del PdC, asociada a la activación de Fase I en los indicadores del estado del Sistema Peine (L10-4, L10-11 y 1028).

5.1.6.3.3 Validación resultados

En el presente apartado se presentan los resultados de la validación correspondientes al primer semestre de 2025 para el sistema Peine. La Tabla 5-60 y Figura 5-20 muestra los resultados obtenidos a partir de las muestras colectadas, tanto en las campañas trimestrales como en aquellas mensuales realizadas con acceso autorizado por parte de la Comunidad de Peine. Los pozos son clasificados como Calidad 1 y no cuentan con los parámetros obligatorios requeridos para el cálculo de balance iónico, según lo establecido

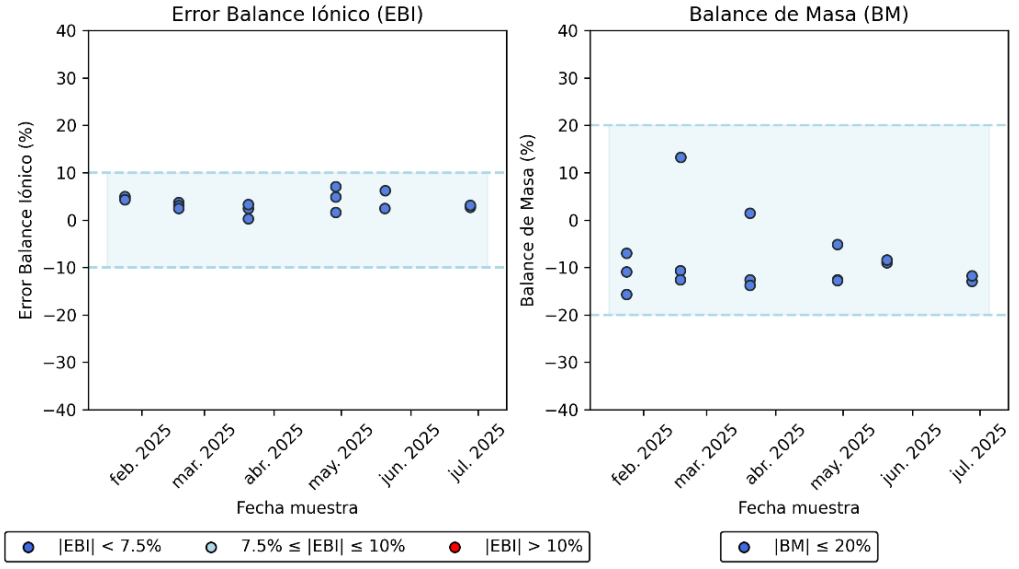
en la Tabla 4-2 y en la RCA Nº226/2006. No obstante, se incorporaron parámetros adicionales de forma voluntaria con el objetivo de habilitar el cálculo y fortalecer el control y aseguramiento de calidad del producto analítico entregado por el laboratorio ALS Life Sciences S.A.

Tabla 5-60: Resultados de la validación en el Sistema Peine

	Balance iónico (%)						Balance masa sólidos (%)					
Infraestructura	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**
1028	4,27	2,45	0,26	4,86	S/I	S/I	-6,97	-12,55	-13,72	-5,12	S/I	S/I
L10-1	5,01	3,05	3,27	7,09	2,46	3,09	-15,68	-10,63	1,44	-12,74	-8,40	-11,77
L10-4	4,77	3,72	2,50	1,60	6,19	2,68	-10,91	13,21	-12,57	-12,61	-8,99	-12,90
REGLILLA INTERNA CONAF	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
REGLILLA SALADA CONAF	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
REGLILLA SALADITA CONAF	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin información.

Figura 5-20: Error de balance iónico para los análisis químicos y consistencia de balance de masa para muestras de Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Todos los puntos de monitoreo de calidad química cumplen con los criterios establecidos para el balance iónico y el balance de masa, encontrándose dentro de los rangos de aceptación definidos.

La Tabla 5-61 presenta los resultados de la validación por concentración histórica para cada analito y punto de muestreo en el sistema Peine. Durante el primer semestre de 2025 se identificaron 23 resultados no validados, principalmente en mediciones de pH, conductividad y densidad, debido a diferencias superiores a los umbrales establecidos (±0.5 unidades para pH y ±10% para conductividad y densidad) respecto a los valores obtenidos en terreno por ETFA SEGEA o SQM, o entre datos de terreno y resultados de laboratorio. Estas desviaciones representan el 5% de los 464 análisis realizados en el periodo.

Tabla 5-61: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el Sistema Peine

Parámetro	Fecha	Infraestructura	Empresa
Calcio	enero de 2025	L10-4	ALS
Conductividad	enero de 2025	L10-1	ALS
	febrero de 2025	L10-1	ALS
	febrero de 2025	1028	ALS
	febrero de 2025	L10-4	ALS
	enero de 2025	L10-1	SQM
	enero de 2025	L10-4	SQM
Densidad	enero de 2025	L10-4	ALS
	febrero de 2025	L10-1	ALS
	febrero de 2025	1028	ALS
	febrero de 2025	L10-4	ALS
	mayo de 2025	L10-1	ALS
	junio de 2025	L10-1	ALS
Densidad Terreno	enero de 2025	1028	SQM
	enero de 2025	L10-4	SQM
pH	enero de 2025	L10-4	ALS
	febrero de 2025	L10-1	ALS
	febrero de 2025	1028	ALS
	febrero de 2025	L10-4	ALS
Ph Terreno	enero de 2025	L10-1	SQM
	febrero de 2025	1028	SQM
Sólidos Disueltos Totales	enero de 2025	L10-1	ALS
	febrero de 2025	1028	ALS
	febrero de 2025	L10-4	ALS
	abril de 2025	L10-4	ALS

Parámetro	Fecha	Infraestructura	Empresa
Sólidos Totales	enero de 2025	L10-1	ALS
	febrero de 2025	1028	ALS
	febrero de 2025	L10-4	ALS
	abril de 2025	L10-4	ALS
Sulfato	mayo de 2025	L10-4	ALS

Adicionalmente, se invalidaron análisis de calcio, sólidos disueltos totales, sólidos totales y sulfato, cuyas concentraciones se alejaron puntualmente de la tendencia histórica. Estas desviaciones no representan un cambio sostenido en la concentración de dichos parámetros durante el semestre, por lo que se consideran eventos aislados sin implicancias en la evolución general de la calidad del agua.

5.1.6.4 Caudal agua superficial (aforos)

En el Sistema Peine se cuenta con 2 puntos de aforo de caudal superficial, y que corresponden a las estaciones denominadas Salada y Saladita. No hay mediciones por restricción de acceso durante el primer semestre de 2025, para más información referirse a la sección 5.1.1.

5.1.6.5 Superficie lacustre

Durante el primer semestre de 2025, se llevaron a cabo mediciones de la superficie lacustre en las áreas de Salada, Saladita y Desborde de Laguna Interna, conforme a lo estipulado en el compromiso trimestral del Programa de Cumplimiento (PdC 2022), dentro del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). Debido a restricciones de acceso por el periodo reproductivo de flamencos, solo se tuvo acceso parcial al Desborde de Laguna Interna. Este acceso parcial se debió al cierre de la barrera Peine desde mayo de 2025, como resultado del mal estado de los caminos.

Las mediciones de todos los sistemas lagunares fueron efectuadas utilizando imágenes satelitales de alta resolución durante los meses de enero y abril, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5-62. En relación con el levantamiento topográfico del perímetro de la laguna, este fue realizado parcialmente para el Desborde Laguna Interna y se presenta gráficamente en la Figura 5-23.

Tabla 5-62: Superficies Lacustres primer semestre de 2025 en Sistema Peine

Periodo de medición	Responsable	Técnica de medición	Superficie (m²)

			Interna	Salada	Saladita
Ene-2025	SRGIS	Imagen Satelital	34109	172846	78298
Abr-2025	SRGIS	Imagen Satelital	62072	172712	81736

Datos de Salada corresponde al cuerpo principal[11]. Fuente: Elaboración propia.

Las Figura 5-21, Figura 5-22 y Figura 5-23 presentan los mapas de los cuerpos principales de las lagunas del sistema Peine para el primer semestre de 2025. El detalle de la estimación de la superficie lacustre del Sistema Peine mediante imágenes satelitales se presenta en el Anexo 10.1. En el Anexo 10.4 se presentan los mapas finales de extensión lagunar.

[11] **Fe de erratas:** En la Tabla 5-36, correspondiente al PSAH N.° 36, se indica en la nota al pie que los datos de Saladita corresponden a la superficie total, incluyendo el cuerpo principal, el canal de recarga y el canal de descarga. Sin embargo, dicha afirmación es incorrecta. En la Tabla 5-36 se presenta únicamente la superficie del cuerpo principal de Saladita.

Figura 5-21: Mapa delimitación lacustre de laguna Salada, Sistema Peine

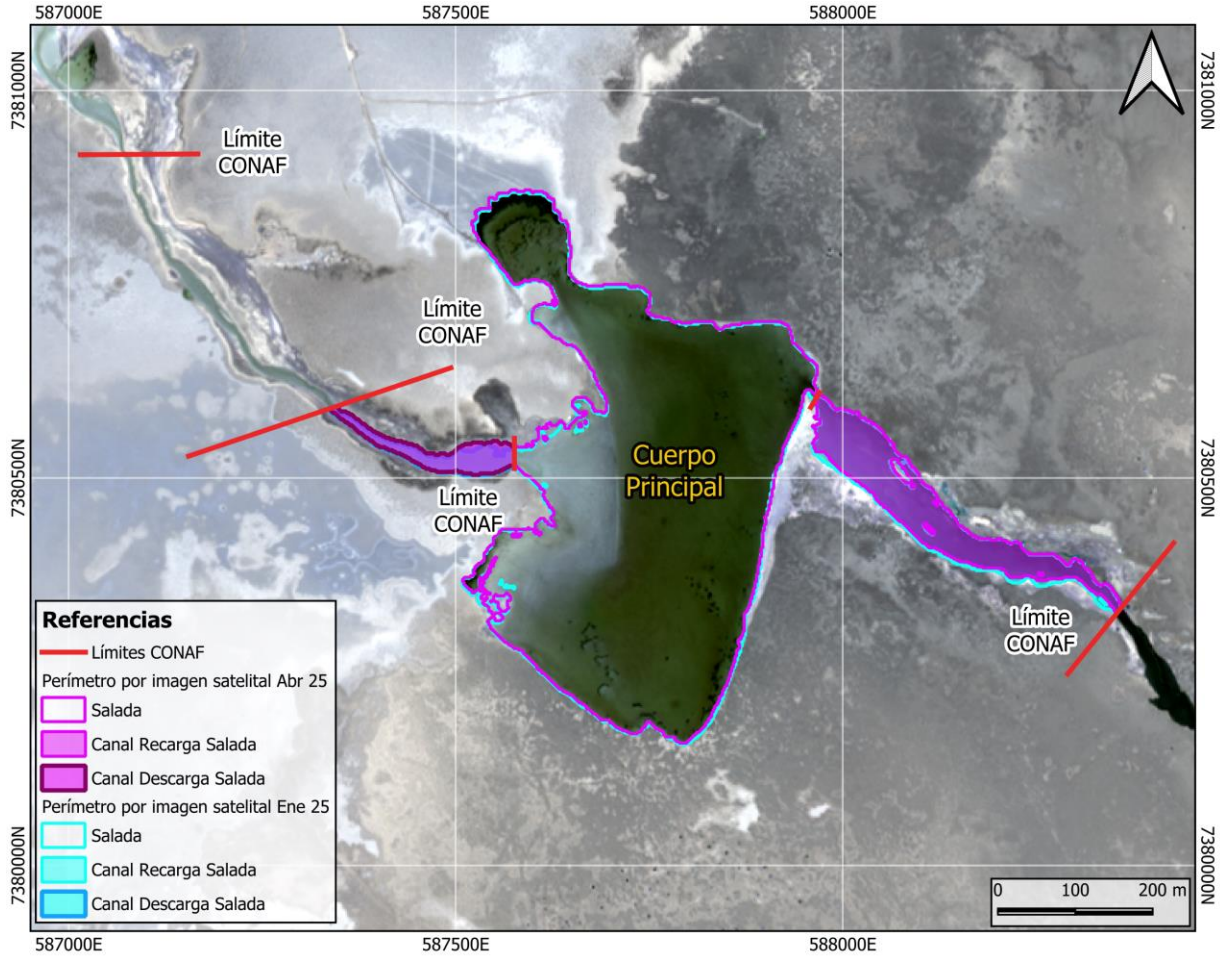


Imagen de fondo corresponde a la imagen satelital de abril 2025. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-22: Mapa delimitación lacustre de laguna Saladita, Sistema Peine

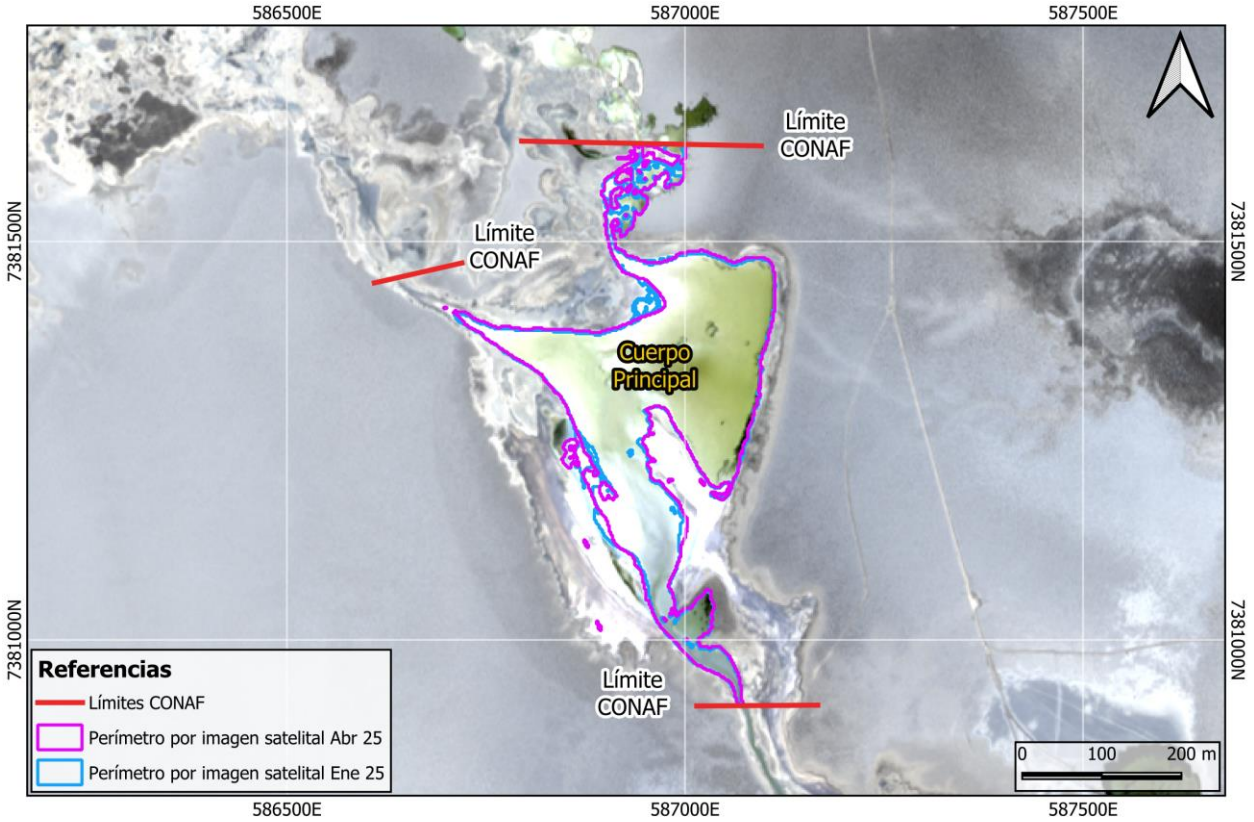


Imagen de fondo corresponde a la imagen satelital de abril 2025. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-23: Mapa delimitación lacustre de Desborde de Laguna Interna, Sistema Peine

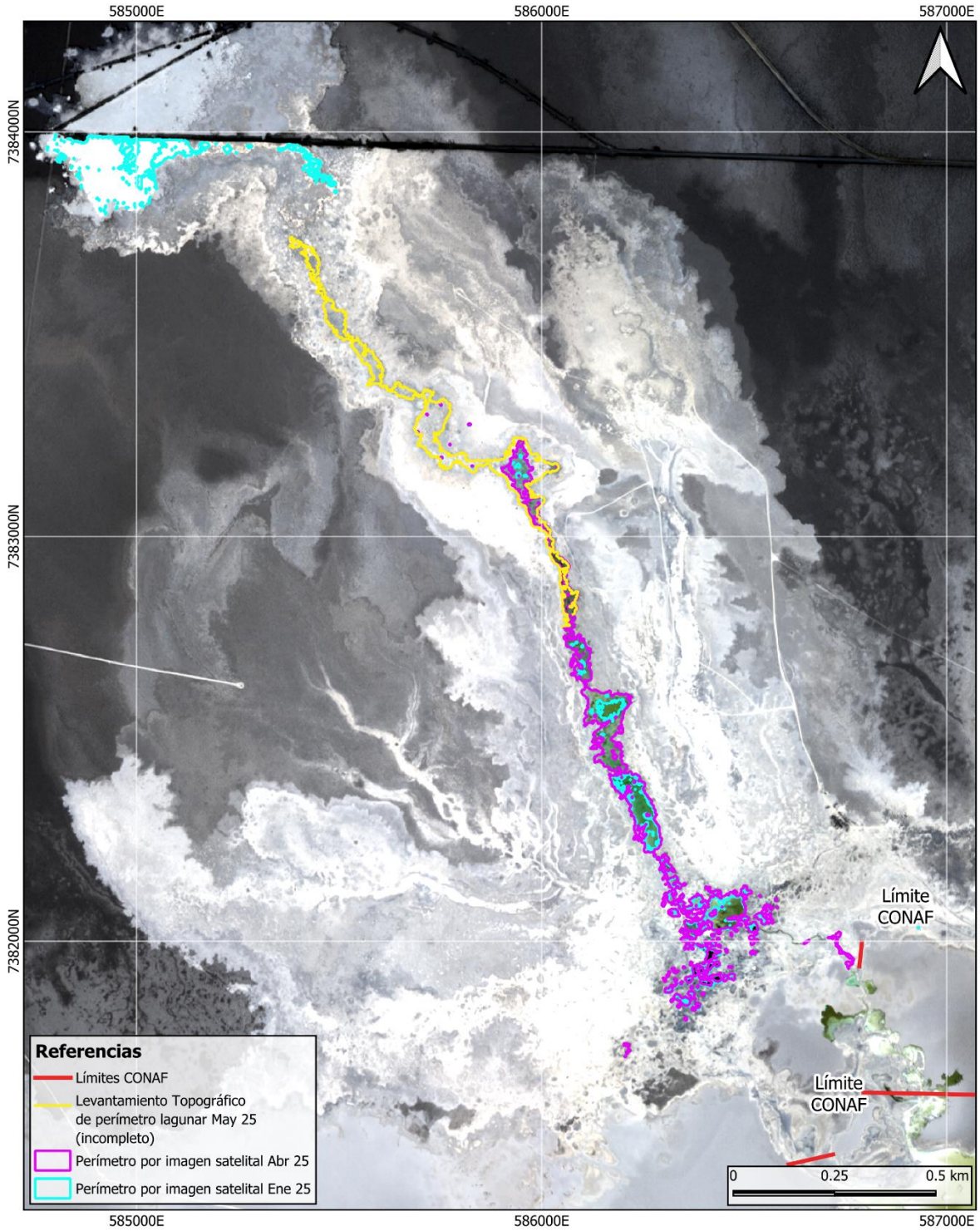


Imagen de fondo corresponde a la imagen satelital de abril 2025. Fuente: Elaboración propia.

5.1.7 SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del sector Vegas de Tilopozo, sólo considera el monitoreo del nivel del agua en 5 puntos: 4 pozos y una reglilla. En esta actualización se han incluido voluntariamente 1 estación meteorológica propiedad de SQM para complementar el entendimiento del desempeño de las variables en el Sector Vegas de Tilopozo.

Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.7.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el Sector Vegas de Tilopozo, de acuerdo con la distribución de la Figura 4-10 y en el Anexo 2.

En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

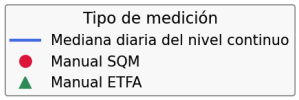
5.1.7.1.1 Pozos Zona Marginal

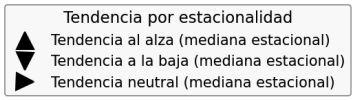
En la Zona Marginal, el Sector de Vegas de Tilopozo cuenta con 4 puntos de control. Ninguno de estos puntos corresponde a un indicador de estado. Para el primer semestre de 2025 se ha realizado al menos 1 visita mensual a cada punto de monitoreo por parte de SQM.

En la Tabla 5-63 se muestra gráficamente el resultado completo del monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas (SEGEA y SQM).

Tabla 5-63: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
L12-1	2.299,45	2.299,51	2.299,48		↓
L12-2	2.302,48	2.302,55	2.302,51		↓
L12-3	2.301,64	2.301,71	2.301,67		→
L12-4	2.303,75	2.303,82	2.303,78		→





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los puntos L12-2, L12-3 y LZA12-4 no fueron visitados durante junio debido a restricciones de acceso por parte de la comunidad Peine.

5.1.7.1.2 Nivel de agua superficial

En esta sección se presentan los niveles de agua superficial para el Sector de Vegas de Tilopozo, que cuenta con un único punto de medición (Reglilla Tilopozo), para el cual se realizaron al menos 1 mediciones mensuales por parte de SQM. En la Tabla 5-64 se presentan gráficamente las medidas tomadas en dicho punto durante el primer semestre de 2025. En el Anexo 5 se presenta el registro detallado de niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Tabla 5-64: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
REGLILLA TILOPOZO	2.309.28	2.309.31	2.309.29		↓

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7.2 Meteorología

En la Tabla 5-65 se muestra un resumen de los principales estadígrafos de las variables registradas en la estación meteorológica LZA10-1, a partir de los registros diarios calculados según la metodología descrita en el Anexo 9. Las variables medidas por estas estaciones son: humedad relativa, precipitación, temperatura del aire, presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento. Las cuatro últimas comenzaron a monitorearse durante este semestre como parte de la actualización de la infraestructura de las estaciones meteorológicas contemplada en la acción 16 del PdC. Las series diarias para el primer semestre 2025 se presentan gráficamente en la Figura 5-24 y tabuladas en el Anexo 9.2.

Tabla 5-65: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica LZA10-1

Parámetro	Unidad	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Median. valor
Humedad relativa promedio*	%	4,4	57,2	19,4	9,9	17,2
Mediana de la dirección del viento*	°	119,9	168,2	N/A	9,7	160,3
Precipitación acumulada diaria*	mm	0	11,2	0	0,8	0
Presión atmosférica promedio*	mbar	773	777,3	775,4	1	775,6
Radiación global promedio*	W/m²	27,7	187,4	164,9	27	169,9
Temperatura del aire promedio*	°C	6,5	22,6	14,5	3,7	14,7
Velocidad del viento promedio*	m/s	2	3,3	2,8	0,3	2,8

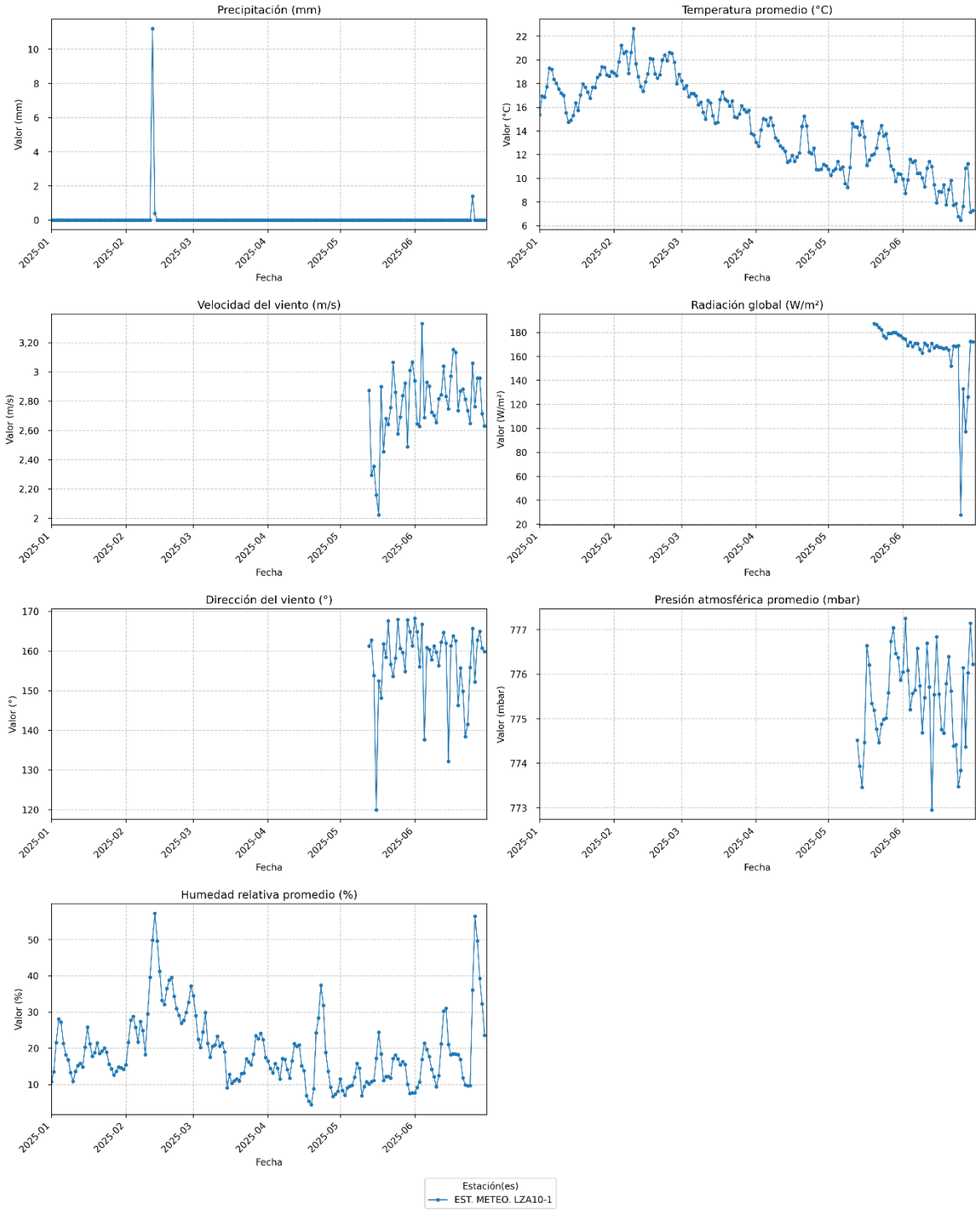
*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

Durante los meses de mayo y junio se observaron periodos en los que el porcentaje de registros validados fue inferior al 95%. En mayo, este resultado se debió al cambio de sensor. A partir del 6 de junio, la estación permaneció desconectada y, hasta el 30 de junio de 2025, no ha sido posible coordinar una visita de

mantención debido al cierre del acceso por la barrera Peine, causado por el mal estado de los caminos. El detalle de los rellenos se presenta en el Anexo 9.3.

Durante el mes de febrero, la estación LZA10-1 registró precipitaciones los días 12 y 13, con un total acumulado de 11,6 mm. En junio, la estación estuvo desconectada durante los eventos de precipitación registrados en distintos sectores de la cuenca; por lo tanto, se procedió a completar este parámetro utilizando como referencia los datos obtenidos por la estación LZA9-1 (Interna), de acuerdo con la metodología descrita en el Anexo 3.3.

Figura 5-24: Series de precipitación, temperatura y humedad relativa Estación Meteorológica de LZA10-1



Fuente: Elaboración propia

Como los datos de radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento solo están disponibles desde mediados de mayo y se han completado gran parte de los valores de junio, esta sección se enfocará únicamente en las tendencias de temperatura del aire y humedad relativa.

Entre enero y junio de 2025, la temperatura del aire presentó un descenso gradual. En enero, las estaciones reportaron una temperatura diaria promedio cercana a 17,4°C, mientras que en junio fue de 9,3°C. Durante el semestre, la humedad relativa diaria presentó un promedio de aproximadamente 19,4%. El valor máximo diario fue registrado en el mes de febrero, alcanzando un 57,2%.

5.1.8 SECTOR NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sistema Núcleo del Salar de Atacama considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (20 puntos), meteorología (2 estaciones) y calidad química (2 puntos). El pozo SOPM-8 (identificado en la RCA Nº226/2006 como L3-4) pertenece tanto a la red de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana como al del Sistema Núcleo del Salar de Atacama (identificado en la RCA Nº226/2006 como SOPM-8). Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dicho punto fueron expuestos en el Sistema Aguas de Quelana, no se incluye en el presente apartado.

Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.8.1 Nivel de salmuera

En esta sección se exponen los niveles de los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Núcleo del Salar de Atacama para el primer semestre de 2025, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-11 y en el Anexo 2.

Para facilitar el análisis, los resultados se agrupan en 3 subgrupos de acuerdo con su ubicación: pozos más alejados de la zona de producción de salmuera, pozos ubicados en las proximidades de la zona de producción, y pozos ubicados al norte de zona de producción. A continuación, se muestran los resultados de cada grupo.

En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel

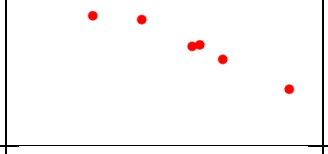
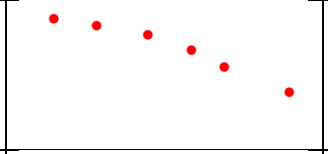
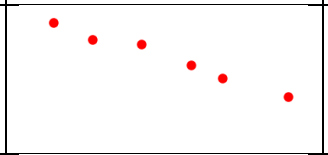
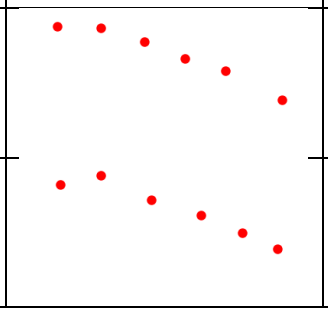
promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

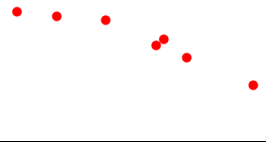
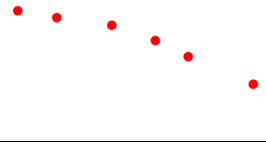
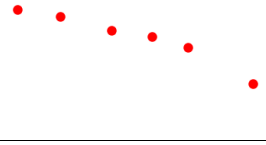
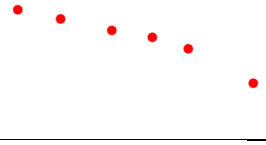
5.1.8.1.1 Área alejada de la zona productiva

Este subgrupo está conformado por 9 pozos. En la Tabla 5-66 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por cada empresa (SEGEA y SQM).

Para el actual semestre reportado se dispone de un registro de al menos 1 medición mensual realizada por SQM para todos los pozos, a excepción del 1001, el cual se encontraba naturalmente por precipitación de sales, sin posibilidad de medir nivel estático hasta enero de 2025 posterior a una limpieza mecánica del pozo.

Tabla 5-66: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
1001	2.298,90	2.298,96	2.298,94		↓
2028	2.298,57	2.298,64	2.298,61		↓
SOPE-6	2.298,69	2.298,76	2.298,72		↓
SOPM-10	2.298,61	2.298,68	2.298,66		↓
SOPM-11	2.298,66	2.298,73	2.298,69		↓

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
SOPM-12C	2.298,80	2.298,86	2.298,84		↓
SOPM-2	2.298,64	2.298,71	2.298,68		↓
SOPM-4	2.298,37	2.298,45	2.298,42		↓
SOPM-5	2.298,43	2.298,50	2.298,48		↓

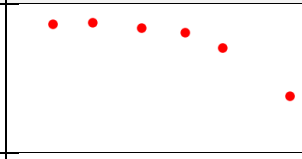
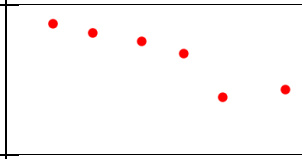
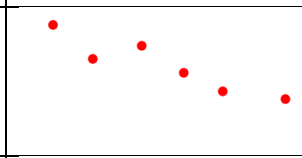
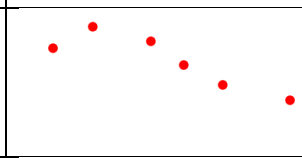
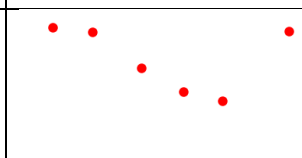
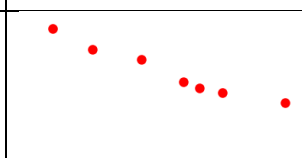
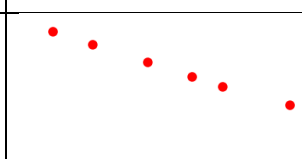
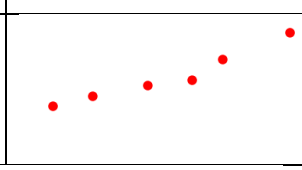


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.8.1.2 Área próxima a la zona productiva

Este subgrupo está conformado por 8 pozos. En la Tabla 5-67 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5.2 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por SQM. Para el actual semestre se cuenta con un registro mínimo de una medición mensual efectuada por SQM.

Tabla 5-67: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
2040	2.298,89	2.299,07	2.299,02		→
E-101	2.298,76	2.298,83	2.298,80		→
E-324	2.297,27	2.297,67	2.297,45		↑
M1-C	2.298,96	2.299,01	2.298,99		↓
M2-C	2.287,52	2.288,66	2.288,18		↓
M7	2.296,88	2.297,37	2.297,08		↑
SAMPLE-4	2.293,24	2.293,31	2.293,28		↓
ZAR-C-S	2.295,33	2.295,34	2.295,33		↓



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

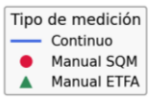
5.1.8.1.3 Área al norte de la zona productiva

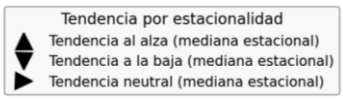
Este subgrupo está conformado por 3 pozos, situados al norte de la zona productiva. En la Tabla 5-68 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por SQM.

Para el actual semestre se cuenta con un registro mínimo de una medición mensual efectuada por SQM.

Tabla 5-68: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
1906	2.298,58	2.298,72	2.298,65		↓
C4-B	2.300,80	2.300,89	2.300,85		↓
EIA-5	2.298,58	2.298,72	2.298,63		↓





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.8.2 Meteorología

En la Tabla 5-69 presenta un resumen de los principales estadígrafos de ocho parámetros meteorológicos diarios registrados en las estaciones KCL y SOP durante el primer semestre de 2025. Estos parámetros —precipitación, evaporación, temperatura del aire, velocidad del viento (exigidos por la RCA 226/2006 para KCL) presión atmosférica, humedad relativa, radiación global y dirección del viento— fueron calculados según la metodología descrita en el Anexo 3.3, para el período comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio. Las series diarias de estas variables en el periodo previamente mencionado se presentan en forma gráfica en la Figura 5-19 y en forma tabulada en el Anexo 9.2.

Entre enero y junio del 2025, todas las variables en ambas estaciones contaban con un registro validado superior al 95% a excepción de la evaporación, por lo que esta variable fue se rellenada según la metodología del Anexo 3.3. Las causas incluyeron: visitas de mantención y problemas con la válvula programable utilizada para relleno del pan de evaporación. El detalle de los rellenos se presenta en el Anexo 9.3.

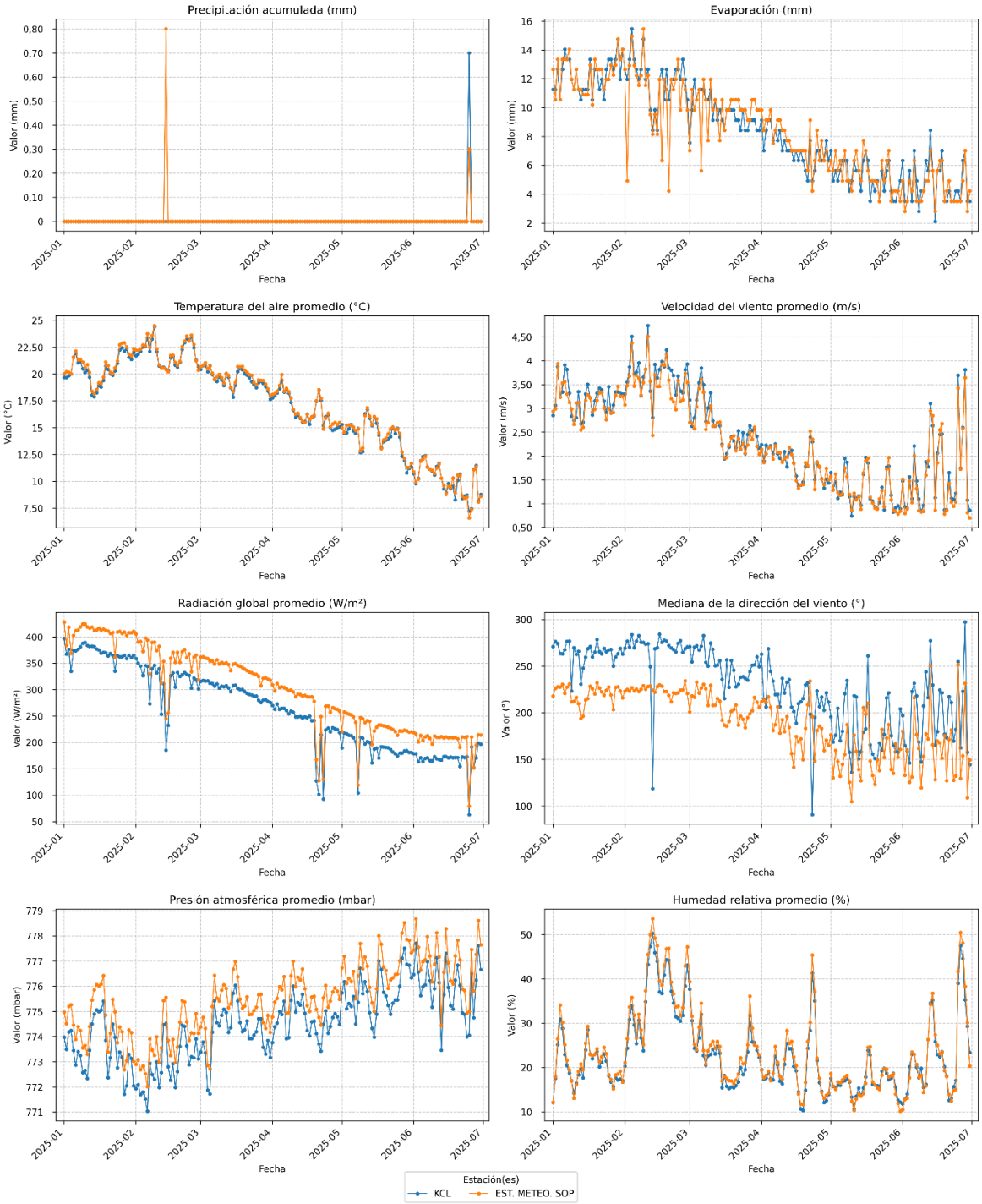
Tabla 5-69: Estadígrafos de series diarias las estaciones meteorológicas KCL y SOP

Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Evaporación diaria *	mm	KCL	2,1	15,5	8,5	3,3	8,4
		EST. METEO. SOP	2,8	15,5	8,4	3,3	8,4
Humedad relativa promedio	%	KCL	10,3	50,3	22,8	8,7	20,3
		EST. METEO. SOP	10,1	53,6	23,7	9,6	21,1
Mediana de la dirección del viento	°	KCL	90,8	297,3	N/A	42,7	235,9
		EST. METEO. SOP	104,8	251,9	N/A	34,3	201,7
Precipitación acumulada diaria	mm	KCL	0	0,7	0	0	0
		EST. METEO. SOP	0	0,8	0	0	0
Presión atmosférica promedio	mbar	KCL	771	777,7	774,5	1,4	774,5
		EST. METEO. SOP	772	778,7	775,5	1,4	775,5
Radiación global promedio	W/m²	KCL	63,1	397,1	262,4	77,6	264,2
		EST. METEO. SOP	78,9	428,1	301,6	79,6	305,4
Temperatura del aire promedio	°C	KCL	7,2	24,4	17,1	4,2	18,3
		EST. METEO. SOP	6,6	24,5	17,3	4,3	18,4
Velocidad del viento promedio	m/s	KCL	0,7	4,7	2,4	1	2,3
		EST. METEO. SOP	0,7	4,5	2,3	1	2,2

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

El 14 de febrero, la estación SOP reportó una precipitación de 0,8 mm. El 25 de junio de 2025, ambas estaciones registraron lluvias: SOP con 0,3 mm y KCL con 0,7 mm. Durante el semestre, se observa un descenso progresivo en la temperatura del aire, la radiación global y la evaporación diaria. En enero, los valores promedio registrados fueron: temperatura del aire 20,8°C, radiación global diaria 409,2 W/m2 y evaporación 12,3 mm para la estación meteorológica SOP y temperatura del aire 20,4°C, radiación global diaria 370,6 W/m2 y evaporación 12,2 mm en la estación KCL. En junio, los promedios registrados fueron 10°C, 202,4 W/m2 y 4,5 mm en SOP y 10°C, 168,3 W/m2 y 4,8 mm en KCL, respectivamente. La velocidad del viento en ambas estaciones presentó una tendencia similar, salvo en junio, cuando alcanzó valores comparables a los observados en febrero de 2025.

Figura 5-25: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas KCL y SOP durante el primer semestre de 2025.



Fuente: Elaboración propia.

La humedad relativa diaria registró un promedio semestral cercana al 23% en ambas estaciones, cuyo máximo fue registrado en SOP en el mes de febrero con un 53,58%. Por otro lado, la presión atmosférica diaria anotó valores entre los 771 y 779 mbar.

Finalmente, la mediana de la dirección del viento durante el semestre fue de 201,7° en SOP y 235,9° en KCL. Se observa una tendencia al descenso entre marzo y mayo.

5.1.8.3 Calidad química

Esta sección presenta los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos realizados en los puntos de control del Sistema Núcleo del Salar de Atacama durante el primer semestre de 2025. El detalle de los puntos de monitoreo, incluyendo coordenadas, tipo de punto, variables ambientales, parámetros comprometidos y frecuencia de monitoreo, se encuentra en el Anexo 2.

Dado que no existen límites normativos para los parámetros evaluados, se presentan únicamente los resultados numéricos sin comparación con umbrales de control. El análisis histórico de la calidad se aborda en la sección 6.

Los informes de análisis del semestre se incluyen en el Anexo 6.1, mientras que los certificados de autorización de los laboratorios acreditados como ETFAs (ALS Life Sciences Chile y SEGEA) se presentan en el Anexo 4.5.

La Tabla 5-70 muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos de salmuera para los pozos de monitoreo, con muestras tomadas en terreno por SEGEA y analizadas por ALS Life Sciences Chile en enero y abril de 2025.

Tabla 5-70: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama

		1001		1906		M7		SOPM-12C	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
pH Terreno		6,969	7,069	6,811	6,893	6,701	6,712	6,883	6,83
pH		6,4	7,2	6,9	6,8	7,1	6,8	7,1	6,9
Conductividad Terreno	**uS/cm**	226.000,0	240.000,0	237.000,0	231.000,0	233.000,0	226.000,0	234.000,0	234.000,0
Conductividad	**uS/cm**	273.000,0	246.000,0	281.000,0	240.000,0	245.000,0	236.000,0	268.000,0	237.000,0
Temperatura Terreno	**°C**	25,4	22,9	24,3	23,2	22,6	21,0	23,5	23,3

		1001		1906		M7		SOPM-12C	
Parámetro	**Unidad**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
Densidad Terreno	**g/mL**	1,219	1,216	1,215	1,216	1,23	1,23	1,228	1,225
Densidad	**g/mL**	1,216	1,217	N/A	N/A	N/A	N/A	1,205	1,225
Solidos Totales	**mg/L**	349.320,0	308.480,0	339.990,0	350.230,0	347.465,0	296.650,0	363.075,0	366.580,0
Solidos Disueltos Totales	**mg/L**	303.750,0	279.340,0	311.035,0	321.690,0	301.265,0	261.970,0	320.875,0	353.490,0
Solidos Suspendidos Totales	**mg/L**	409,0	1201,0	365,0	3104,0	55,0	313,0	42,0	285,0
Alcalinidad Total	**mgCaCO3/L**	517,8	468,2	431,2	406,6	809,4	797,6	560,0	540,8
Alcalinidad Bicarbonato	**mgCaCO3/L**	517,8	468,2	431,2	406,6	809,4	797,6	560,0	540,8
Alcalinidad Carbonato	**mgCaCO3/L**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cloruro	**mg/L**	167.480,0	179.410,7	158.475,7	185.208,5	169.280,8	201.671,5	168.380,4	178.960,5
Nitrato	**mg/L**	N/A	N/A	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	N/A	N/A
Nitrógeno Nitrato	**mg/L**	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sulfato	**mg/L**	13.850,0	11.051,0	19.592,0	19.705,0	19.839,0	17.853,0	18.985,0	19.037,0
Calcio	**mg/L**	559,01899	675,64978	390,51548	411,93529	332,50902	397,95592	362,56163	359,85882
Calcio Disuelto	**mg/L**	532,05237	664,13384	352,94879	399,38156	306,7431	386,10443	328,29711	345,95829
Magnesio	**mg/L**	9.167,43656	6.451,60083	7.376,05865	7.294,007	16.192,23822	15.301,35162	11.224,12669	11.431,46293
Magnesio Disuelto	**mg/L**	8.698,30644	6.354,86615	6.707,21909	7.050,39348	14.947,80218	14.901,61663	10.176,14297	10.833,90579
Potasio	**mg/L**	20.060,28019	14.311,97521	14.566,22918	15.037,48871	28.721,13192	30.162,12601	24.133,81009	25.018,1625
Potasio Disuelto	**mg/L**	19.094,75685	14.222,90264	13.531,59326	14.694,58817	26.858,40822	30.036,70361	22.178,00636	24.117,74924
Sodio	**mg/L**	87.753,66788	90.338,29725	92.227,60956	95.951,90136	74.180,73988	78.484,71226	84.295,27783	84.684,06988
Sodio Disuelto	**mg/L**	83.340,8076	86.102,70232	85.552,29304	92.523,01693	68.790,95097	76.366,13402	77.151,69606	82.435,23104
Arsénico	**mg/L**	N/A	N/A	4,74504	7,37427	0,77469	0,81062	N/A	N/A
Fosforo Fosfato	**mg/L**	N/A	N/A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	N/A	N/A
Sílice	**mg/L**	N/A	N/A	< 1,0	1,4	1,5	1,3	N/A	N/A
Dureza Total	**mg/L**	N/A	N/A	12011,0	13642,0	68062,0	59838,0	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia. N/A: No aplica

5.1.8.3.1 Validación resultados

Los pozos son 1001 y SOPM12-C están clasificados como calidad 5 y no cuentan con los parámetros obligatorios requeridos para el cálculo de balance iónico y balance de masa, según lo establecido en la Tabla 4-2 y en la RCA Nº226/2006. No obstante, se incorporaron parámetros adicionales de forma

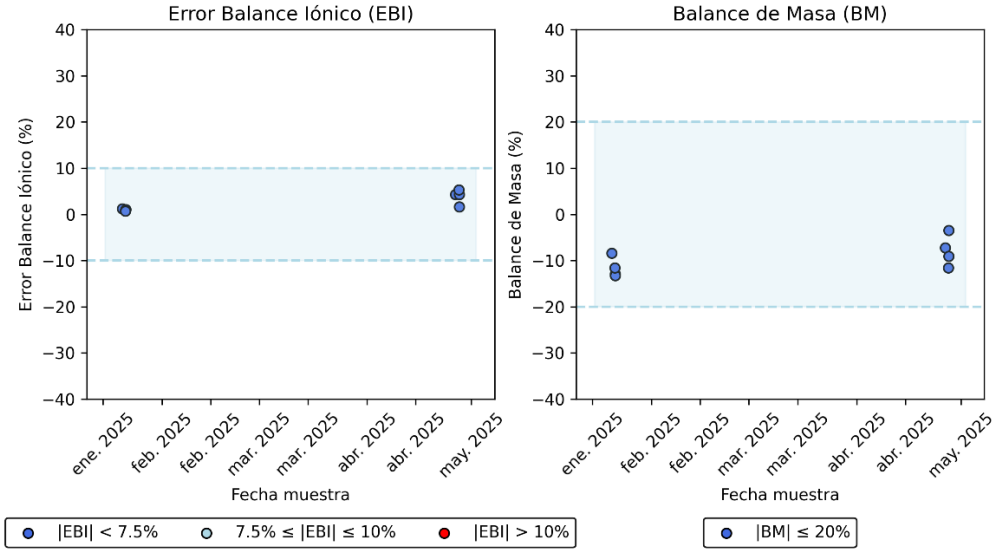
voluntaria con el objetivo de habilitar dichos cálculos y fortalecer el control y aseguramiento de calidad del producto analítico entregado por el laboratorio ALS Life Sciences S.A. Por otro lado, los pozos M7 y 1906 son muestreados bajo los compromisos adquiridos en la Acción 16 del PdC y en este semestre se analizaron con la batería de análisis de la calidad 3.

En la Tabla 5-71 y Figura 5-26 se reportan balances iónicos y balances de masa, los cuales se encuentran dentro de los límites aceptables.

Tabla 5-71: Resultados de la validación en el Sistema Núcleo

	Balance iónico (%)		Balance masa sólidos (%)	
Infraestructura	**Enero**	**Abril**	**Enero**	**Abril**
1001	0,88	4,33	-12,93	-9,06
1906	1,25	4,28	-8,41	-7,26
M7	1,00	5,30	-13,28	-11,59
SOPM-12C	0,66	1,61	-11,61	-3,49

Figura 5-26: Error de balance iónico para los análisis químicos para muestras de sistema Núcleo



Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros analizados se validan mediante la comparación de la concentración actual con el análisis de sus concentraciones históricas. Durante el primer semestre de 2025 se identificaron 2 resultados no validados. Estas desviaciones representan el 5% de los 464 análisis realizados en el periodo.

Las desviaciones corresponden a mediciones de conductividad y densidad a consecuencia de diferencias superiores a los umbrales establecidos (±0.5 unidades para pH y ±10% para conductividad y densidad) respecto a los valores obtenidos en terreno por ETFA SEGEA o SQM, o entre datos de terreno y/o resultados de laboratorio.

Tabla 5-72: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el Sistema Núcleo

Parámetro	Mes de Fecha de Muestra	Infraestructura	Empresa
Conductividad Terreno	abril de 2025	M7	SQM
Densidad Terreno	enero de 2025	SOPM-12C	SQM

5.1.9 SECTOR CUÑA SALINA

De acuerdo con lo señalado en la sección 4, el PSAH de la Cuña Salina contempla 9 pozos, agrupados en 3 perfiles, con el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (1 punto), conductividad eléctrica (8 puntos) y calidad (1 punto), cuya distribución se presenta en la Figura 4-12. Sin embargo, a pesar de que en los 8 puntos de monitoreo de conductividad eléctrica (CE) no se establece la necesidad de cuantificar el nivel freático, SQM realiza un monitoreo mensual adicional. De esta forma, la Cuña Salina dispone de 9 puntos de control de nivel de agua subterránea. Se destaca que, dos de estos puntos, también forman parte de los sistemas Aguas de Quelana (L4-3) y Peine (L10-1), por lo que ya han sido presentados en los apartados anteriores.

Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

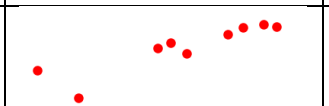
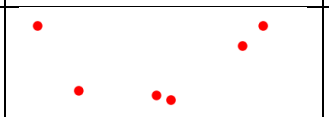
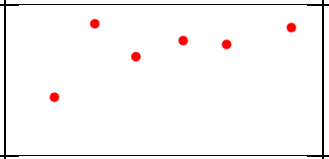
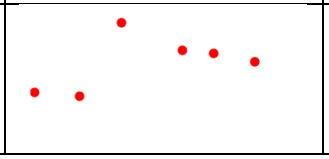
5.1.9.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presentan los niveles de 7 de los 9 puntos de monitoreo para el Sector Cuña Salina. En la En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

Tabla se muestra gráficamente el resultado completo del monitoreo, que considera las mediciones comprometidas y adicionales para el período del primer semestre de 2025. El Anexo 5 contiene el registro detallado de los niveles y el número de mediciones realizadas por ambas empresas (SEGEA y SQM). En este periodo se realizó al menos 1 medición en todos los pozos salvo en Cuña 7, el cual no fue monitoreado desde enero a junio por la restricción de acceso a la zona por parte de la comunidad de Peine por época de reproducción de flamencos hasta marzo 2025 (según carta Nº95/2024) y por restricción en puntos que se acceden por barrera Peine debido a la mala condición de los caminos desde abril 2025.

En las tablas siguiente adicionalmente se analiza la tendencia del nivel promedio correspondiente al semestre actual en comparación con los promedios de los dos años precedentes. Si el nivel promedio resulta inferior a los años anteriores, se considera que el nivel tiene una tendencia descendente; en cambio, si es superior, se interpreta como una tendencia ascendente. En ausencia de un patrón definido, el nivel se clasifica como neutral o estable.

Tabla 5-73:: Nivel mínimo, máximo y medio (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
CUÑA 1	2.299,73	2.299,77	2.299,75		↓
CUÑA 2	2.300,24	2.300,33	2.300,30		→
CUÑA 3	2.318,82	2.318,84	2.318,83		↑
CUÑA 4	2.306,16	2.306,18	2.306,17		→
CUÑA 5	2.301,16	2.301,21	2.301,18		→

Pozo	Mínimo	Máximo	Media	Gráfico	Tendencia
CUÑA 6	2.305,06	2.305,15	2.305,09		↓



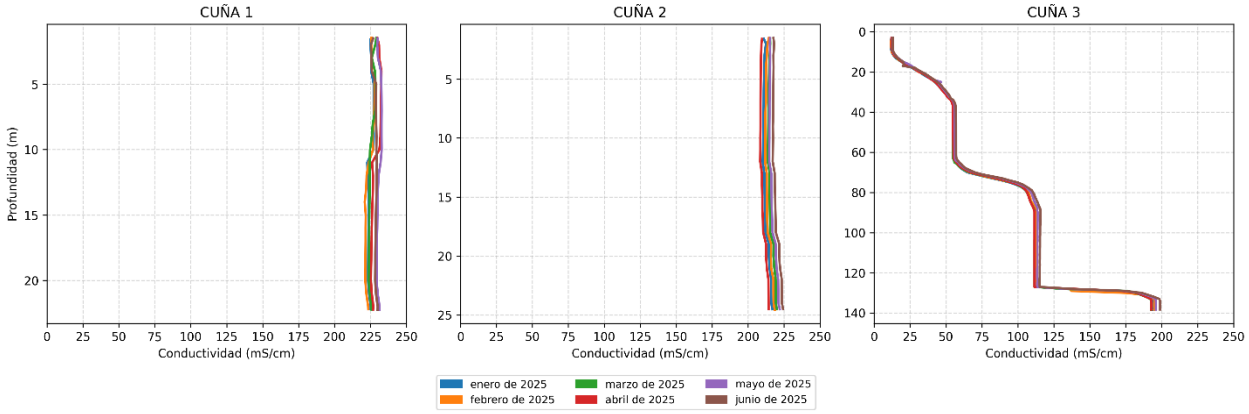
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.9.2 Perfiles de Conductividad

Durante el primer semestre de 2025 se realizaron mediciones mensuales de perfiles de conductividad eléctrica (CE) en los pozos del sector Cuña Salina, en cumplimiento de la acción 16 del Programa de Cumplimiento (PdC), que establece esta frecuencia a partir de mayo de 2024. Este compromiso se cumplió en todos los puntos, con excepción del pozo Cuña 7, que no pudo ser visitado durante el semestre debido a restricciones de acceso.

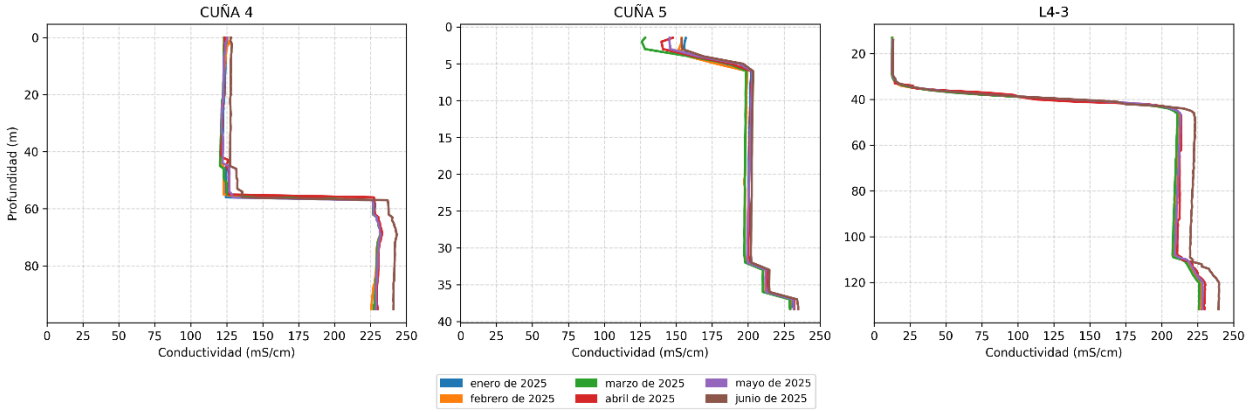
Los resultados de las mediciones de perfiles de CE en los pozos monitoreados durante el actual semestre se presentan ordenados de norte a sur en la Figura 5-27 (Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3), la Figura 5-28 (Cuña 4, Cuña 5 y L4-3) y la Figura 5-29 (Cuña 6, Cuña 7 y L10-1). En el Anexo 6.2 se entregan todos los valores.

Figura 5-27: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3



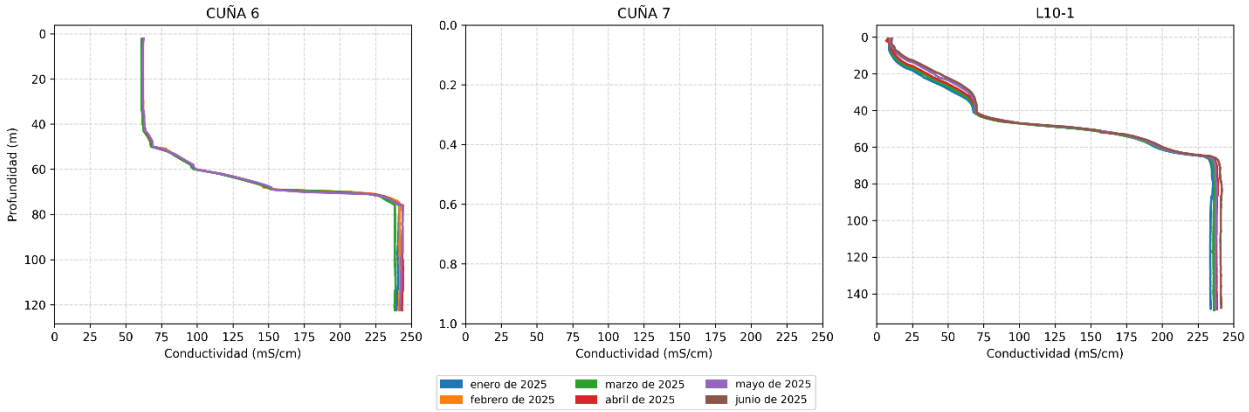
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-28: Registro de CE para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-29: Registro de CE para los pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1



Fuente: Elaboración propia.

5.1.10 SECTOR CUENCA SALAR DE ATACAMA

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sector Cuenca Salar de Atacama considera el monitoreo voluntario de la variable meteorología (4 estaciones), según se muestra su distribución en la Figura 4-13. Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.10.1 Meteorología

En la Tabla 5-74 se muestra un resumen de los principales estadígrafos de las variables registradas en las estaciones meteorológicas Cordillera de la Sal, Domeyko, Llano de la Paciencia y LZA12-3, a partir de los registros diarios calculados según la metodología descrita en el Anexo 3.3. Las variables medidas por estas

estaciones son: evaporación (solo en Cordillera de la Sal) humedad relativa, precipitación, temperatura del aire, presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento. Las cuatro últimas comenzaron a monitorearse en la estación LZA12-3 desde mayo de 2025 como parte de la actualización de la infraestructura de las estaciones meteorológicas contemplada en la acción 16 del PdC. Las series diarias para el primer semestre 2025 se presentan gráficamente en la Figura 5-30 y tabuladas en el Anexo 9.2.

Durante el período comprendido entre enero y junio de 2025, las estaciones Llano de la Paciencia y Domeyko registraron datos válidos en más del 95% de las mediciones. En la estación Cordillera la Sal, la variable de evaporación presentó intervalos donde no se alcanzó este umbral, debido a que la bandeja de evaporación estuvo seca o superó el límite de llenado recomendado, lo que requirió realizar procedimientos de relleno. Asimismo, en LZA12-3, fue necesario efectuar un relleno por cambio de sensor.

La metodología empleada para el relleno se detalla en el Anexo 3.3, mientras que la información específica sobre dichos procesos durante el semestre se encuentra en el Anexo 9.3.

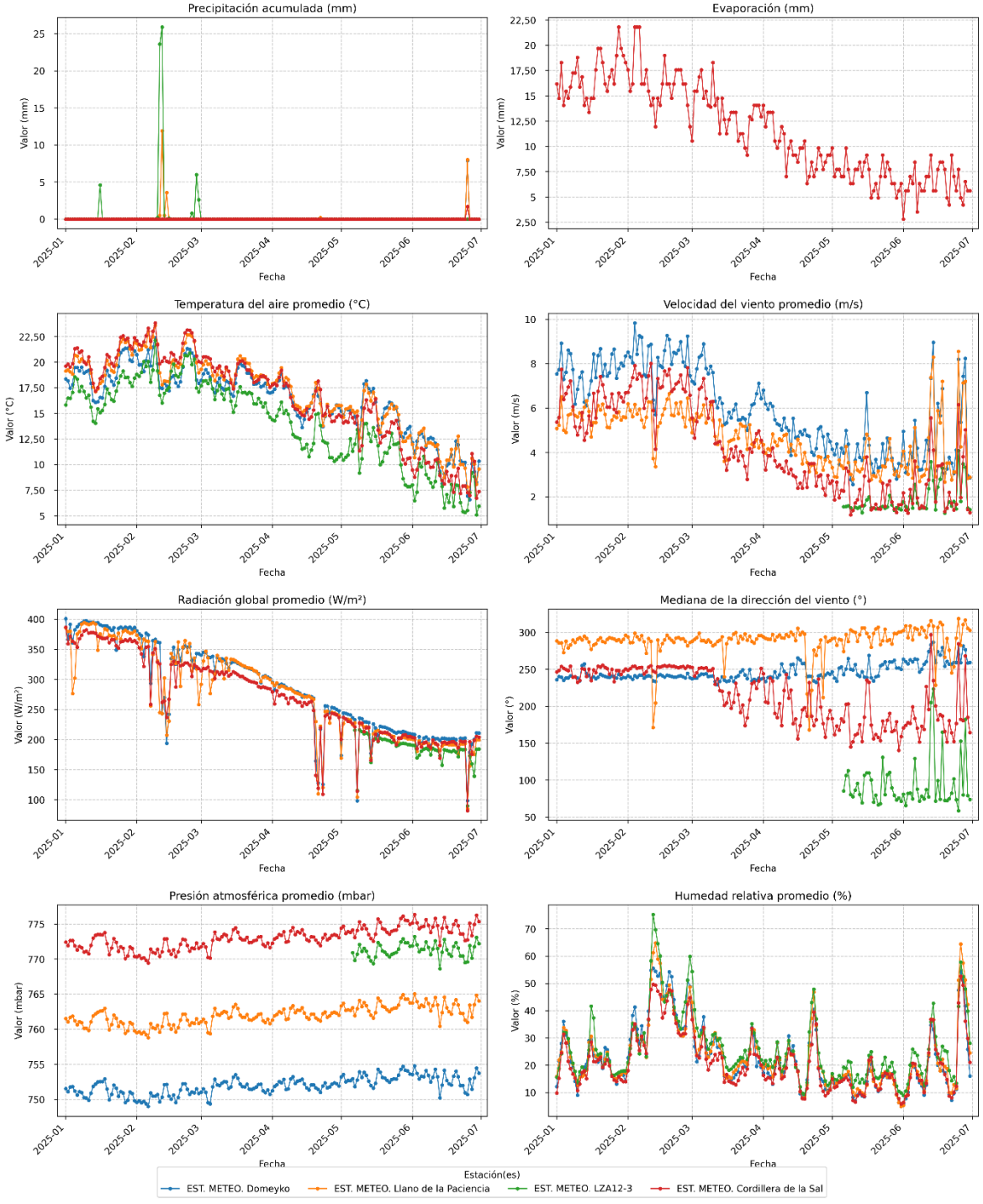
Tabla 5-74: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica de Cordillera de Sal

Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Evaporación diaria	mm	EST. METEO. Cordillera de la Sal	2,8	21,8	11,6	4,6	11,3
Humedad relativa promedio	%	EST. METEO. Llano de la Paciencia	4,9	64,8	23,4	12,2	20,2
		EST. METEO. Domeyko	4,9	55,5	22,8	12	19,6
		EST. METEO. LZA12-3	8,9	75,3	26	12,3	22,9
		EST. METEO. Cordillera de la Sal	5,8	52,6	21,2	10,6	18,8
Mediana de la dirección del viento	°	EST. METEO. Llano de la Paciencia	168	318,7	N/A	20,6	291,2
		EST. METEO. Domeyko	229,1	286,9	N/A	11,5	241,4
		EST. METEO. LZA12-3	58,6	223,4	N/A	33,9	80,5
		EST. METEO. Cordillera de la Sal	140,4	296,9	N/A	36,6	222,1
Precipitación acumulada diaria	mm	EST. METEO. Llano de la Paciencia	0	11,9	0,1	1,1	0
		EST. METEO. Domeyko	0	7,9	0	0,6	0
		EST. METEO. LZA12-3	0	25,9	0,4	2,7	0
		EST. METEO. Cordillera de la Sa	0	1,7	0	0,1	0
Presión atmosférica promedio	mbar	EST. METEO. Llano de la Paciencia	758,8	765	762	1,3	762,1
		EST. METEO. Domeyko	749	754,8	752	1,2	752
		EST. METEO. LZA12-3	768,6	773,2	771,3	1	771,4
		EST. METEO. Cordillera de la Sal	769,4	776,4	773	1,5	773
Radiación global promedio	W/m²	EST. METEO. Llano de la Paciencia	85,1	394,3	277,3	73,9	284,4
		EST. METEO. Domeyko	98,5	401	285,8	74,3	290,3

		EST. METEO. LZA12-3	89,8	216	184,4	21,9	184,4
		EST. METEO. Cordillera de la Sal	81,9	386,5	271,8	68,5	269,9
Temperatura del aire promedio	°C	EST. METEO. Llano de la Paciencia	7,3	23,6	17	3,7	17,9
		EST. METEO. Domeyko	6,6	22,4	16,4	3,3	17,3
		EST. METEO. LZA12-3	5,1	22,1	14	4,1	15
		EST. METEO. Cordillera de la Sal	6,7	23,9	16,6	4,5	17,9
Velocidad del viento promedio	m/s	EST. METEO. Llano de la Paciencia	2,7	8,6	4,7	1,2	4,6
		EST. METEO. Domeyko	2,6	9,8	6	1,9	6
		EST. METEO. LZA12-3	1,3	4,1	1,8	0,6	1,6
		EST. METEO. Cordillera de la Sal	1,2	8	4,2	2,1	3,9

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado. N/A: No Aplica. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-30: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas del Sector Cuenca Salar de Atacama durante el primer semestre de 2025.



Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo reportado, se observaron precipitaciones aisladas en todas las estaciones. La estación LZA12-3 registró lluvias el 16 de enero (4,6 mm), así como los días 10 al 12, 15, 25 y 27 al 28 de febrero, con un acumulado mensual de 59,2 mm. En Llano de la Paciencia se reportaron precipitaciones entre el 11 y 14 de febrero (16,5 mm en total durante el mes), el 22 de abril (0,2 mm) y el 25 de junio (8 mm). Por último, Cordillera de la Sal y Domeyko solo presentaron lluvias el 25 de junio, con 1,7 mm y 7,9 mm respectivamente.

Dado que los datos de radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento en la estación LZA12-3 solo se encuentran disponibles a partir de mayo, la descripción de la tendencia de estas variables se limitará a las otras tres estaciones.

A lo largo del semestre, la temperatura del aire, la radiación global y la evaporación diaria disminuyen. En enero, los promedios de la temperatura del aire varían entre 16,9 y 20,3°C, la radiación global entre 368 y 386,7 W/m² y la evaporación de Cordillera de la Sal es de 16,9 mm en promedio. En junio, las medias son de 7,7 a 10,8°C para la temperatura, 175,2 a 196,6 W/m² para la radiación y 6,3 mm de evaporación. La velocidad del viento todas las estaciones presentó una tendencia similar, salvo en junio, cuando alcanzó valores comparables a los observados en febrero de 2025.

La humedad relativa diaria registró un promedio semestral cercana al 23,4%, cuyo máximo fue registrado en la estación LZA12-3 en el mes de febrero con un 75,3%. Si bien la presión atmosférica se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo en todas las estaciones, se observan diferencias en los rangos de valores registrados. Estas variaciones se explican principalmente por la altitud de cada estación: por ejemplo, la estación Cordillera de la Sal presenta presiones más bajas, mientras que Domeyko, ubicada a menor altitud, registra valores más altos.

Finalmente se observa que la dirección del viento varía a lo largo del tiempo, pero cada estación mantiene una tendencia relativamente consistente dentro de ciertos rangos. Estas diferencias pueden estar asociadas a las condiciones geográficas y topográficas particulares de cada ubicación, lo que influye en los patrones locales de circulación del viento.

5.1.11 SECTOR ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE ALTA MONTAÑA

De acuerdo con lo indicado en la sección 4, el PSAH del Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña considera el monitoreo voluntario de la variable meteorología (2 estaciones), según se muestra su distribución en la Figura 4-14. Los resultados para el primer semestre de 2025 se presentan a continuación.

5.1.11.1 Meteorología

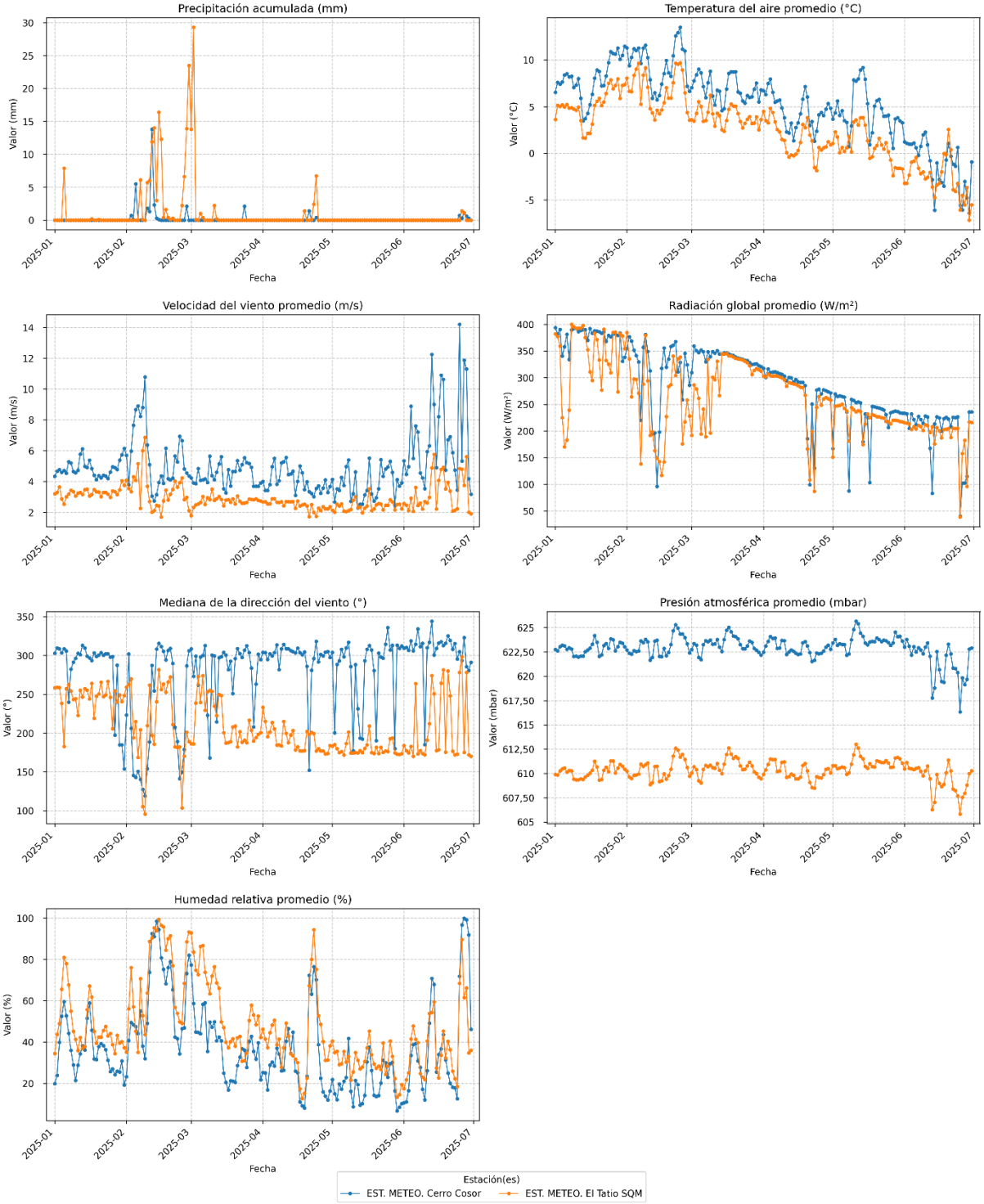
En la Tabla 5-75 presenta un resumen de los principales estadígrafos de siete parámetros meteorológicos diarios registrados en las estaciones Cerro Cosor y El Tatio SQM durante el primer semestre de 2025. Estos parámetros —precipitación, presión atmosférica, humedad relativa, temperatura del aire, radiación global, velocidad y dirección del viento— fueron calculados según la metodología descrita en el Anexo 3.3. Las series diarias de estas variables en el periodo previamente mencionado se presentan en forma gráfica en la Figura 5-31 , y en forma tabulada en el Anexo 9.2.

Tabla 5-75: Estadígrafos de series diarias de la estación meteorológica de Cerro Cosor

Parámetro	Unidad	Estación	Min. valor	Max. valor	Prom. valor	Desv. estándar	Mediana
Humedad relativa promedio	%	EST. METEO. Cerro Cosor	6,6	99,9	37,3	21,4	32,7
		EST. METEO. El Tatio SQM	12,7	99,4	47,6	20,8	42,1
Mediana de la dirección del viento	°	EST. METEO. Cerro Cosor	119	344,3	279,9	50,5	300,6
		EST. METEO. El Tatio SQM	95,7	298,3	208,9	38	198,4
Precipitación acumulada diaria	mm	EST. METEO. Cerro Cosor	0	13,8	0,2	1,2	0
		EST. METEO. El Tatio SQM	0	29,3	1,1	3,8	0
Presión atmosférica promedio	mbar	EST. METEO. Cerro Cosor	616,3	625,7	622,9	1,3	623
		EST. METEO. El Tatio SQM	605,8	613	610,3	1,1	610,4
Radiación global promedio	W/m²	EST. METEO. Cerro Cosor	40,3	393,6	289,1	76,1	306
		EST. METEO. El Tatio SQM	38,5	400,2	262,8	71,8	260,3
Temperatura del aire promedio	°C	EST. METEO. Cerro Cosor	-6,4	13,5	5,4	4	5,9
		EST. METEO. El Tatio SQM	-7,2	9,7	2,5	3,5	3,2
Velocidad del viento promedio	m/s	EST. METEO. Cerro Cosor	2,3	14,2	4,9	1,9	4,6
		EST. METEO. El Tatio SQM	1,7	6,9	2,9	0,8	2,7

*Esta variable contempla uno o más períodos de rellenado
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-31: Series de parámetros meteorológicos diarios de las estaciones meteorológicas de alta montaña durante el primer semestre de 2025.



Fuente: Elaboración propia

Entre enero y junio de 2025, la estación El Tatio presentó registros validados superiores al 95% para todas las variables. En Cerro Cosor, las variables de dirección y velocidad del viento mostraron valores fuera del rango especificado por el fabricante. En los días en que no se alcanzó un registro validado superior al 95%, se completaron los datos según la metodología descrita en el Anexo 3.3. Los detalles de estos procedimientos se encuentran en el Anexo 9.3.

Al ser estaciones que están ubicadas por sobre los 4.000 m.s.n.m registran más precipitaciones en comparación al resto de la red. El mes en que más se registraron precipitaciones corresponde a febrero, donde El Tatio y Cerro Cosor anotaron un acumulado mensual de 124,5 y 28 mm respectivamente.

Durante el semestre, se observa un descenso progresivo en la temperatura del aire y la radiación global En enero, los valores promedio registrados fueron: temperatura del aire 5,1°C, radiación global diaria 339,4 W/m2 en El Tatio y 8°C y 377,6 W/m^2 en Cerro Cosor. En junio, los promedios registrados fueron –2,7°C y 193,2 W/m^2 en El Tatio y -1,2°C y 198,5 W/m2 en Cerro Cosor.

Con respecto a la velocidad del viento, a lo largo del período, Cerro Cosor presenta una velocidad del viento más estable, con variaciones moderadas, mientras que El Tatio muestra una mayor variabilidad, con varios picos pronunciados que indican episodios de viento más intenso. En general, El Tatio tiende a registrar velocidades más altas que Cerro Cosor en varios momentos del semestre, lo que sugiere condiciones más ventosas en esa ubicación durante ciertos meses.

La humedad relativa diaria presentó un promedio semestral de 47,56% en El Tatio y de 37,34% en Cerro Cosor. En ambos sitios se observaron valores superiores al 90% en ciertos periodos del mes, llegando en ocasiones a un 99,99%.

Ambas estaciones presentan una presión atmosférica relativamente estable, con ligeras fluctuaciones mensuales. Esta diferencia se debe a que la estación El Tatio está ubicada a una mayor altura. Finalmente, al observar la mediana de la dirección del viento se destaca cómo varía la orientación predominante del viento a lo largo del tiempo en ambas estaciones, con valores que oscilan entre 0° y 350°, lo que indica cambios significativos en la dirección del viento durante el primer semestre de 2025.

5.2 MONITOREO Y ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

A continuación, se presentan los registros de nivel de agua/salmuera subterránea obtenidos en el período reportado en los indicadores de estado que conforman el Plan de Contingencias definido en la sección 4.3.10. Según lo indicado en dicha sección, se abordan los siguientes sistemas objeto del Plan de Contingencias (Tabla 5-76).

Tabla 5-76: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno

Plan de Contingencias comprometido en la RCA Nº226/2006	Sistema Soncor
	Sistema Aguas de Quelana
	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa
	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex
	Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana
Plan de Contingencias provisorio comprometido en el PdC	Sistema Peine
Adicionales a la red comprometida	Pozos adicionales al PC

Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha mencionado (Sección 4.3.10), algunos de los pozos presentados en el Plan de Contingencia han demostrado no ser idóneos para monitorear adecuadamente el estado de salud de los objetos de protección. Tal es el caso, por ejemplo, del indicador L1-4, que se planteó -bajo el conocimiento que llevó a la aprobación de la RCA N°226/2006- para la protección del Sistema Soncor por su lado este (al este de la laguna Barros Negros). La información histórica y estudios posteriores a la RCA vigente han llevado a plantear que la mayor parte del agua que alimenta las lagunas es de carácter superficial y proviene desde el Canal Burro Muerto, cuyo origen se sitúa en nacientes ubicadas en el Llano del Tambillo. Este cambio de entendimiento tiene su origen en más de 17 años de monitoreo del PSAH, junto con estudios independientes, para reportabilidad de cumplimiento y finalmente para la presentación del EIA actualmente en tramitación en el SEIA. Otros casos, detallados en el EIA en tramitación incluyen a los indicadores de estado L1-G4, L1-5, L2-27, L5-10 y L1-17, entre otros.

El propósito de este apartado es comparar los resultados del primer semestre de 2025 con los umbrales respectivos de cada indicador de estado, refiriéndose particularmente a aquellas situaciones de activación

de algunas de las fases del PC. El resumen del estado de activación de cada indicador del PC durante el registro del período reportado se muestra en Tabla 5-77. A continuación, se presenta detalladamente cada uno de los sistemas.

Es importante mencionar que los indicadores de estado son medidos diariamente por la ETFA y adicionalmente SQM también realiza mediciones para contrastar los resultados y asegurar un mejor seguimiento de los indicadores de estado, como se describió en la sección 5.1.

Tabla 5-77: Estado del Plan de Contingencias

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de estado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
RCA 226/2006	Soncor	Soncor	L1-4	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			L1-5	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			L1-G4 REGLILLA	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			L7-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
	Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	L3-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-9	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-8	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-12	🔴	🟡	🔴	🔴	🟡	🟢
			L5-8	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L5-10	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
	Vegetación Borde Este	Alerta Temprana	L2-25	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-11	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-13	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
		Brea-Atriplex	L1-3	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L2-7	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L2-28	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L3-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-7	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-6	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟢
			L9-1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
		Hidromorfa	L1-17	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-27	🟢	🟢	🟡	🔴	🟡	🟢
			L3-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-10	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
PdC presentado en el proceso SMA F-041-2016	Peine	Alerta Temprana	1028	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			L10-4	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			L10-11	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			PN-05B_RWL	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			PN08A_RWL	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
Pozos adicionales	Vegetación Borde Este	Alerta Temprana	L2-26	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-15	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
		Brea-Atriplex	L2-26	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-15	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-25	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-17	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-14	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-2	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢

🟡 Fase I activada 🔴 Fase II activada 🟢 Sin fases activadas

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes secciones, se muestran los resultados del monitoreo en cada indicador de estado, organizados por sistemas, junto con los umbrales de activación de medidas de contingencia establecidos para cada uno de ellos (Fase I, Fase II o ambas, según corresponda). A partir de diciembre de 2018 existe el compromiso de monitorear los indicadores diariamente. Los resultados se muestran en forma gráfica con el último semestre destacado. Todos los niveles de agua/salmuera se expresan en m s.n.m., mientras que los descensos se expresan en m.

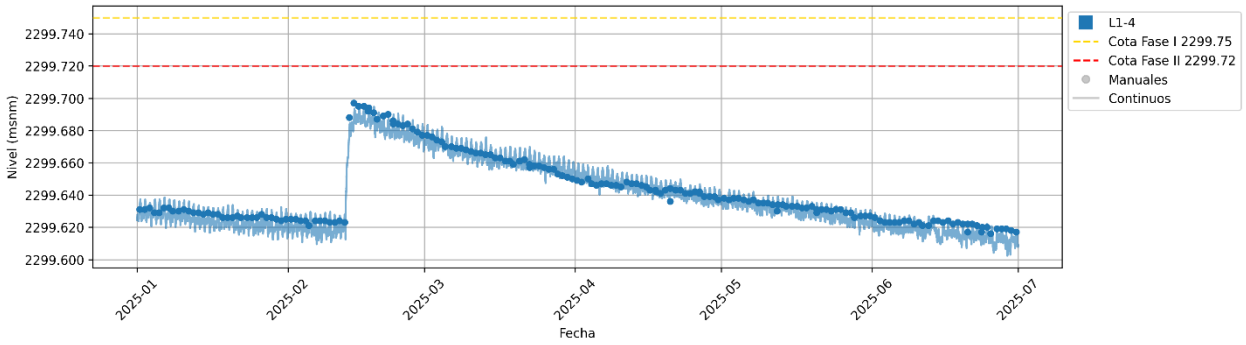
5.2.1 SISTEMA SONCOR

Los indicadores de estado del PC del Sistema Soncor incluyen los piezómetros L1-5, L7-4 y L1-4, así como el L1-G4 Reglilla; cuya medición se realiza diariamente conforme a lo establecido en el PdC. Además del monitoreo manual, SQM cuenta con un transductor de presión en cada uno de los puntos para medir continuamente el nivel.

Los resultados del monitoreo de nivel en estos indicadores para el período reportado, junto con sus umbrales de activación, se presentan en la Figura 5-32, Figura 5-33, Figura 5-34 y Figura 5-35.

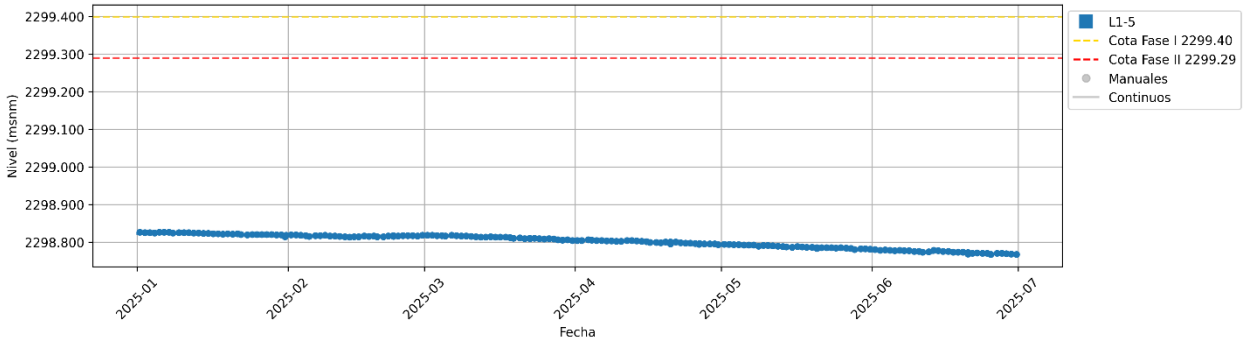
En cuanto al estado de los indicadores, los puntos L1-5 y Reglilla L1-G4 han permanecido en Fase II desde su activación en abril de 2021 y a lo largo del primer semestre de 2025. Asimismo, el indicador L1-4 ha mantenido activada la Fase II desde noviembre de 2023. Cabe destacar que el pozo L1-4, definido en la RCA Nº226/2006 como un indicador del estado del acuífero aluvial, se sitúa al oeste de la interfaz salina (acuífero salmuera), lo que implica su desconexión hidráulica el dominio de agua dulce. Por otro lado, aunque se sitúa por tanto en el sistema de salmuera, tampoco resultaría adecuado como indicador del PAT de salmuera, puesto que no se encuentra ubicado entre las extracciones del núcleo y el objeto de protección, lo que no estaría cumpliendo las consideraciones necesarias como elemento con capacidad de anticipar eventuales efectos de las extracciones de salmuera.

Figura 5-32: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente



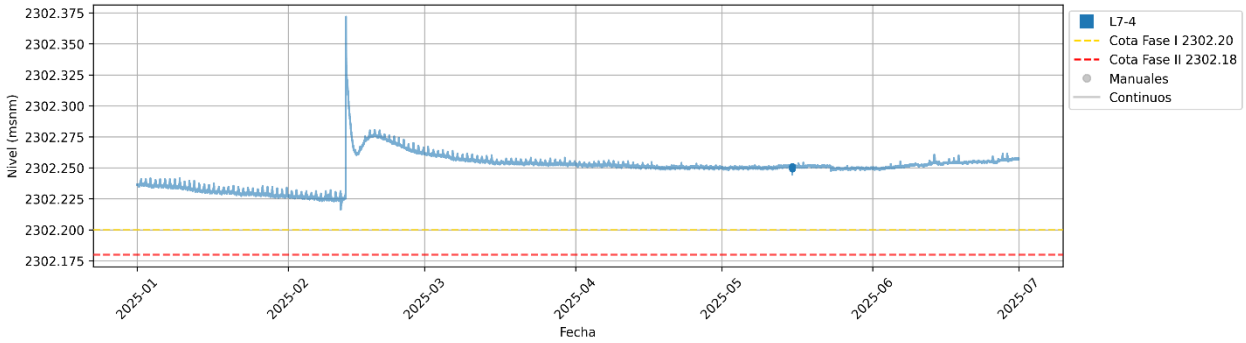
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-33: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente



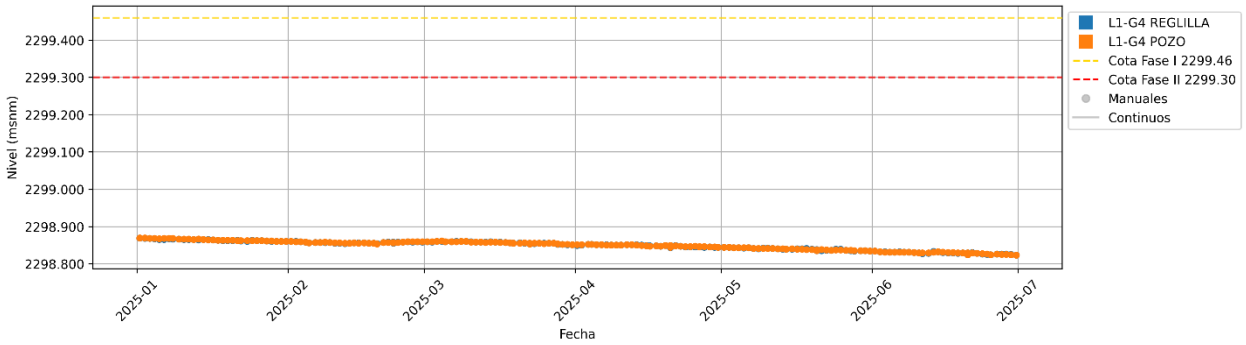
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-34: Niveles observados (m.s.n.m.) en indicadores de estado L7-4 del PC del Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-35: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores estado L1-G4 Pozo y Reglilla del PC Sistema Soncor junto con el umbral correspondiente



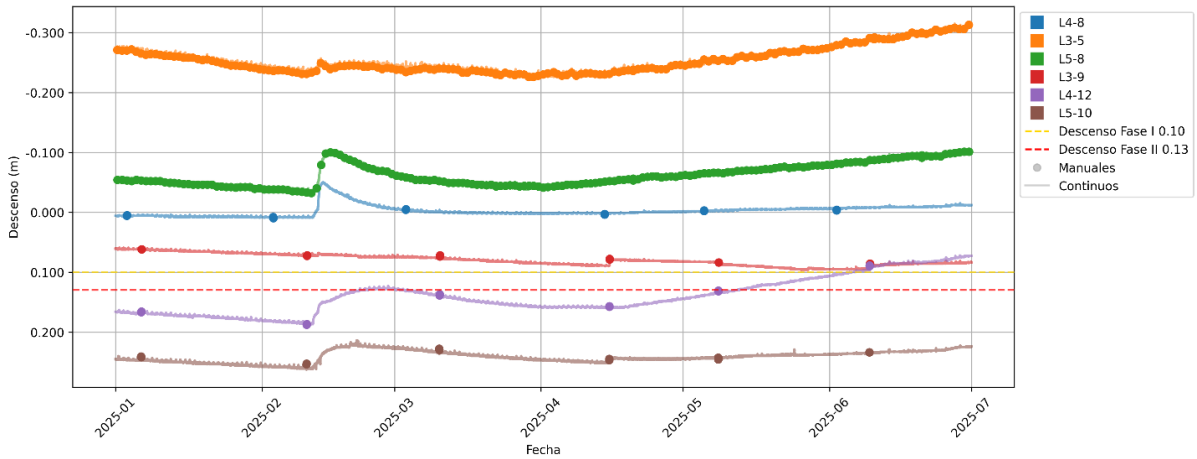
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Aguas de Quelana son los piezómetros L3-5, L3-9, L4-8, L4-12, L5-8 y L5-10; para los cuales se acordó una frecuencia de medición diaria según lo establecido en el PdC. Adicional al monitoreo manual, SQM cuenta con un transductor de presión para medición continua de nivel en cada punto.

En la Figura 5-36 se muestran los descensos calculados para estos indicadores durante el primer semestre de 2025, que incluyen los valores de monitoreo continuo, las mediciones de la ETFA y los umbrales de activación.

Figura 5-36: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los indicadores de estado del PC del Sistema Aguas de Quelana tienen como referencia para la activación de Fase I un descenso máximo de 0,10 m, mientras que para la Fase II, el descenso máximo fijado es de 0,13 m. En ambos casos el descenso se calcula respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (mayo de 2007).

Durante el primer semestre de 2025, los indicadores L3-5, L3-9, L4-8 y L5-8 mantuvieron una condición estable, sin registrar activaciones en ninguna de las dos fases del Plan de Contingencia (PC). En contraste, el indicador L4-12 presentó una dinámica variable, con múltiples transiciones entre fases: la fase II fue desactivada el 22 de febrero y posteriormente reactivada el 3 de marzo, mientras que el 12 de mayo se registró una nueva desactivación de fase II, seguida por la desactivación de fase I el 6 de junio. En relación con la gestión de eventos anteriores, el informe sobre la efectividad de la medida implementada tras la activación de fase II en noviembre de 2024 fue emitido en mayo de 2025. Asimismo, el informe de investigación que abordó las causas de la activación ocurrida en marzo del presente año fue remitido a la autoridad competente durante el mes de abril. En indicador L5-10 se mantiene en Fase II desde 2023. Los informes entregados durante el semestre de este informe se presentan en la Tabla 1-3.

5.2.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN HIDROMORFA

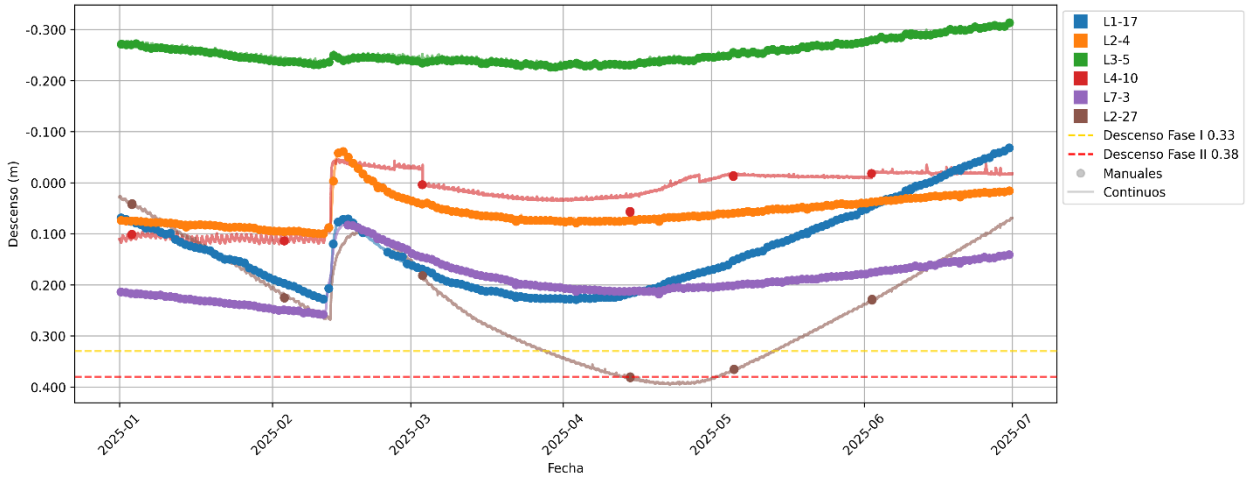
Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Vegetación Hidromorfa son los piezómetros L7-3, L2-4, L3-5, L4-10, L1-17 y L2-27; para los cuales se acordó una frecuencia de medición diaria según lo definido en el PdC propuesto a la SMA. Adicionalmente al monitoreo manual, se cuenta con las mediciones continuas en todos los puntos. En la Figura 5-37 se presentan los descensos calculados para estos indicadores durante el primer semestre de 2025, que incluyen los resultados del monitoreo continuo, las mediciones de la ETFA y los umbrales de activación.

Los indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa, tienen como referencia para la activación de Fase I un descenso máximo de 0,33 m, mientras que para la Fase II, el descenso máximo fijado es de 0,38 m. Lo anterior es respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (mayo de 2007).

Durante el semestre reportado, los indicadores en esta zona no registraron activaciones de ninguna de las fases del PC a excepción del pozo L2-27, el cual activó (fase I: 28 de marzo, fase II: 14 de abril) y desactivó

(fase II: 1 de mayo, fase I: 23 de mayo) ambas fases durante el primer semestre de 2025. El informe de investigación que abordó las causas de la activación de fase II fue remitido a la autoridad competente durante el mes de mayo. Los informes entregados durante el semestre de este informe se presentan en la Tabla 1-3.

Figura 5-37: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Brea-Atriplex son los piezómetros L1-3, L2-7, L2-28, L3-3, L7-6 y L9-1; para los cuales se acordó una frecuencia de medición diaria según lo establecido en el PdC. Adicionalmente al monitoreo manual, se disponen de mediciones continuas en todos los puntos, según lo comprometido en la RCA Nº226/2006.

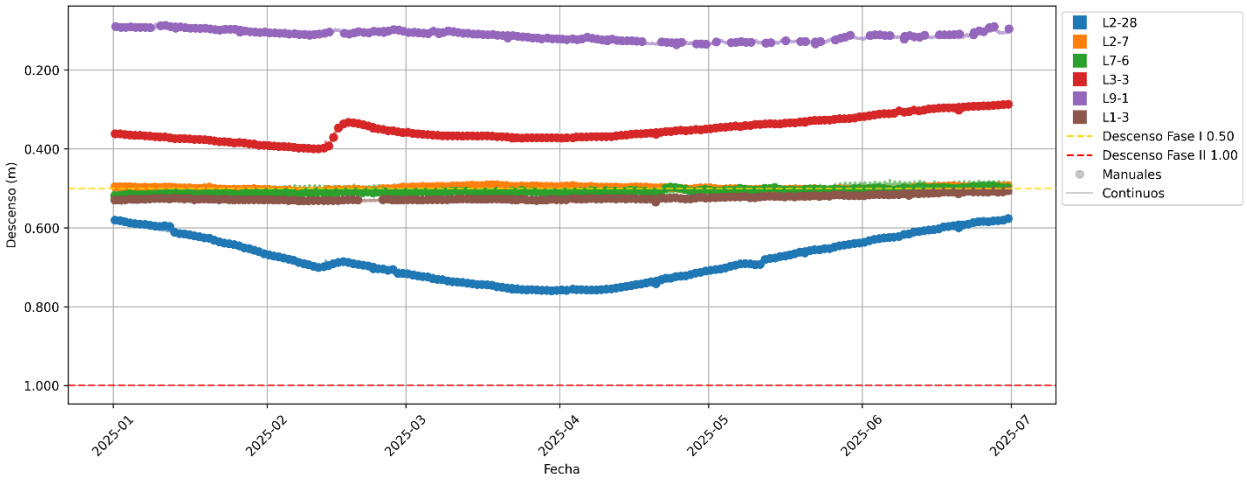
En la Figura 5-38 se presentan los descensos calculados para estos indicadores durante el primer semestre de 2025, que incluyen los resultados del monitoreo continuo, las mediciones de la ETFA y los umbrales de activación.

Los indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex, tienen como referencia para la activación de Fase I un descenso máximo de 0,50 m, mientras que para la Fase II,

el descenso máximo fijado es de 1,00 m. Lo anterior es respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (mayo de 2007).

Durante el período reportado los indicadores L3-3 y L9-1 no registraron activaciones de ninguna de las fases del PC. Por el contrario, los niveles de los pozos L2-28 y L1-3 se han mantenido por debajo del umbral de la Fase I de forma permanente. El indicador L2-7 muestra sucesivas desactivaciones y activaciones de Fase I a medida que los niveles oscilan respondiendo a la estacionalidad, desde el 11 de junio de 2025 al cierre del semestre a reportar, el pozo se encuentra por sobre el umbral de Fase I. Finalmente, el pozo L7-6 también presentó sucesivas activaciones y desactivaciones desde abril a finales del semestre, desactivando por última vez en el periodo a reportar el 12 de junio.

Figura 5-38: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.5 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: ALERTA TEMPRANA

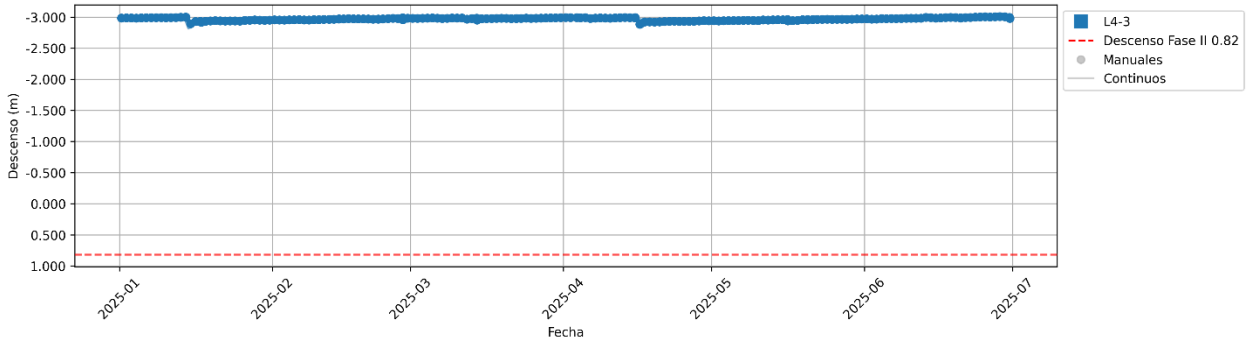
Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Alerta Temprana son los piezómetros L7-13, L2-25, L3-11, L4-3 y L9-1; para los cuales se acordó una frecuencia de medición diaria según lo establecido en el PdC. Todos los puntos cuentan con medición continua adicional.

De acuerdo con lo establecido en la evaluación ambiental del Proyecto, los pozos de monitoreo del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Alerta Temprana, poseen únicamente umbrales de activación de Fase II. Los límites se establecieron con el propósito de asegurar un descenso máximo de 1,00 m en la zona de conexión vegetación-acuífero. En efecto, el umbral de descenso para cada punto de Alerta Temprana oscila entre 0,82 y 1,25 m, ya que depende de la ubicación específica de cada indicador de estado. Este límite es calculado respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo (mayo 2007).

Los resultados del monitoreo en el período reportado de estos indicadores, que incluyen los descensos calculados, las mediciones de la ETFA y los umbrales de activación de cada indicador se muestran en la Figura 5-39, Figura 5-40, Figura 5-41 y Figura 5-42.

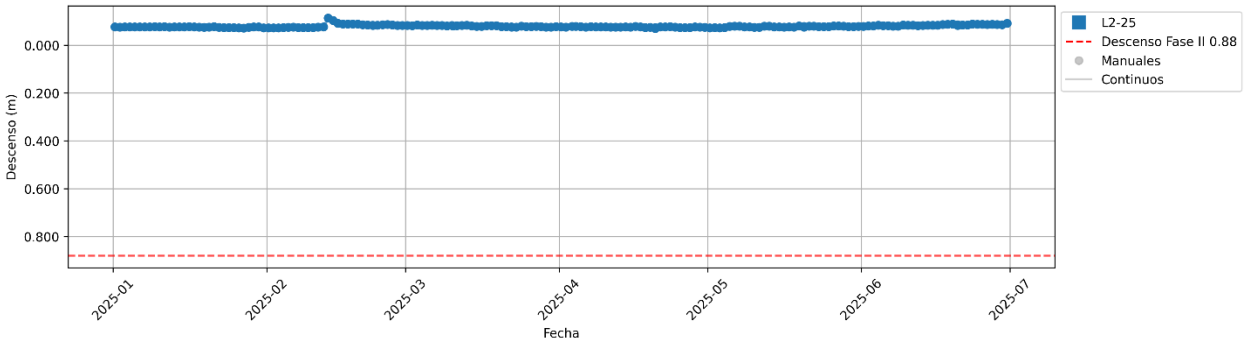
El pozo L3-11 es el único indicador de este grupo que no cuenta con mediciones diarias para este semestre, ya que se encuentra dentro de RNLF. Pese a esto, dispone de al menos 2 mediciones mensuales, realizadas tanto por SEGEA como por SQM el día que se cuenta con autorización de acceso.

Figura 5-39: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



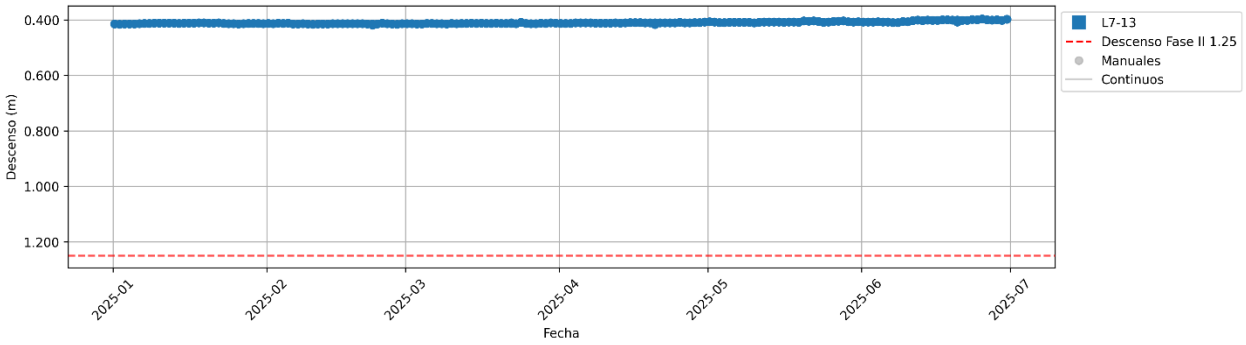
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-40: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



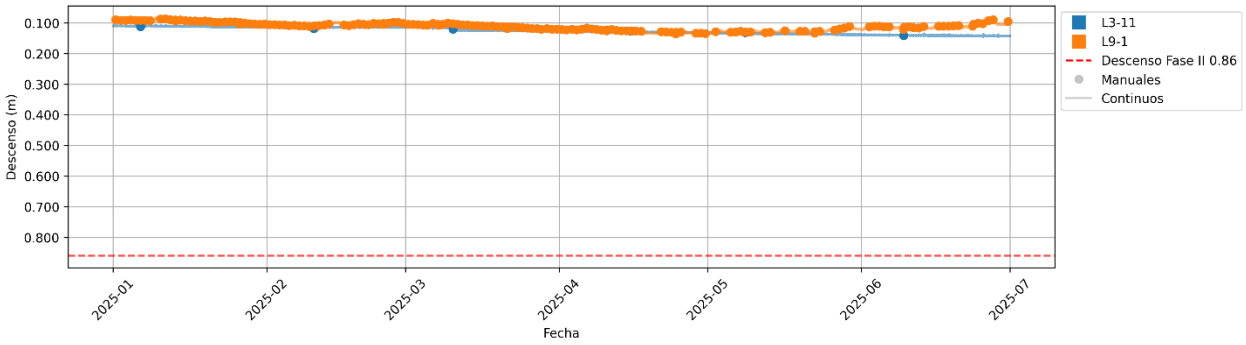
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-41: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-42: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Cabe destacar que, dada su ubicación, este indicador no sería plenamente representativo del objetivo de detección temprana establecido en el Plan de Contingencias, conforme a lo estipulado en la RCA N°226/2006. Su emplazamiento al oeste del área de afloramiento limita su capacidad de anticipar impactos provenientes de las extracciones de agua dulce industrial. Esta situación sugiere que el pozo cumple funciones de monitoreo hidrodinámico, pero no responde adecuadamente al principio de alerta temprana para el cual fue incorporado al Plan de Contingencia.

En base a la información presentada, durante el actual período, ninguno de los indicadores superó su respectivo umbral de Fase II.

5.2.6 SISTEMA PEINE

Los indicadores de estado que representan el Sistema de Peine están definidos en el marco del procedimiento administrativo Rol F-041-2016 de la SMA; como ya se ha descrito en el capítulo 4, se contemplan los indicadores de estado y umbrales de activación de Fase I y/o II definidos en el marco del PdC propuesto en el procedimiento F-041-2016, y cuyo cumplimiento fue exigido en el marco de las medidas provisionales dictadas mediante Resolución Exenta Nº1367/2020, de 6 de agosto de 2020, y renovadas a través de Resolución Exenta Nº2141/2020, de 28 de octubre de 2020, tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA Nº226/2006 (piezómetros 1028, L10-11 y L10-4), como a los piezómetros PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA Nº21/2016 del proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, del titular Albemarle (ex Rockwood)[12]. Las especificaciones y fundamentos técnicos de estos indicadores, umbrales y medidas de control aplicables al sistema Peine se presentan en los anexos 4.02, 4.03 y 4.04 del PdC propuesto a la SMA, los que se adjuntan en el Anexo 12 del presente informe.

[12] Adicionalmente, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta Nº1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Resolución Exenta Nº2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

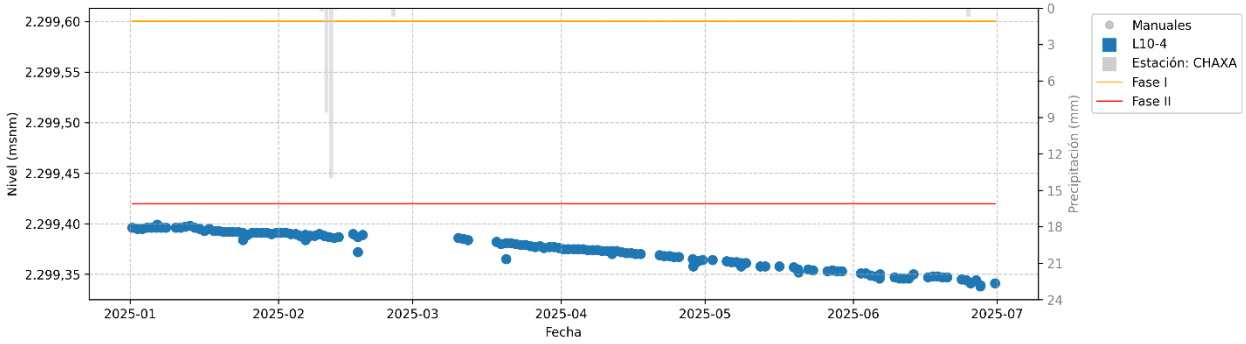
Para los piezómetros pertenecientes a SQM, el PC provisorio compromete el contraste entre las mediciones efectuadas con frecuencia diaria respecto a los umbrales establecidos en el PdC[13] para el caso de los piezómetros PN-05B y PN-08A. Si bien SQM no tiene comprometidas mediciones en estos puntos, ya que son propiedad de Albemarle, en el PdC se establece que la adopción de medidas de control se condiciona al aviso por parte de la SMA a SQM de la activación de Fase II. Según aviso recibido mediante la carta de activación GMAL 397/2024, el indicador PN-08A activó Fase II el día 15 de julio de 2024.

Los resultados del monitoreo de nivel en estos indicadores para el período reportado, que incluyen las mediciones comprometidas (diarias por SEGEA) y las complementarias (mensuales por SQM), con sus respectivos umbrales se muestran gráficamente en la Figura 5-43, Figura 5-44 y Figura 5-45.

Durante el primer semestre de 2025, los indicadores L10-4, L10-11 y 1028 mantuvieron activa la fase II. El informe evaluación de efectividad de la medida y efecto sinérgicos en Peine fue entregado en junio de 2025. A partir de junio de 2024, la reducción de caudal implementada por SQM ha contribuido a ralentizar el descenso de niveles en los pozos del sistema Peine, con una efectividad variable entre 0% y 50% hasta marzo de 2025. Aunque los efectos han sido limitados inicialmente, se espera que el impacto positivo se evidencie más claramente hacia mediados de 2026. Por otro lado, el aumento de extracciones por parte de Albemarle ha impedido una recuperación significativa de los niveles piezométricos, generando un cambio en el comportamiento del sistema debido a la redistribución de bombeos entre ambos operadores.

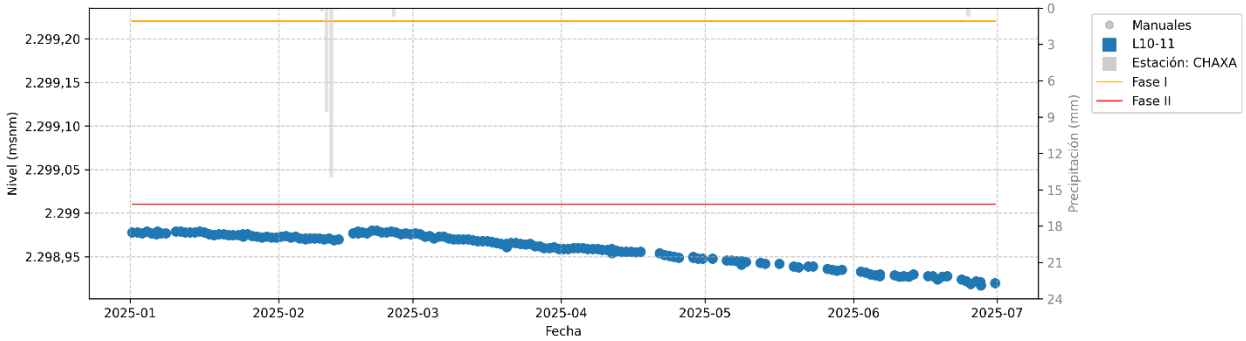
[13] Actual acción 42 (Ex acción 33): Aplicar los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto calificado mediante RCA Nº226/2006, como en los pozos PN-05B y PN-08A del sector Alerta Núcleo del Plan de Alerta Temprana del considerando 10.18 de la RCA Nº21/16, y las correspondientes medidas de control, cuando corresponda.

Figura 5-43: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine



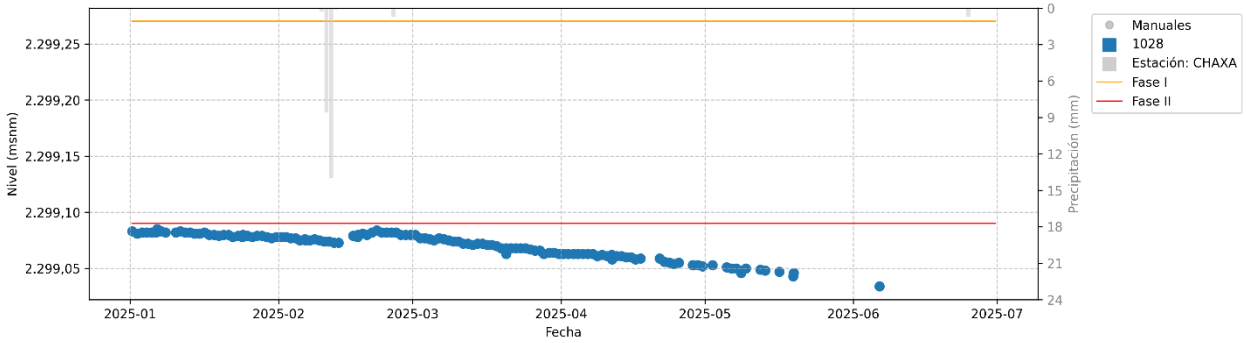
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-44: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-45: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.7 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIAS

Dentro del PC del Proyecto, SQM contempla 6 indicadores de estado adicionales correspondientes a piezómetros de control del nivel de agua/salmuera (Tabla 5-78) que complementan la red de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este. De esta manera, se vela por el resguardo de los sistemas de Vegetación del Borde Este del Salar de Atacama que son objeto de protección ambiental.

Tabla 5-78: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias

Sistema	Subsistema	Indicadores de estado adicionales
Sistema Vegetación Borde Este	Vegetación Brea-Atriplex	L7-14 L4-17 L9-2 L2-25
	Zona Alerta Temprana	L2-26 L3-15

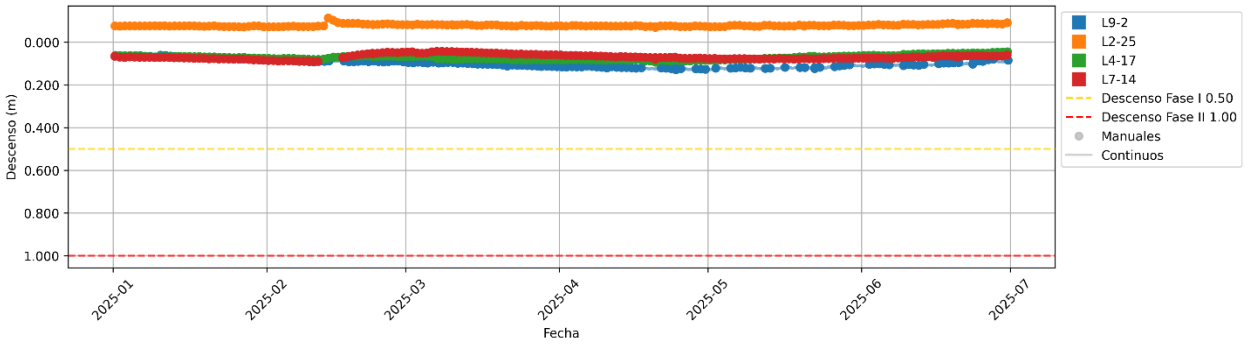
Fuente: Elaboración propia.

La definición de los umbrales para estos puntos de control se realizó bajo los mismos criterios de la RCA Nº226/2006. De esta manera, los indicadores de estado adicionales que forman parte del Subsistema Vegetación Brea-Atriplex tienen como referencia para la activación de Fase I un descenso máximo de 0,50 m, mientras que para la Fase II, el descenso máximo es de 1,00 m. Los límites anteriores están definidos respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control. Por su parte, los indicadores de estado adicionales para el Subsistema Alerta Temprana solo poseen umbrales de activación de Fase II, límites fijados con el objeto de asegurar que no se generen descensos superiores a 1,0 m en la zona de conexión vegetación-acuífero, estableciéndose umbrales de 0,78 m para el pozo L2-26 y 0,85 m para el pozo L3-15.

Los resultados del monitoreo en el período reportado en estos indicadores, que incluyen los descensos diarios, los umbrales de cada indicador y las mediciones de SQM (en forma de descenso calculado), se presentan de forma gráfica (Figura 5-46, Figura 5-47, Figura 5-48).

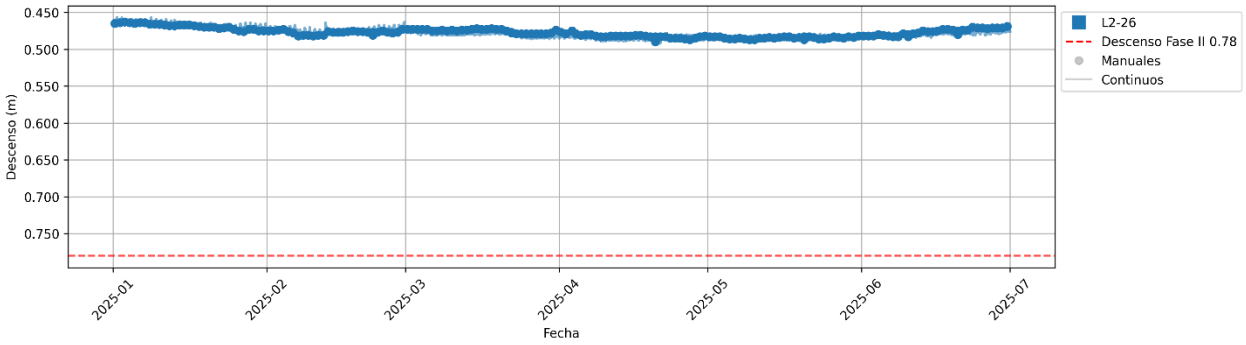
De la información presentada se concluye que, durante el período reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes. En la sección 6.1.10 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Figura 5-46: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex



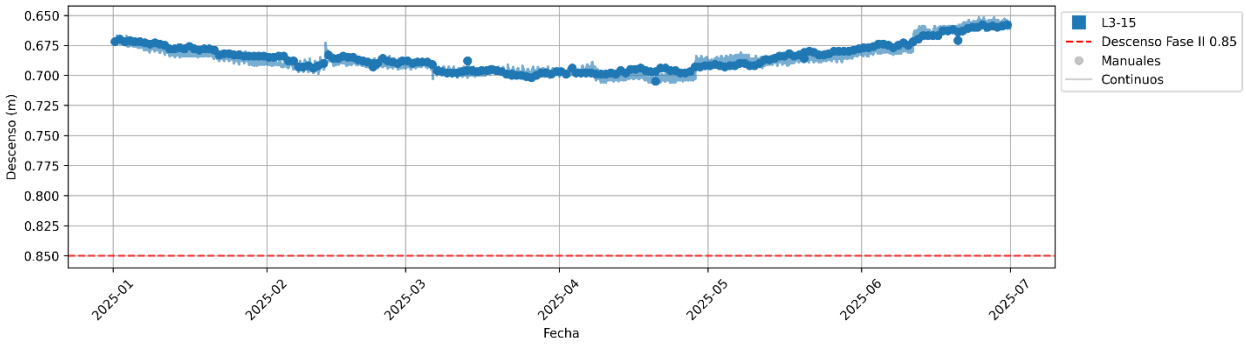
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-47: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-48: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se analizan y discuten las mediciones del PSAH, incluyendo tanto los registros obtenidos en el último semestre, como las tendencias históricas y regionales para cada uno de los sistemas ambientales. En particular, se incluye el análisis de niveles de aguas subterráneas y superficiales, superficies lacustres, caudales de extracción, calidad química, meteorología y aforos de caudal.

Primero, se analizarán todas las variables que componen el PSAH, ya que esto permite conocer la dinámica hidrogeológica general de parte del norte, borde este y sur del Salar y los posibles cambios que se estén efectuando. En un segundo apartado se profundiza el patrón de comportamiento de los indicadores asociados al Plan de Contingencia del Proyecto y de los puntos de control definidos para el Sistema Peine, en relación con el marco hidrogeológico descrito, lo que permite analizar la tendencia de los indicadores en relación con los umbrales establecidos.

6.1 ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Se analiza el comportamiento histórico de los puntos de control asociados al PSAH. Esto incluye un análisis de todas las variables reportadas en la red de monitoreo (niveles, superficies lagunares, meteorología, caudal bombeado o extracciones, calidad química y aforos) para todos los sistemas.

El objetivo principal es, primero, conocer las dinámicas hidrológicas e hidrogeológicas que se dan en los sistemas objeto de protección a nivel histórico a partir de la evaluación del comportamiento de los parámetros en el tiempo. A partir de esto, el segundo objetivo es el de poder analizar los nuevos datos medidos del presente semestre y valorar si se muestran desviaciones respecto a estas dinámicas.

Por este motivo, es necesario agrupar los puntos de control con una visión global del sistema hídrico; la división entre Sistema Soncor, Sistema Aguas de Quelana y Sistema Vegetación Borde Este, supone una dificultad al lector a la hora de entender el mecanismo de funcionamiento hidrogeológico, mediante el cual los cuerpos lagunares y canales de Soncor y la zona de lagunas difusas de Quelana reciben sus aportes y ejercen una influencia en su entorno. Por lo anterior, se propone en esta sección abordar el análisis para el sistema Soncor, por un lado, y el sistema Aguas de Quelana, por otro, tomando como dominio para ambos la zona comprendida desde el acuífero aluvial y hasta el núcleo. No obstante, se mantiene la

distinción del sistema Vegetación Borde Este para los puntos del entorno del pozo de agua industrial CA-2015. En el caso del sistema Peine no es necesario reagrupar los puntos dado que la delimitación de este sector abarca las distintas zonas del sistema: aluvial, marginal, núcleo y lagunas.

En la misma línea, para exponer este análisis global, se incluyen los niveles de los puntos que forman parte del Plan de Contingencia, dado que también integran la red PSAH, contribuyendo a fortalecer las conclusiones sobre las dinámicas que regulan los sistemas de protección.

Asimismo, se incorporan los registros provenientes de todos los puntos complementarios de medición de nivel, conforme a lo estipulado en la Resolución N°1.314. Adicionalmente, se consideran los datos obtenidos de las estaciones de monitoreo adicionales de SQM, así como cualquier medición realizada en el marco del PdC y pozos complementarios ubicados en las inmediaciones de los puntos del PSAH en los casos en que existan.

La metodología adoptada para el análisis de los niveles se basa en la aplicación de varios conceptos en hidrogeología que permite entender las dinámicas que condicionan un acuífero subterráneo y la forma en que se conecta con los cuerpos de agua superficiales. A continuación, se expone uno por uno:

i. **Estacionalidad en los niveles**: cuando los niveles están influenciados por las componentes naturales del medio (atmosféricas), suelen presentar una fuerte estacionalidad (registro de los máximos durante los meses de invierno y los mínimos en los meses de verano). Es esperable reconocer este tipo de comportamiento en medios donde hay una fuerte influencia de la evaporación o influencia de la dinámica estacional y propia de los cuerpos lagunares. Para este análisis resulta también relevante caracterizar aquellos niveles que se presentan sin evidencia de variabilidad estacional. Significa, entonces, que los niveles reflejan eventos puntuales como, por ejemplo, la respuesta directa a los eventos de precipitación y su posterior recuperación a una tendencia base.

ii. **Tendencias en los niveles**: se identifica la tendencia de descenso, ascenso o estable (ni ascenso ni descenso) para la serie promedio de los datos. En ocasiones es conveniente fijar la atención a la tendencia de los mínimos y los máximos de forma separada, ya que en estos casos los fenómenos que rigen el comportamiento de los niveles pueden ser distintos entre meses de invierno y verano.

iii. **Cálculo del descenso**: este recurso se usa en las ocasiones en que es necesario analizar el comportamiento conjunto de niveles en pozos que se encuentran a cotas piezométricas muy distantes. De esta forma, el gráfico resultante permite identificar las variaciones a una escala mucho más adecuada cuando el objetivo es, por ejemplo, comparar las pendientes de descenso entre los puntos graficados, la amplitud de la oscilación o el grado de respuesta a las precipitaciones. El cálculo del descenso se ha obtenido a partir de aplicar la siguiente expresión: $h'_t = h_{inicial} - h_t$, donde (h'_t) es el descenso en un tiempo (t), (h_t) es el nivel para el mismo tiempo (t) y ($h_{inicial}$) es un nivel inicial de referencia. A modo de unificar, cuando se requiere el cálculo del descenso en el análisis, se toma enero de 2008 como $h_{inicial}$ con el objetivo de asegurar un valor inicial para todos los pozos para la misma fecha inicial, dado que es a partir de esta fecha cuando el total de los puntos cuenta con mediciones de nivel.

iv. **Diferencias de altura piezométrica**: Se basa en el concepto de las redes de flujo, donde los niveles situados a una misma cota (m s.n.m.) constituyen las líneas equipotenciales, de esta forma, las direcciones de flujo son perpendiculares a éstas y en sentido de mayor a menor cota piezométrica.

v. **Efecto de la precipitación:** una característica que se puede identificar sobre los niveles es el efecto que les produce un evento de recarga por lluvia; permite diferenciar si el punto se ve influenciado de forma directa por la lluvia (respuesta inmediata) o bien en forma de recarga indirecta o lateral (respuesta más tardía y en ocasiones suavizada). Todos los gráficos de niveles (no dinámicos) se muestran con el registro de la estación meteorológica de Chaxa, que es la estación más representativa de la zona en la que se encuentra la red de monitoreo y los sistemas a proteger, especialmente, del sector norte del Salar. Se complementa con mediciones de precipitación de estaciones aledañas cuyo registro histórico diario se reporta desde septiembre de 2022.

La metodología de análisis de la calidad química de las aguas se enfoca principalmente en evaluar tendencias generales mediante la evolución temporal para los distintos parámetros, con el objetivo evidenciar posibles cambios en el funcionamiento de los sistemas y, en lo posible, tratar de atribuir el origen de éstos. Así mismo, se comprueba que los cambios que se observen muestren correlación entre varios parámetros fisicoquímicos y químicos, ya que resulta muy poco probable que un cambio en la

calidad del agua se produzca para un único parámetro. De forma indirecta, el análisis y la información levantada sirve también de mejora en el conocimiento del modelo conceptual del sistema que permite elaborar otros trabajos sobre la cuenca.

Para aquellos puntos con información disponible se realizan diagramas de Piper, que permiten clasificar los distintos tipos de agua en la cuenca y también evaluar si existen cambios en el registro histórico.

Los aforos se han analizado partiendo de algunos conceptos similares al de los niveles, como el efecto de los eventos de precipitación o la estacionalidad. Respecto de las variables meteorológicas, son mediciones que no pueden analizarse más allá de una descripción cualitativa y cuantitativa general ya que, para el propósito de este trabajo, los datos suponen un input de cara al análisis de los sistemas de agua. Finalmente, el caudal de los pozos de agua industrial es una variable de manejo antrópico, por el que se muestra un análisis descriptivo. Estas dos variables son más bien explicativas de posibles cambios que puedan observarse en el sistema y los objetos de protección.

Todos los gráficos temporales que se muestran en este capítulo cuentan con una franja gris que destaca el periodo que se está reportando, que en este caso es el primer semestre de 2025. Así se facilita visualmente el análisis del comportamiento medido en este periodo con respecto las tendencias históricas.

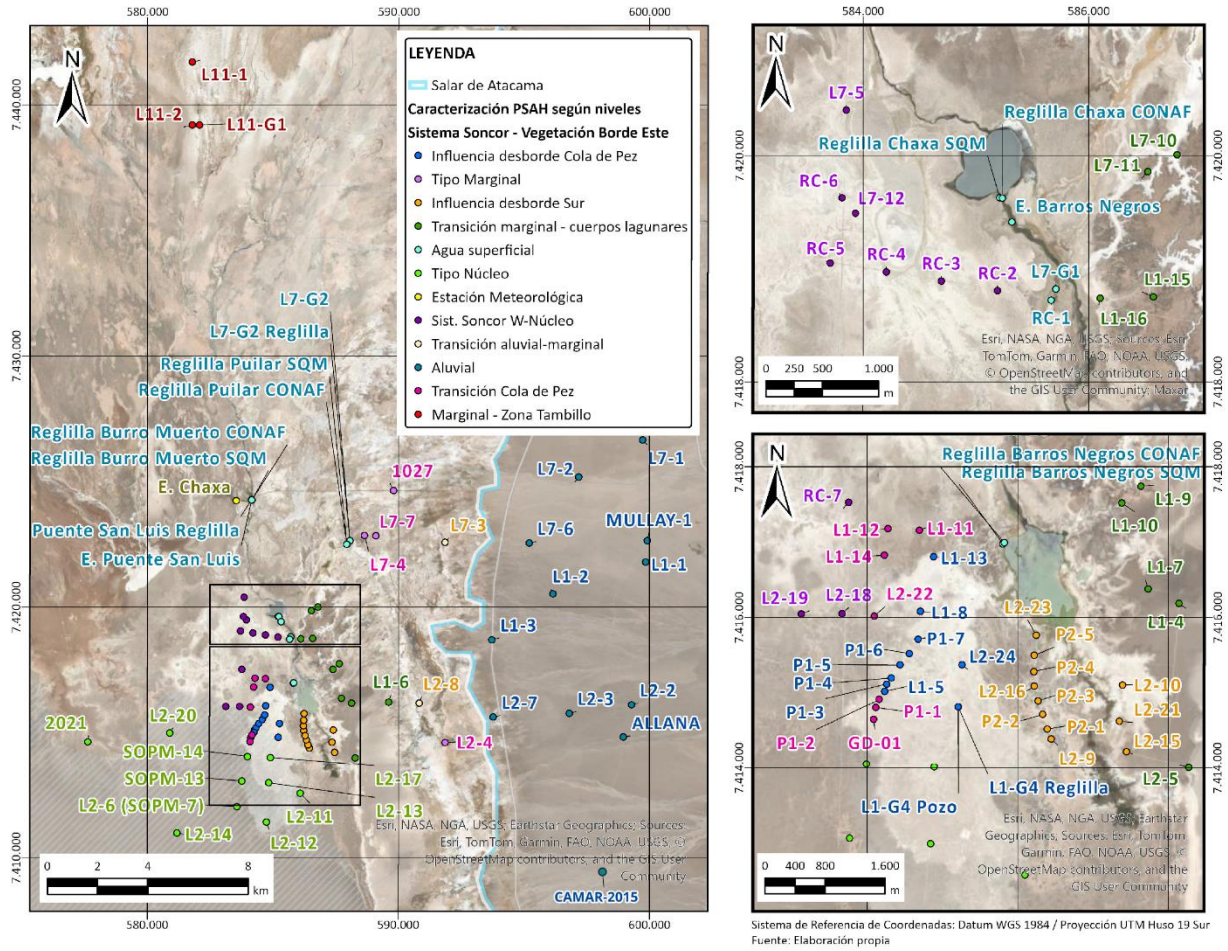
6.1.1 SISTEMA SONCOR – VEGETACIÓN BORDE ESTE

Para esta descripción se cuenta con una delimitación del sistema Soncor aproximada, en que se consideran los puntos desde el acuífero aluvial y hasta el núcleo y que incluye todo el sistema hidrológico de las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros (Figura 6-1). De esta forma los puntos que se describen en este apartado son los que la RCA Nº226/2006 engloba en el Sistema Soncor junto con los siguientes puntos pertenecientes al Sistema Vegetación Borde Este:

- **De la serie L1:** L1-3 y L1-17.
- **De la serie L2:** L2-4, L2-7, L2-12, L2-17, L2-25, L2-26.
- **De la serie L7:** L7-3, L7-6, L7-13, L7-14, L7-15.

Cabe decir para efectos del capítulo 6, desde este punto del reporte y en adelante se tratará a este sector correspondiente al Sistema Soncor – Vegetación Borde Este, dado que la delimitación del sistema Vegetación Borde Este corresponde a condicionantes en la vegetación y no a términos hidrogeológicos. Por lo que se cree más conveniente tratarlo como un único sistema para el análisis.

Figura 6-1: Infraestructura presente en el sistema Soncor – Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

6.1.1.1 Niveles de agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta un análisis de los niveles registrados en el Sistema Soncor – Vegetación Borde Este, con énfasis en la comparación entre el registro histórico respecto a las mediciones obtenidas durante el primer semestre de 2025.

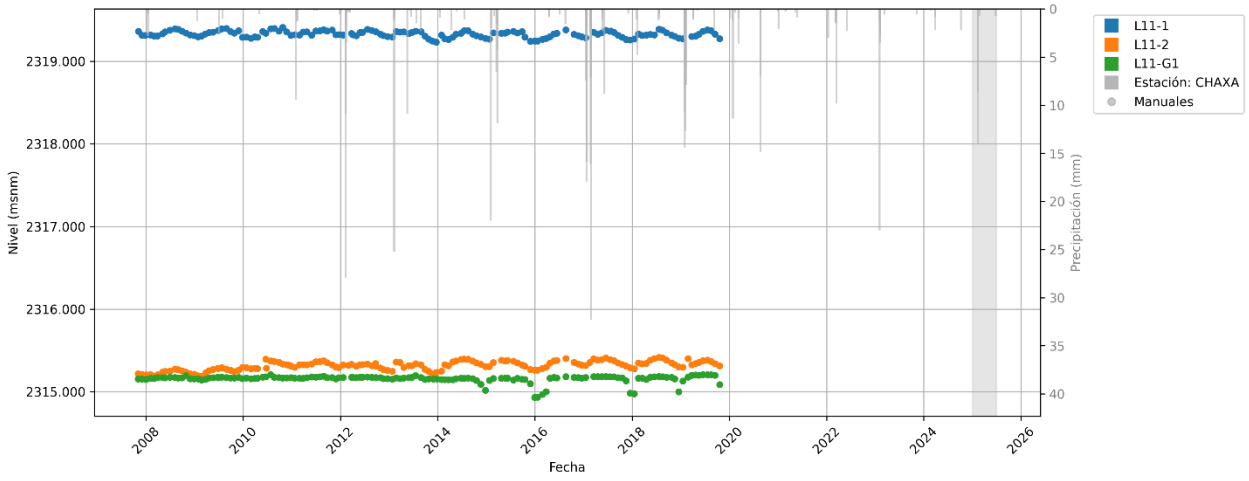
El análisis se presenta según el tipo de infraestructura: pozos de agua de industrial (nivel dinámico), reglillas de medición de cuerpos de agua superficiales o piezómetros de control. El orden de presentación es el siguiente: acuífero aluvial, zona marginal y puntos con comportamiento Tipo Núcleo.

6.1.1.1.1 Niveles en el Sector Tambillo

Al norte del Sistema Soncor, en el Sector de Tambillo, se encuentran los puntos de nivel de agua subterránea L11-1 y L11-2 y la reglilla L11-G1. En la Figura 6-2 se muestran los niveles medidos históricamente en estos puntos, mientras que en la Figura 6-3 se presentan los descensos calculados.

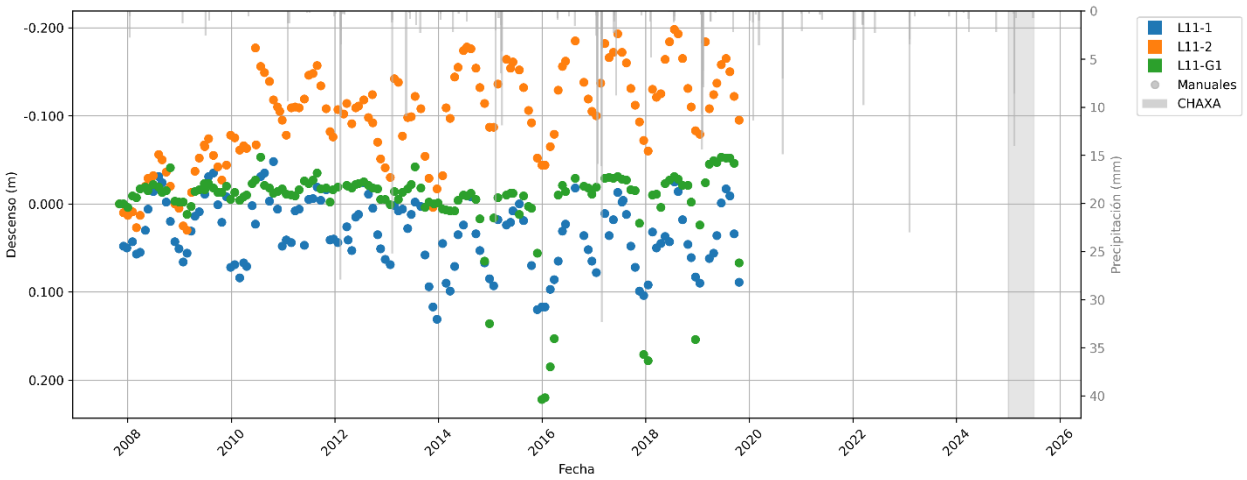
En la Figura 6-2, se observa que la cota piezométrica del punto L11-1 se encuentra aproximadamente 4 m por encima de los otros dos, lo cual se explica por su ubicación a unos 2,5 km hacia el norte. Esta diferencia sugiere la existencia de un flujo de recarga proveniente desde el norte, con una pendiente hidráulica estimada en 0,16 %.

Figura 6-2: Niveles medidos en los puntos del Sector Tambillo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-3: Descensos calculados de los puntos del Sector de Tambillo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En la Figura 6-3, evidencia un comportamiento histórico oscilante en todos los puntos, sin una correlación clara con variaciones estacionales interanuales. Durante el período con datos disponibles (hasta octubre de 2019), el punto L11-G1 mostró relativa estabilidad, con niveles mínimos en los años 2014, 2015, 2018 y 2019, y una leve tendencia al ascenso.

Por su parte, los pozos L11-1 y L11-2 presentaron variaciones similares en amplitud y patrón de oscilación desde el inicio de las mediciones hasta noviembre de 2019. Ambos evidencian una tendencia ascendente, más marcada en los niveles mínimos estacionales, la cual se mantuvo hasta la última fecha registrada (octubre de 2019).

Cabe señalar que estos tres puntos no han sido visitados desde octubre de 2019, por lo que no es posible actualizar el análisis de niveles a partir de esa fecha.

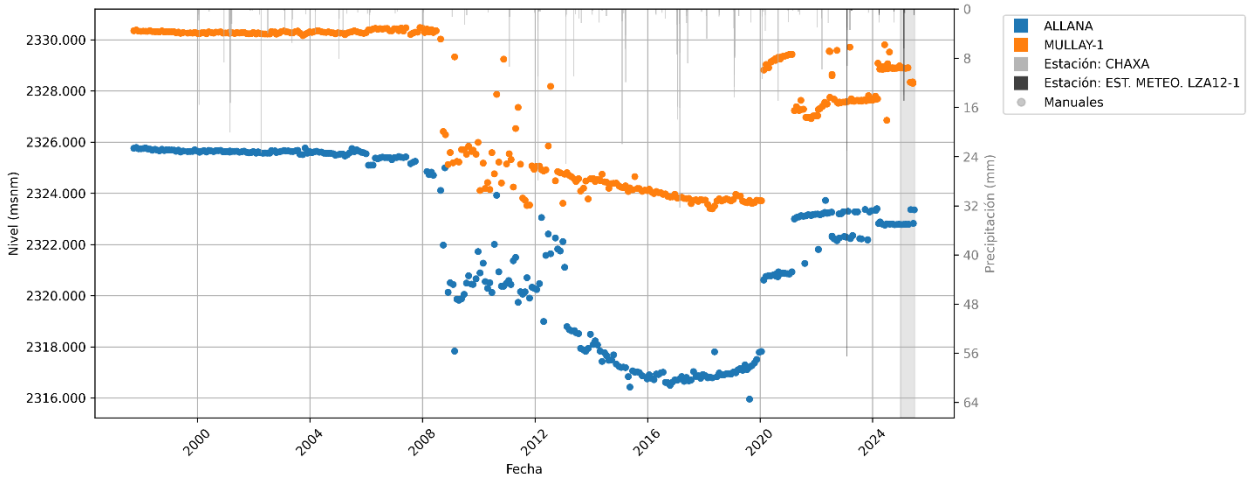
6.1.1.1.2 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

En el Sistema Soncor se encuentran los pozos de agua industrial Mullay-1 (ubicado en el extremo norte del sistema) y Allana. En la Figura 6-4 presenta los niveles históricos medidos en ambos puntos. En este caso, los niveles están influenciados por el manejo operacional de los pozos, por lo que se consideran niveles dinámicos.

En términos generales, ambos pozos mostraron descensos continuos entre 2008 y 2020. En febrero de 2020, el pozo Mullay-1 registró un ascenso de 5 m como respuesta a su detención. A partir de entonces, se observó una leve tendencia al alza, alcanzando los 2.329,43 m.s.n.m. en febrero de 2021. Tras el reinicio de su operación en marzo de 2021, con un caudal reducido a la mitad (de 40 a aproximadamente 18 L/s), se produjo un descenso de 2 m durante ese mismo mes. En el primer semestre de 2025, el caudal de extracción aumentó de 9,7 L/s en enero a 14,3 L/s en mayo, disminuyendo a 12,8 L/s en junio, lo que se tradujo en un descenso de 0,6 m en el nivel al comparar lo registrado en enero y junio.

En cuanto al pozo Allana, presentó una leve recuperación de nivel hasta 2018, sin cambios en su régimen de extracción ni en el del pozo Mullay-1, ubicado 8 km al norte. Este comportamiento ha sido asociado a la detención del pozo Camar-2 en 2018, situado 5 km al sur. En febrero de 2020, el pozo Allana redujo su caudal de extracción de 40 a aproximadamente 18 L/s, lo que generó un aumento de 4,5 m respecto a la cota registrada en enero de ese año. Posteriormente, el nivel se mantuvo estable en torno a los 2.320,85 m.s.n.m. hasta marzo de 2021, cuando cesó el bombeo. A partir de esa fecha, se observó una nueva recuperación de 2,1 m, alcanzando los 2.323,00 m.s.n.m.

Figura 6-4: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En 2022, el pozo Allana reanudó su operación con un caudal reducido (hasta 6 L/s), manteniéndose el nivel oscilante entre 2.322 y 2.323,7 m.s.n.m. Al cierre del primer semestre de 2025, se registró una

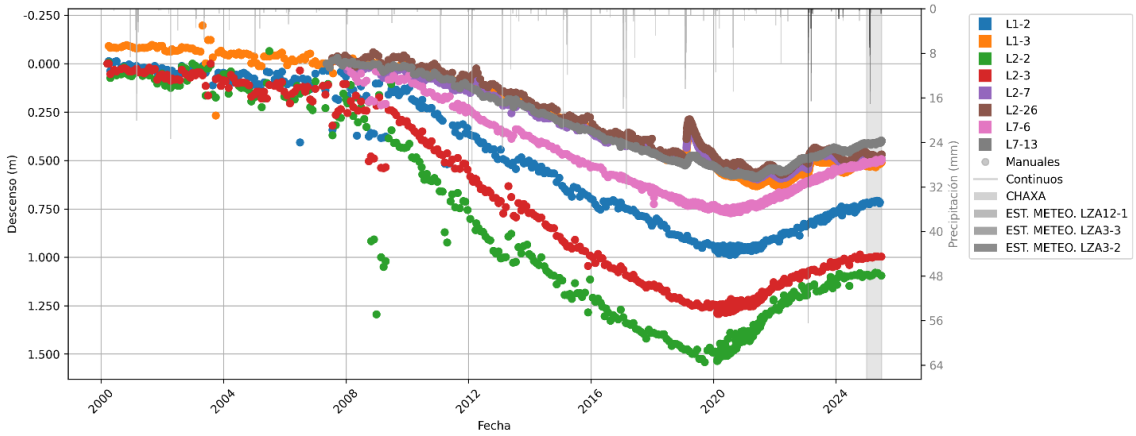
recuperación de 0,58 m al comparar los niveles de enero y junio, atribuible a la suspensión del bombeo durante mayo y junio del período evaluado.

6.1.1.1.3 Pozos en Zona Aluvial

Los pozos analizados para el Sistema Soncor se ubican en el acuífero aluvial y presentan una tendencia histórica de descenso, incluso anterior al inicio de las extracciones de agua industrial en el sector. Este comportamiento podría estar influenciado por otros factores, como el aumento en la demanda hídrica desde quebradas que recargan el acuífero, así como por desequilibrios históricos en estas cuencas endorreicas. Estudios realizados en acuíferos de la Cordillera de los Andes han determinado que los tiempos necesarios para alcanzar un nuevo equilibrio pueden variar entre 100 y 1,000 años (Boutt, y otros, 2021) e incluso entre 3,000 y 14,000 años (Urrutia, y otros, 2021) dependiendo de la técnica de análisis y de la región evaluada. Por lo tanto, se espera que, en la cuenca del Salar de Atacama, al igual que en otras cuencas altoandinas, persista una condición de balance hídrico no cerrado, dado que el acuífero aún no ha alcanzado el equilibrio.

De acuerdo con los registros disponibles desde el año 2000, el grupo de pozos del sistema muestra una tendencia descendente que podría corresponder a una etapa de transición hacia un nuevo estado de equilibrio. Estos pozos presentan diferencias de cota de hasta 20 m, con gradientes hidráulicos elevados, por lo que las variaciones de nivel se representan como descensos calculados (Figura 6-5 y Figura 6-6).

Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del Sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial

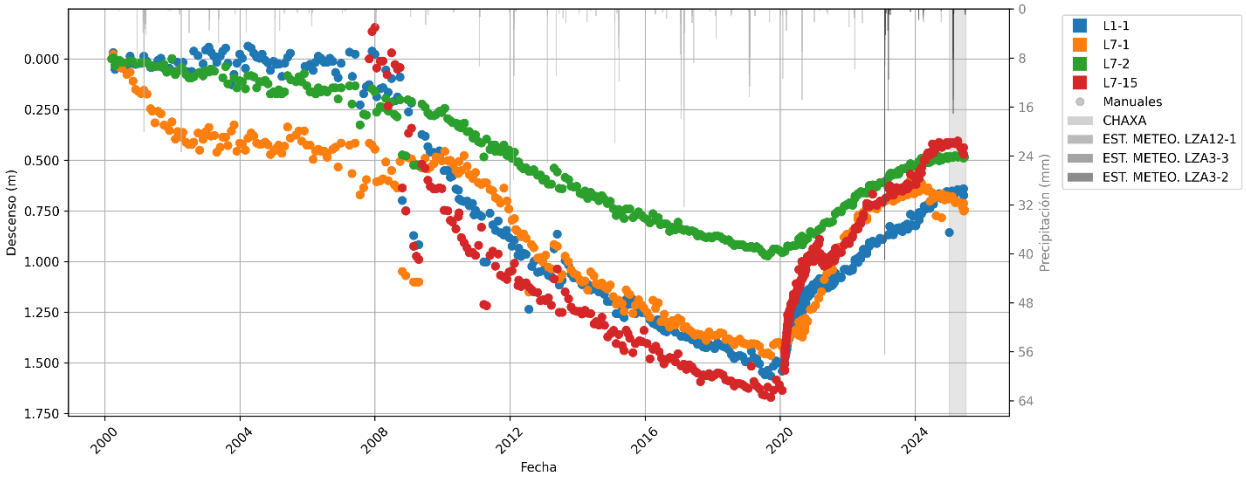


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En la Zona Aluvial, los niveles no responden de forma inmediata a las precipitaciones, salvo en los pozos L1-3, L2-7, L2-26 y L7-13, que registraron un ascenso tras las lluvias de febrero de 2019. Esta respuesta se atribuye a su ubicación somera y proximidad a la Zona Marginal. Desde el inicio del monitoreo, estos pozos mostraron una tendencia de descenso entre 3 y 5 cm/año, la cual se revirtió a partir de 2021 debido a la reducción de las extracciones en los pozos Mullay-1 y Allana. Desde entonces, han comenzado a mostrar una oscilación estacional típica de la Zona Marginal, comportamiento que se mantuvo hasta junio de 2025

Durante 2025, el grupo conformado por los pozos L1-1, L7-1 y L7-15 —ubicados más alejados de la Zona Marginal y más próximos a los pozos de bombeo— ha continuado mostrando signos de recuperación. Estos pozos, que registraron descensos de entre 6 y 12 cm/año entre 2007 y 2020, comenzaron a recuperar niveles tras la reducción de las extracciones en 2020. En particular, los pozos L7-15 y L1-1, localizados a 300 m y 850 m del pozo Mullay-1 respectivamente, registran tasas de ascenso próximas a 15 cm/año. Por su parte, el pozo L7-1, ubicado en la zona norte del sistema, evidenció una tasa de ascenso de 22 cm/año durante el periodo 2021-2023. A partir de inicios de 2024, este mismo pozo presenta una tasa de descenso de 6,6 cm/año, mientras que desde mediados de 2024 hasta el periodo de reporte, se observa una estabilización en las tasas de ascenso de los pozos L7-15 y L1-1.

Figura 6-6: Descensos calculados de los puntos del Sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial (continuación)

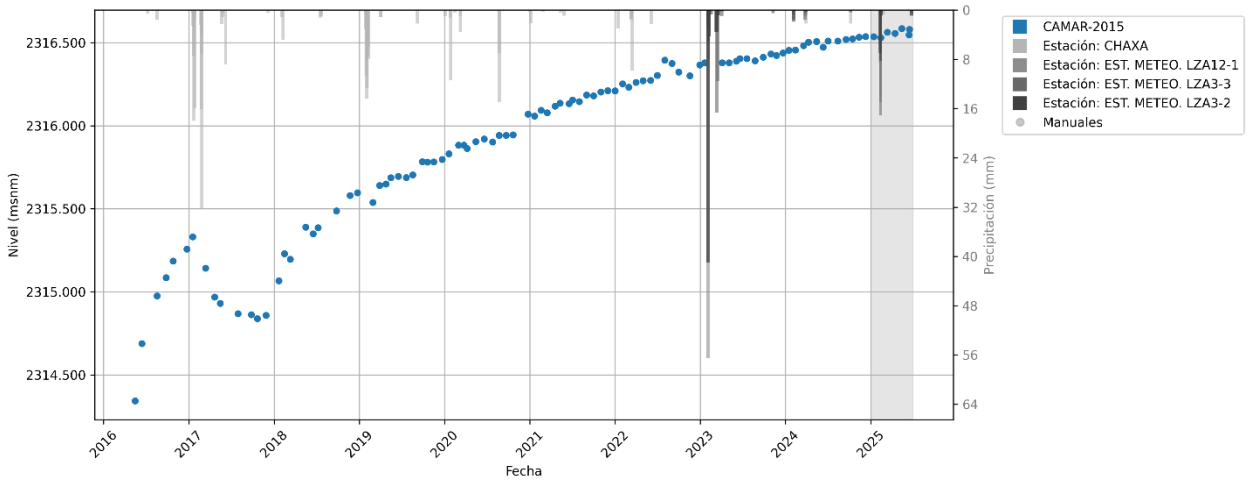


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El resto de los pozos —L7-6, L7-2, L2-3, L2-2 y L1-2— han mantenido una tendencia ascendente desde 2020, con una tasa promedio de recuperación del orden de 7 cm/año, comportamiento que se ha consolidado durante el primer semestre de 2025.

Finalmente, en la Figura 6-7 se presenta la variación de nivel histórica del pozo CAMAR-2015. Desde el 2018 se observa una tasa de ascenso cercana a 62 cm/L la cual disminuye a 18 cm/L aproximadamente entre el 2020 y 2023. Entre el 2024 y julio de 2025 la tasa de ascenso es del orden 9,1 cm/L .

Figura 6-7: Niveles medidos en el pozo CAMAR-2015



Fuente: Elaboración propia

6.1.1.1.4 Niveles de reglillas para agua superficial

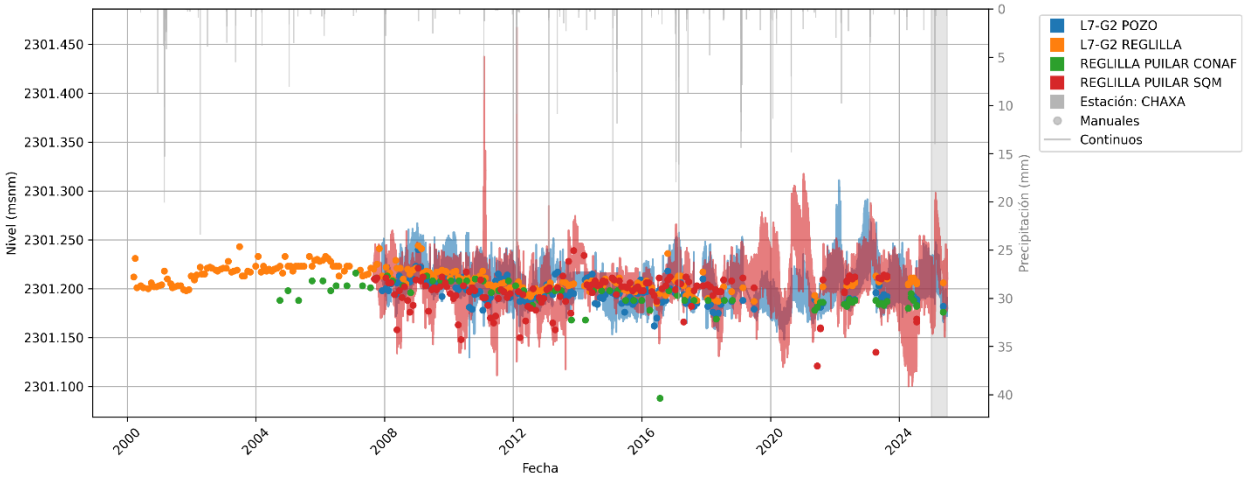
En esta sección se analizan los puntos de monitoreo que registran los niveles de cuerpos de agua superficial, en el siguiente orden: Reglilla Puilar (SQM y CONAF), L7-G2 (reglilla y pozo), Puente San Luis (reglilla y pozo), Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF), Reglilla Chaxa (SQM y CONAF) y Reglilla Barros Negros (SQM y CONAF).

Cabe señalar que, si bien el propósito original del punto L1-G4 (reglilla y pozo) era medir los niveles de cuerpos aislados de agua superficial en el entorno del desborde Cola de Pez (sector de desborde de la Laguna Barros Negros), se ha determinado que los niveles registrados corresponden al acuífero del sector (IDAEA-CSIC, 2018). Por este motivo, su análisis se incluye en la sección correspondiente a los puntos de agua subterránea de la Zona Marginal (sección 6.1.1.1.5).

Para todos los puntos mencionados, no se cuenta con registros manuales entre 2019 y 2021 debido a las restricciones de acceso impuestas por la pandemia de COVID-19. Asimismo, entre agosto de 2024 y marzo de 2024, la falta de datos se debe al cierre temporal de la reserva, lo que impidió la recopilación de información en ese período. No obstante, las mediciones continuas se mantuvieron activas durante todo dicho espacio de tiempo.

Históricamente, los niveles registrados en la Laguna Puilar —Reglilla Puilar (SQM y CONAF) y L7-G2 (reglilla y pozo)— han mostrado oscilaciones sinusoidales de largo período, con ciclos de hasta 10 años caracterizados por fases alternadas de descenso y ascenso (Figura 6-8). La amplitud de estas variaciones, medida entre máximos y mínimos, es del orden de 5 a 6 cm. Tras el mínimo registrado en 2017, se observa una tendencia general ascendente. En el caso de L7-G2, la oscilación es más marcada que en la Reglilla Puilar. Este patrón sinusoidal se asocia a los ciclos atmosféricos húmedo-seco del sistema, ya que estos puntos se encuentran próximos a la surgencia que alimenta el canal de recarga de la Laguna Puilar.

Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la Laguna Puilar

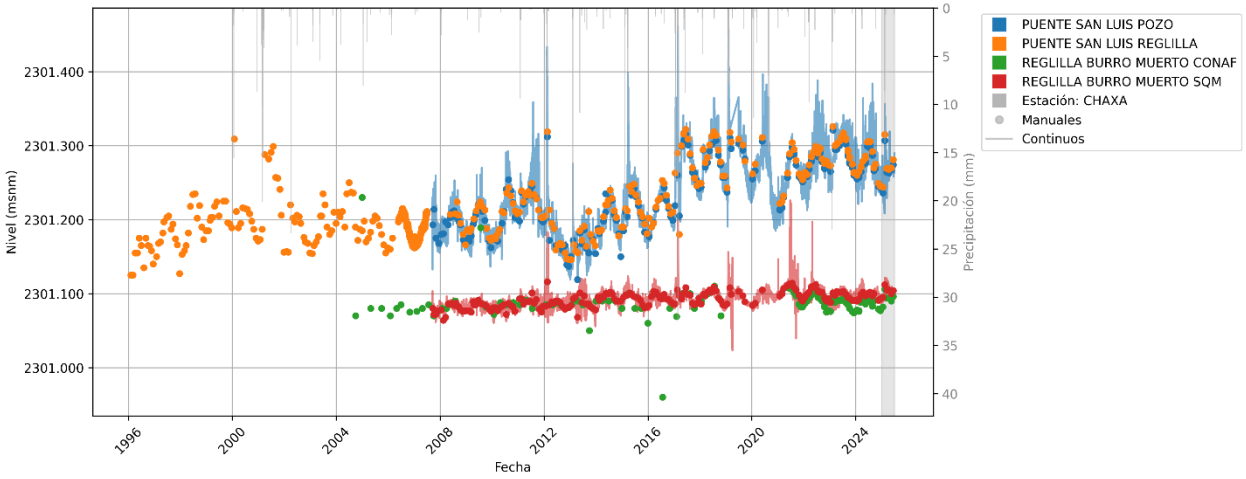


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El análisis continúa con los puntos ubicados aguas arriba del sistema que abastece a la Laguna Barros Negros. En base a los datos históricos, se ha comprobado que las mediciones de Puente San Luis (reglilla y pozo) son equivalentes, lo que también se observa en la Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF), como se muestra en la Figura 6-9. En Puente San Luis, se identifica un patrón de oscilación, con máximos en invierno

y mínimos en verano. Entre 2013 y 2017, los niveles presentaron una tendencia ascendente a una tasa aproximada de 3 cm/año, principalmente como consecuencia de la reparación del dique de represamiento del canal aforador, el cual había sufrido daños durante las precipitaciones intensas de 2012. Esto ocasionó que los niveles retornaran a valores similares a los registrados antes de 2012. Después de 2017, se registra un nuevo incremento en los niveles, atribuido al estrangulamiento artificial del canal de descarga en el Puente San Luis, realizado por personal del Centro Turístico. Las imágenes satelitales muestran una expansión en el área de represamiento, lo que indica una redistribución del flujo y posibles infiltraciones hacia el suroeste del canal, asociadas al aumento del gradiente hidráulico entre las partes norte y sur del embalse (diferencia de niveles estimada entre 15 y 20 cm). De igual manera, se observan procesos de progradación recientes del cuerpo lagunar hacia el oeste, lo que podría estar disminuyendo el flujo superficial hacia el sistema Chaxa-Barros Negros y sus áreas desbordadas.

Figura 6-9: Niveles medidos en reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los puntos de monitoreo de nivel de agua superficial correspondientes a las lagunas Chaxa y Barros Negros —Reglilla Chaxas (SQM y CONAF) y Reglilla Barros Negros (SQM y CONAF)— se ubican aguas abajo del sistema y permiten caracterizar la dinámica hidrológica de estos cuerpos de agua. La frecuencia de medición histórica ha sido mayor en los puntos operados por SQM, lo que ha facilitado la identificación de tendencias (En el caso de la Reglilla Chaxas SQM, previo a 2017 se observó un patrón oscilatorio estacional con una amplitud aproximada de 6 cm y una leve tendencia descendente, más evidente en los mínimos

estacionales (Figura 6-10). Entre 2017 y 2023, los niveles se mantuvieron relativamente estables dentro de este patrón, con amplitudes máximas de hasta 10 cm. Sin embargo, durante el 2024 se registraron dos mínimos históricos, 5 cm por debajo de los valores mínimos previos.

Por su parte, la Reglilla Barros Negros también presenta un patrón oscilatorio estacional, con amplitudes que varían entre 5 y 8 cm. Antes de 2019, el nivel promedio se situaba en torno a los 2.300,03 m s.n.m., a junio de 2025, la cota registrada en la Reglilla Barros Negros CONAF (medición manual) es de 2.299,895 m s.n.m, lo que representa una tasa de descenso de 2,5 cm/año aproximadamente. Este comportamiento podría estar relacionado con la expansión de la superficie lacustre hacia el Desborde Sur, observada en los últimos años, lo cual es consistente con la dinámica natural de los sistemas lagunares.

Durante el primer semestre de 2025 en ambas reglillas se identificó una respuesta ante las precipitaciones registradas en febrero, así como un incremento en el nivel característico de un ascenso estacional en invierno, manteniéndose dentro del rango de variabilidad esperada.

Los registros de nivel en las reglillas Chaxas y Barros Negros presentan vacíos debido a diferentes restricciones, lo que ha limitado la continuidad de las mediciones y, por tanto, la caracterización del comportamiento hidrológico. A pesar de estas restricciones, las mediciones más recientes indican que ambos cuerpos de agua se mantienen dentro del rango de variabilidad histórica, lo que sugiere estabilidad en su comportamiento durante el período evaluado.

Figura 6-10).

En el caso de la Reglilla Chaxas SQM, previo a 2017 se observó un patrón oscilatorio estacional con una amplitud aproximada de 6 cm y una leve tendencia descendente, más evidente en los mínimos estacionales (Figura 6-10). Entre 2017 y 2023, los niveles se mantuvieron relativamente estables dentro de este patrón, con amplitudes máximas de hasta 10 cm. Sin embargo, durante el 2024 se registraron dos mínimos históricos, 5 cm por debajo de los valores mínimos previos.

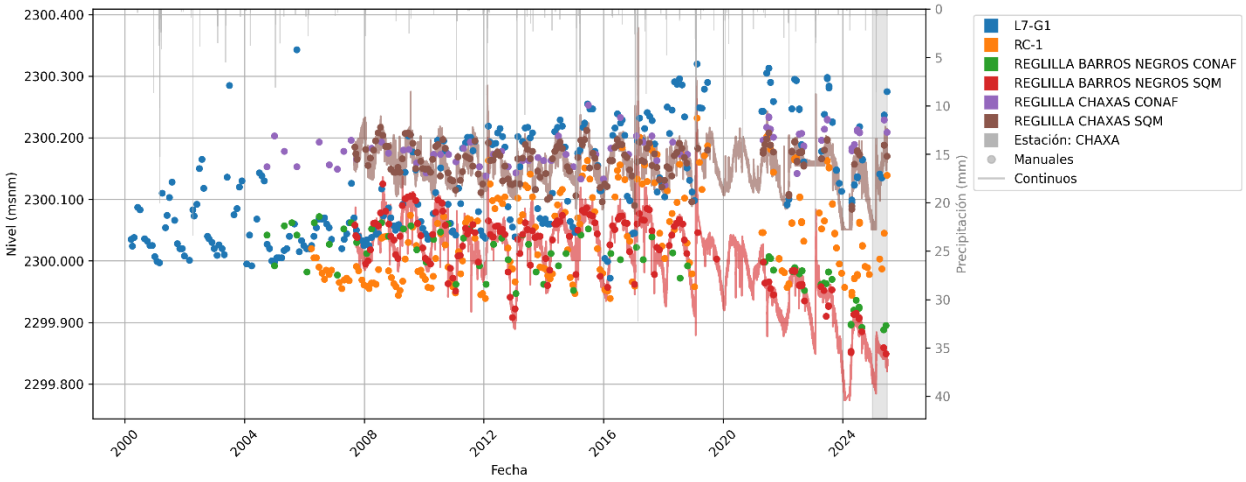
Por su parte, la Reglilla Barros Negros también presenta un patrón oscilatorio estacional, con amplitudes que varían entre 5 y 8 cm. Antes de 2019, el nivel promedio se situaba en torno a los 2.300,03 m s.n.m., a junio de 2025, la cota registrada en la Reglilla Barros Negros CONAF (medición manual) es de 2.299,895 m

s.n.m, lo que representa una tasa de descenso de 2,5 cm/año aproximadamente. Este comportamiento podría estar relacionado con la expansión de la superficie lacustre hacia el Desborde Sur, observada en los últimos años, lo cual es consistente con la dinámica natural de los sistemas lagunares.

Durante el primer semestre de 2025 en ambas reglillas se identificó una respuesta ante las precipitaciones registradas en febrero, así como un incremento en el nivel característico de un ascenso estacional en invierno, manteniéndose dentro del rango de variabilidad esperada.

Los registros de nivel en las reglillas Chaxas y Barros Negros presentan vacíos debido a diferentes restricciones, lo que ha limitado la continuidad de las mediciones y, por tanto, la caracterización del comportamiento hidrológico. A pesar de estas restricciones, las mediciones más recientes indican que ambos cuerpos de agua se mantienen dentro del rango de variabilidad histórica, lo que sugiere estabilidad en su comportamiento durante el período evaluado.

Figura 6-10: Niveles medidos en reglillas que se encuentran entre la Laguna de Chaxa y Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Adicionalmente, se analizaron los niveles registrados en el canal de Burro Muerto, el cual conecta las lagunas Chaxa y Barros Negros, fluyendo desde el norte a través del sector del Puente San Luis. En este tramo se encuentran los puntos de monitoreo L7-G1, Chaxas y Barros Negros, los cuales permiten complementar la caracterización hidrológica del sistema. En el análisis se incluye también el punto RC-1, originalmente diseñado para medir el acuífero en esa zona, pero que ha mostrado niveles correlativos con

las reglillas vecinas (Figura 6-10). Este último será abordado en mayor detalle en el apartado correspondiente a los pozos de la Zona Marginal (sección 6.1.1.1.5).

Del análisis conjunto se desprenden las siguientes observaciones:

- Actualmente, existe una diferencia de nivel de aproximadamente 34 cm entre las lagunas Chaxa y Barros Negros al comparar las mediciones de nivel manual en mayo de 2025, atribuible al descenso registrado en esta última. Hasta 2019, dicha diferencia era cercana a los 10 cm, lo que podría demostrar un aumento en el gradiente hidráulico entre ambos cuerpos lagunares.
- El punto L7-G1, ubicado entre ambas lagunas, presenta una oscilación estacional contra cíclica con el potencial evaporativo asociada a la recarga directa, con máximos que superan en unos 6,6 cm los niveles registrados en Chaxa. Morfológicamente, es posible visualizar que esta recarga directa tiene misma dirección que derrames canalizados desde el este de Canal Burro Muerto, lo que sustenta la hipótesis del origen de esta entrada.
- Los niveles en RC-1 y L7-G1 mostraron una tendencia ascendente hasta 2019, posiblemente asociada a la influencia de canalizaciones provenientes del este por exceso de entradas por precipitaciones. A partir de ese año, RC-1 comenzó a descender, mientras que L7-G1 se estabilizó. Esta divergencia ha incrementado las diferencias de nivel en el sector, contrastando con el comportamiento previo, en el que dichas diferencias eran mínimas o inexistentes.

6.1.1.1.5 Pozos en Zona Marginal

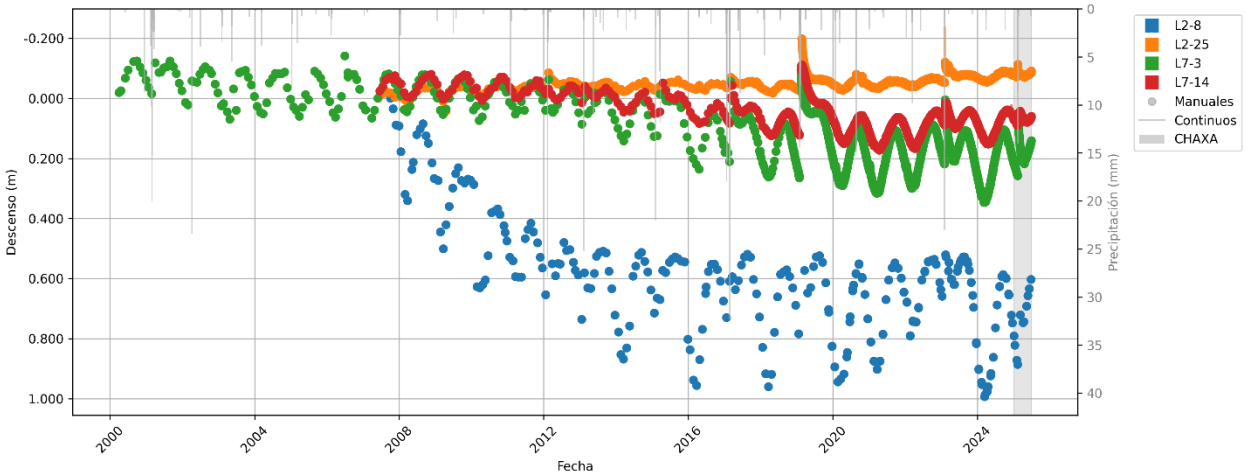
En esta sección se analiza el comportamiento de los puntos ubicados en la Zona Marginal del Sistema Soncor, caracterizada por una alta variabilidad hidrogeológica que genera variaciones locales en los niveles freáticos observados. Al este se identifica un afloramiento de agua asociado a la interfaz salina, mientras que en la zona central se encuentra el sistema lagunar compuesto por la Laguna Chaxa, el Canal Burro Muerto, la Laguna Barros Negros y sus desbordes (Desborde Sur y Cola de Pez).

En términos generales, los pozos presentan oscilaciones relacionadas con los ciclos estacionales de evaporación y descensos en los niveles producto principalmente del bombeo de agua y disminución de la recarga, con una marcada influencia de las precipitaciones, las cuales provocan aumentos instantáneos y

posterior recuperación. No obstante, algunos puntos muestran ascensos sostenidos en la cota piezométrica durante varios años, lo que evidencia procesos hidrogeológicos específicos en sectores locales.

Los puntos L2-8, L2-25, L7-3 y L7-14, cercanos al acuífero aluvial, presentan un comportamiento transicional entre este y la Zona Marginal. Este grupo evidencia tendencias de descenso típicas del acuífero aluvial, combinadas con oscilaciones estacionales propias de la Zona Marginal.

Figura 6-11: Descensos calculados en pozos ubicados en Zona Marginal más cercanos al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Para interpretar adecuadamente estos descensos, se describe la ubicación de los puntos respecto a los pozos de extracción. Los puntos L7-3 y L7-14 se localizan 3.5 km al este del subsistema Puilar, al oeste aproximadamente 8 km del pozo Mullay-1; el punto L2-8 se encuentra al sur de las Vegas de Carvajal; y el L2-25 se alinea con el pozo Allana, este último ubicado 6.5 km al este. Como se observa en la En esta sección se analiza el comportamiento de los puntos ubicados en la Zona Marginal del Sistema Soncor, caracterizada por una alta variabilidad hidrogeológica que genera variaciones locales en los niveles freáticos observados. Al este se identifica un afloramiento de agua asociado a la interfaz salina, mientras que en la zona central se encuentra el sistema lagunar compuesto por la Laguna Chaxa, el Canal Burro Muerto, la Laguna Barros Negros y sus desbordes (Desborde Sur y Cola de Pez).

En términos generales, los pozos presentan oscilaciones relacionadas con los ciclos estacionales de evaporación y descensos en los niveles producto principalmente del bombeo de agua y disminución de la recarga, con una marcada influencia de las precipitaciones, las cuales provocan aumentos instantáneos y posterior recuperación. No obstante, algunos puntos muestran ascensos sostenidos en la cota piezométrica durante varios años, lo que evidencia procesos hidrogeológicos específicos en sectores locales.

Los puntos L2-8, L2-25, L7-3 y L7-14, cercanos al acuífero aluvial, presentan un comportamiento transicional entre este y la Zona Marginal. Este grupo evidencia tendencias de descenso típicas del acuífero aluvial, combinadas con oscilaciones estacionales propias de la Zona Marginal.

Figura 6-11, la magnitud del descenso no guarda una relación directa con la distancia a los pozos, lo que refleja otras causas para su explicación, como puede ser una alta heterogeneidad litológica y, por ende, un amplio rango de conductividades hidráulicas en la zona.

Dentro de este grupo, el punto L2-8 muestra el mayor efecto asociado a la extracción, con un descenso continuo entre 2008 y 2016 a una tasa promedio de 6,5 cm/año. Desde 2016 hasta 2025, el nivel se ha estabilizado dentro de un patrón estacional, este fenómeno no se correlaciona directamente con la operación de los pozos Mullay-1 y Allana, por lo que este podría estar respondiendo a comportamientos de recarga más regional. El pozo registró un ascenso de nivel producto de las lluvias en febrero de 2025, mostrando una respuesta similar a la observada con las precipitaciones de 2023.

Por su parte, los puntos L7-3 y L7-14 mantuvieron un patrón estacional oscilatorio con una tasa de descenso de aproximadamente 3 cm/año hasta 2021. A partir de ese año, la tasa disminuyó a un promedio de 1,5 cm/año hasta el mediados de 2025, probablemente en respuesta a la reducción de extracciones en pozos de agua industrial (e.j Mullay-1). Durante el primer semestre de 2025 se observa un incremento en los niveles producto de las lluvias en febrero, con similar respuesta que evento de febrero del año 2023.

Finalmente, el punto L2-25 presenta un comportamiento ascendente sostenido, con una tasa promedio de 1,5 cm/año entre 2018 y 2025 siendo el único punto de la Zona Marginal con esta tendencia. El pozo también registró un aumento de nivel posterior a las precipitaciones de febrero, similar, pero de menor magnitud a la observada el 2023.

El siguiente grupo de pozos analizados se distribuye de norte a sur en al este del afloramiento de la interfaz salina en superficie, mostrando un comportamiento característico de la Zona Marginal. Este grupo está compuesto por los puntos 1027 (al noreste de la laguna Puilar), L7-4 y L7-7 (al este de la laguna Puilar), L1-17 (sobre las vegas de Carvajal) y L2-4 (más al sur, próximo al sistema Aguas de Quelana). En general, presentan una marcada estacionalidad (máximos en torno a septiembre-octubre y mínimos en meses de marzo-abril) y tasas de descenso cercanas a cero, aunque con niveles mínimos de menor magnitud (por ejemplo L1-17 en años 2020, 2021, 2022 y 2024).

En la El punto L1-17 es el único del grupo que muestra una tendencia general al descenso en sus mínimos estacionales. Esta tendencia fue evidente hasta 2021, año a partir del cual los mínimos comenzaron a estabilizarse durante tres años consecutivos. Este cambio se acompañó de un aumento en la amplitud de oscilación, que pasó de un promedio de 20 cm (2008–2019) a un máximo de 58 cm en 2020 y 2024. Actualmente, el indicador no se encuentra activo, ya que los niveles se recuperaron tras el mínimo de marzo de 2024. Este aumento de oscilación y descenso de los mínimos podrían estar asociados a la operación de los pozos Mullay-1 y Allana, sin descartar posibles variaciones en las recargas regionales.

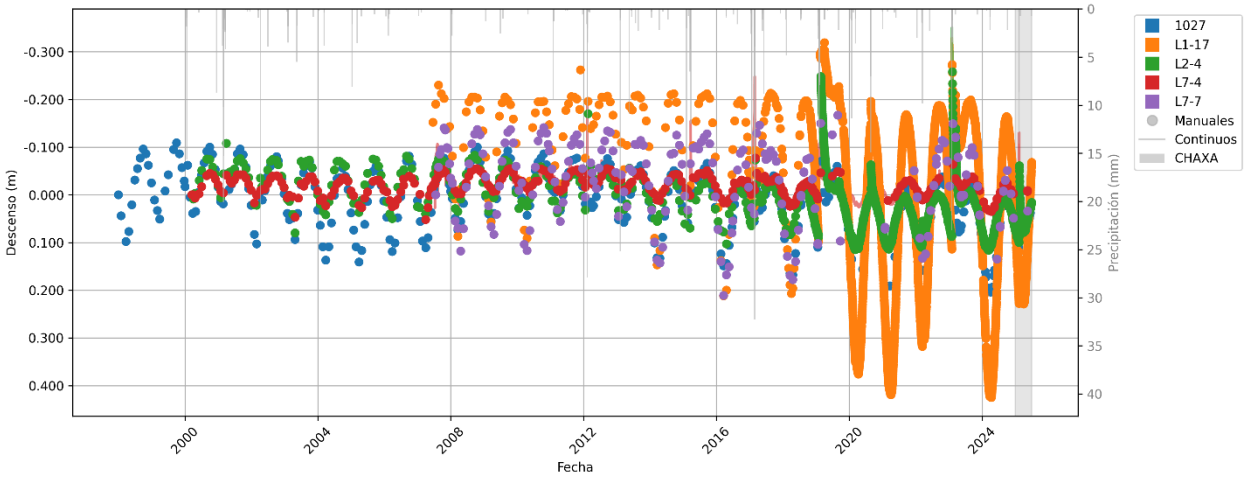
Figura 6-12 el punto L7-4 destaca por su baja amplitud de oscilación estacional, con variaciones de hasta 2,5 cm entre máximos y mínimos. Al igual que otros puntos en la RNLF, no fue medido entre septiembre de 2019 y marzo de 2021, ni durante los períodos de nidificación por el cierre de la reserva. No obstante, las mediciones disponibles indican que hasta el primer semestre de 2025 los niveles se mantienen dentro del rango histórico.

El pozo L7-7, ubicado a menos de 500 metros del L7-4, presenta un comportamiento similar, aunque con mayor amplitud de oscilación. Entre 2008 y 2018, esta alcanzó hasta 34 cm. Actualmente, sus niveles continúan estables dentro de ese rango. Lo anterior, puede ser explicado por diferencias litológicas observable en imágenes satelitales

El punto L1-17 es el único del grupo que muestra una tendencia general al descenso en sus mínimos estacionales. Esta tendencia fue evidente hasta 2021, año a partir del cual los mínimos comenzaron a estabilizarse durante tres años consecutivos. Este cambio se acompañó de un aumento en la amplitud de oscilación, que pasó de un promedio de 20 cm (2008–2019) a un máximo de 58 cm en 2020 y 2024.

Actualmente, el indicador no se encuentra activo, ya que los niveles se recuperaron tras el mínimo de marzo de 2024. Este aumento de oscilación y descenso de los mínimos podrían estar asociados a la operación de los pozos Mullay-1 y Allana, sin descartar posibles variaciones en las recargas regionales.

Figura 6-12: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Por su parte, el punto L2-4, ubicado en el extremo sur de las vegas de Carvajal (aguas abajo del L2-25, que presenta tendencia ascendente), ha mantenido una oscilación estable. Se registraron máximos históricos a inicios de 2019 y 2023, asociados a eventos de precipitación. Su comportamiento ha variado a lo largo del tiempo: entre 2007 y 2010 los niveles se mantuvieron estables; entre 2011 y 2019 se observó un descenso progresivo con una tasa promedio de 1 cm/año; y desde 2019 hasta junio de 2025 no se ha identificado una tendencia clara, manteniéndose dentro del rango de variabilidad natural del sistema.

Finalmente, el punto 1027 ha mantenido una amplitud estacional constante de aproximadamente 2 cm desde el inicio de su monitoreo en 1998. Desde 2010, presenta una leve tendencia descendente del orden de 6 mm/año, con mínimos estacionales sucesivos.

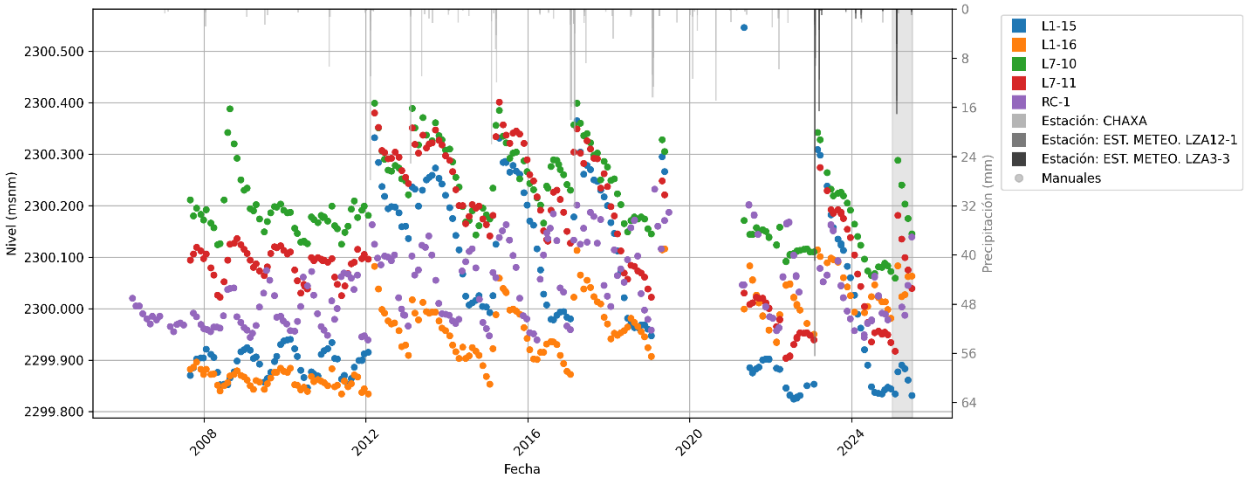
En términos generales, los valores mínimos estacionales se asocian a la ausencia de precipitaciones en determinados años. En años secos como 2008, 2009, 2010, 2014, 2016 y 2018 se registraron niveles más bajos y oscilaciones de mayor amplitud. En particular, los mínimos históricos del L1-17 ocurrieron en los

años secos 2016 y 2018, mientras que los mínimos recientes han sucedido con posterioridad al año 2019, en años donde no han ocurrido eventos monzónicos relevantes.

Este grupo de pozos se ubica al este del sistema Chaxa–Barros Negros y al oeste de la interfaz salina. Su distribución de norte a sur incluye los puntos L7-10, L7-11, L1-15 y L1-16 (Figura 6-13), L1-9 y L1-10 (Figura 6-14), y finalmente L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 (Figura 6-15). Aunque se localizan sobre costras eflorescentes sulfatadas, estos pozos no presentan una estacionalidad marcada como otros en la Zona Marginal, lo que sugiere un comportamiento más cercano al tipo Núcleo. Esta interpretación es respaldada por la información química, fisicoquímica, geológica e hidrogeológica disponible.

Los puntos L1-16 y L1-15 se encuentran a 180 m y 500 m, respectivamente, del canal Burro Muerto hacia el borde este. Durante el periodo seco 2007–2011, ambos mantuvieron niveles similares (Figura 6-13). Sin embargo, el punto L1-15 mostró mayor sensibilidad a las precipitaciones, con aumentos más notorios en años lluviosos. Entre 2012 y 2018, los niveles en L1-15 ascendieron significativamente, superando en promedio en 20 cm a los de L1-16. A pesar de esta respuesta a las lluvias, L1-15 presenta una tendencia general de descenso de 4 mm/año, con mínimos estacionales cada vez más bajos desde 2013 hasta principios 2023. En contraste, L1-16 ha mostrado un ascenso sostenido desde ese mismo año, con una tasa de 1 cm/año, superando los niveles de L1-15 desde 2021 hasta la fecha.

Figura 6-13: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15, L1-16, L7-10 y L7-11)



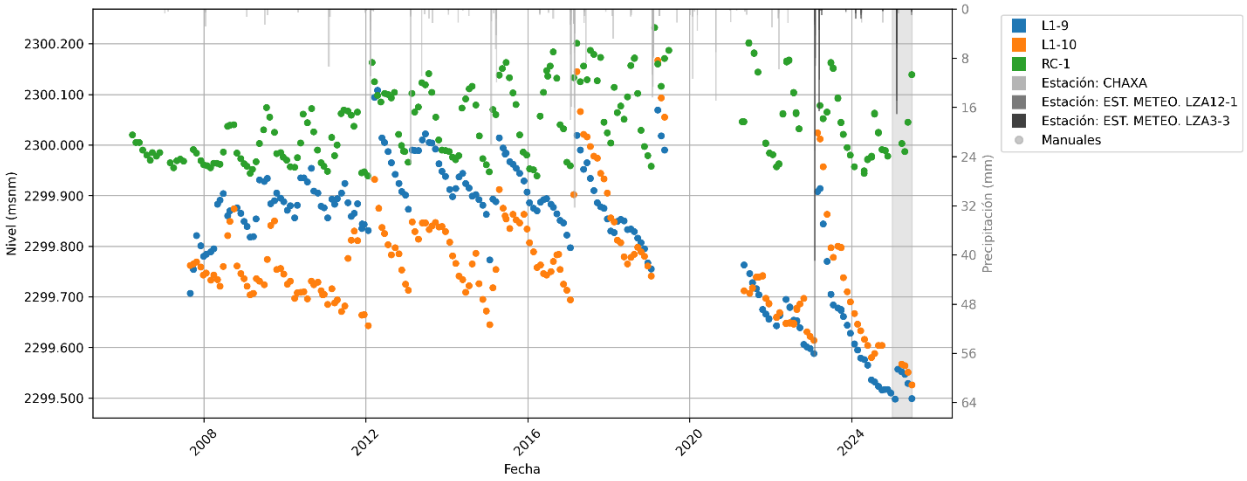
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Estos antecedentes sugieren que eventos extremos de precipitación o sequías prolongadas pueden modificar los patrones de comportamiento observados en los primeros años de monitoreo del PSAH.

Los puntos L7-10 y L7-11, ubicados a más de 1 km del canal Burro Muerto, presentan un comportamiento similar al del punto L1-15, caracterizado por una respuesta inmediata ante eventos de precipitación y una tendencia descendente con pendiente estable (Figura 6-13). Entre 2012 y junio de 2025, se registraron tasas de descenso de aproximadamente 1 cm/año en el L7-10 y 1,4 cm/año en el L7-11.

Por otro lado, los puntos L1-9 y L1-10 se localizan a aproximadamente 1 km al noreste del cuerpo principal de Barros Negros. Sus niveles se analizan junto al punto RC-1 en la Figura 6-14. Los tres puntos muestran una respuesta clara a los eventos de precipitación a lo largo de todo el período de registro.

Figura 6-14: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El punto L1-9 presentó una tendencia general de ascenso entre 2007 y 2010, la cual se revirtió en 2012, iniciando un descenso sostenido con una tasa de 3,3 cm/año. Esta tendencia se mantuvo a pesar de las respuestas positivas a eventos de precipitación en 2017, 2019 y 2023, ubicándose actualmente por debajo de los niveles del L1-10. Este último también muestra una tendencia descendente, con una tasa promedio de 3,1 cm/año desde 2017 hasta junio de 2025. Tanto L1-9 como L1-10 han manifestado un cambio en su comportamiento, pasando de una tendencia estable similar a zona marginal, a un comportamiento tipo

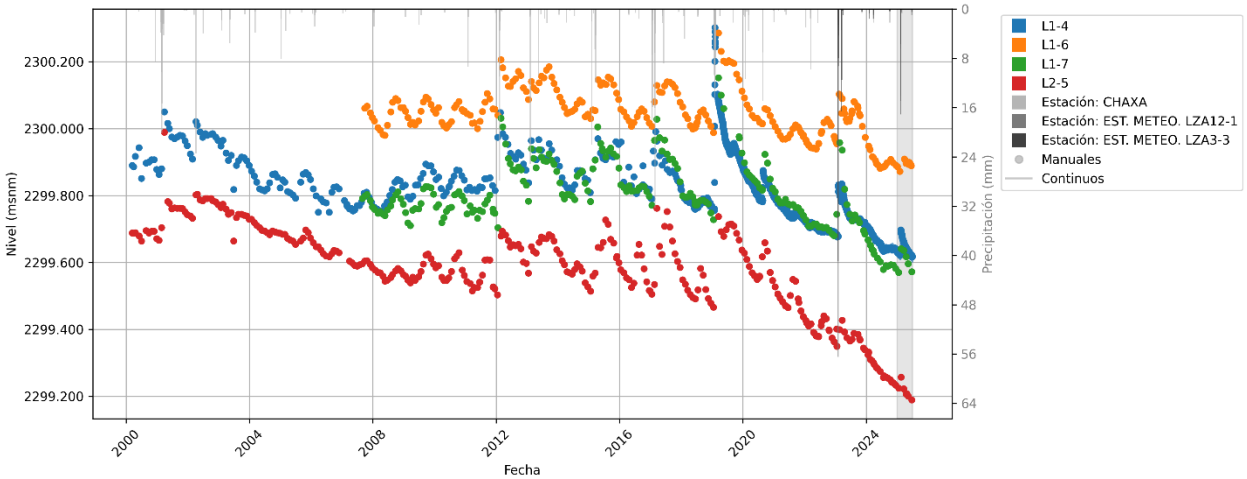
núcleo marcado por respuestas a eventos de precipitación y posterior descenso de niveles. Una hipótesis plausible para explicar este cambio de patrón podría ser una mayor disolución de costra adyacente y subsuperficial de pozos por recargas canalizadas desde el afloramiento de la interfaz aguas arriba.

Al igual que en los grupos previamente analizados, los puntos L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 evidencian un cambio en su comportamiento a partir de 2012, manifestado en un aumento en la amplitud de las fluctuaciones estacionales de nivel (Figura 6-15). Este cambio podría estar asociado a las intensas precipitaciones ocurridas posterior al 2012, las cuales habrían modificado localmente la morfología y/o geología del sitio.

Posteriormente, a partir de febrero de 2019, las oscilaciones se redujeron, aunque continuaron mostrando respuestas inmediatas a eventos de lluvia, caracterizadas por picos de ascenso seguidos de descensos rápidos hacia un nivel base. Este patrón ha derivado en una tendencia de descenso más acentuada (patrón más parecido a “tipo núcleo”), la cual se ha mantenido hasta el cierre del semestre reportado. En todos los casos, la tendencia general es descendente.

Este comportamiento, y tal como se ha manifestado previamente, sugiere una dinámica más representativa del Núcleo del sistema, a pesar de que los puntos de medición se encuentran geográficamente emplazados en la Zona Marginal y en la Unidad Zona de Transición Este en términos hidrogeológicos.

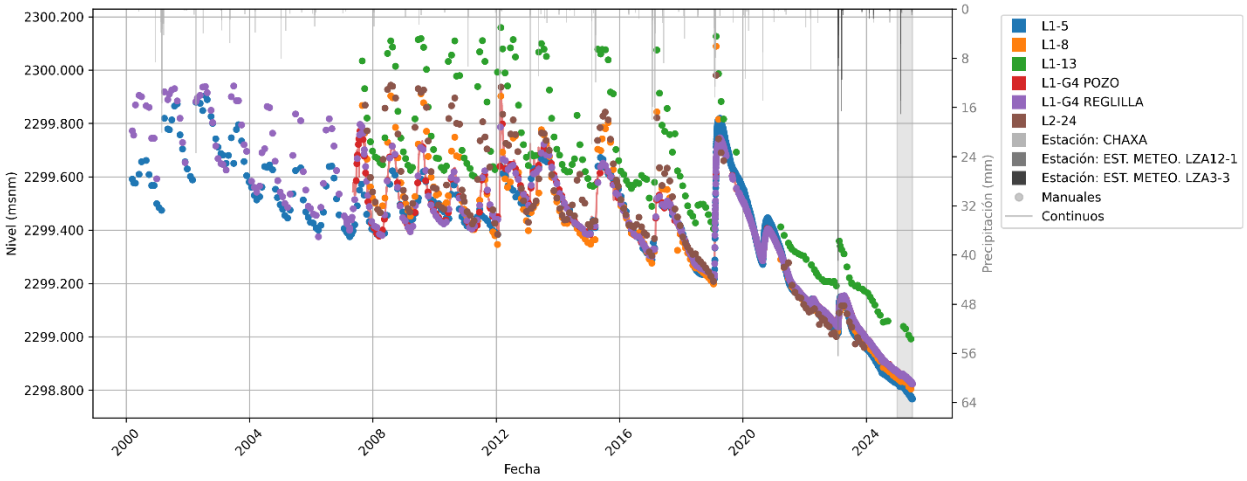
Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-7 y L2-5)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

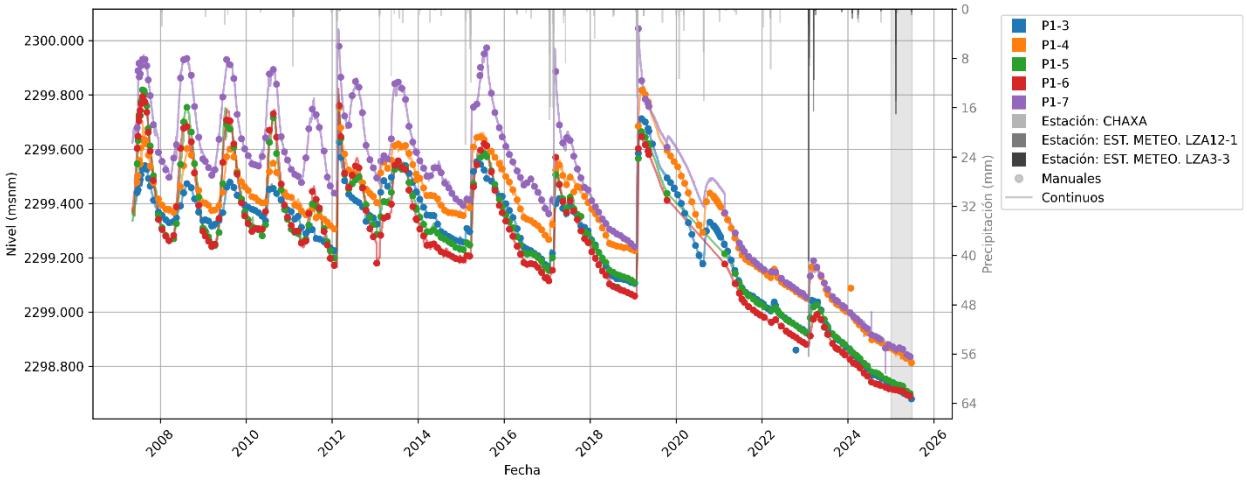
Al oeste y sur de la laguna Barros Negros se han registrado eventos históricos de desborde que han influido significativamente en el comportamiento de los niveles en esta zona. En el sector del Desborde Cola de Pez, los pozos se agrupan en dos conjuntos diferenciados. El primer grupo (Figura 6-16 y Figura 6-17) corresponde a puntos que han recibido aportes directos desde el desborde, mostrando aumentos marcados en sus niveles. El segundo grupo (Figura 6-18), ubicado aguas abajo, ha recibido recargas por infiltración, lo que se traduce en picos de menor amplitud y con un desfase temporal respecto al evento de desborde.

Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los puntos que han recibido recarga directa desde los desbordes incluyen L1-5, L1-8, L1-13, L1-G4 Pozo y Reglilla, L2-24, P1-3, P1-4, P1-5, P1-6 y P1-7 (Figura 6-16 y Figura 6-17). Este grupo se caracteriza por una estacionalidad marcada, cuya amplitud disminuye a medida que aumenta la distancia al desborde. Esta atenuación progresiva sugiere un pulso de recarga localizado en el desborde, que se propaga en dirección suroeste siguiendo el flujo subterráneo.

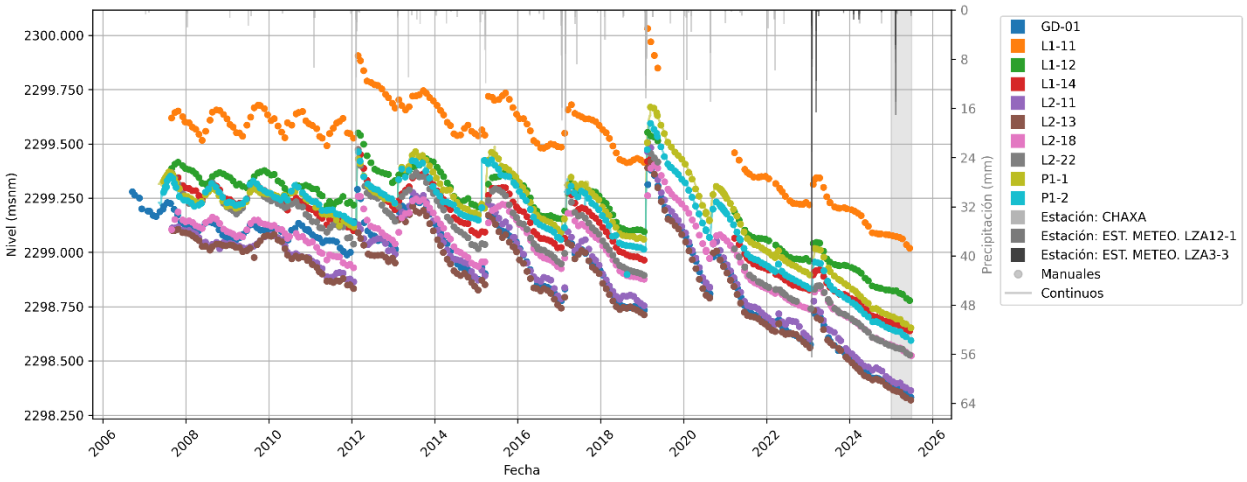
A partir de las lluvias intensas registradas en 2012 (38,8 mm en dos días, según la estación de Chaxa), se modificó la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros (IDAEA-CSIC, 2018). Desde entonces, los niveles de agua han mostrado respuestas más evidentes a los eventos de precipitación. Sin embargo, en años secos posteriores (2014, 2016 y 2018), estos pulsos fueron cada vez más atenuados, generando una disminución progresiva en la ocurrencia de desbordes hacia este sector. Actualmente, los puntos de monitoreo reflejan únicamente los niveles del acuífero (patrón tipo núcleo), sin influencia clara de aportes superficiales provenientes de desbordes. Lo anterior es coherente con una reducción de las áreas lagunares denominadas Area de Inundación I o Cola de Pez y el aumento y progradación lagunar registrada en el Desborde Sur de Barros Negros.

Los niveles del acuífero en esta zona responden directamente a las precipitaciones y presentan una tasa de descenso promedio de aproximadamente 4 cm/año. Cabe señalar que los pozos ubicados dentro de la

RNLF (P1-7, P1-6, P1-5, L1-13, L2-24 y L1-8) no fueron monitoreados manualmente durante el periodo de pandemia por COVID-19 (entre octubre de 2019 y febrero de 2021). No obstante, aquellos con medición continua mantuvieron su registro activo. Considerando los datos entre el 2019 y el primer semestre de 2025, todos los puntos muestran una tendencia descendente similar, cercana a los 8,7 cm/año, a pesar de los ascensos puntuales asociados a eventos de lluvia.

Los pozos más alejados del desborde Cola de Pez —GD-01, L1-11, L1-12, L1-14, L2-18, P1-1 y P1-2 (Figura 6-18)— presentan una amplitud de oscilación que disminuye y se suaviza con la distancia al desborde. Además, se caracterizan por tener cotas más bajas, las cuales disminuyen progresivamente a medida que se alejan de la zona de aporte superficial. De forma análoga al grupo de pozos con recarga directa, estos puntos también reflejan un cambio en la dinámica de desbordes de Barros Negros. En consecuencia, sus niveles responden a la recarga directa por precipitación, seguida de un descenso rápido hacia un nivel base. Entre el 2019 y el cierre de este reporte, estos pozos muestran un comportamiento similar al grupo anterior, con una pendiente basal del orden de 10 cm/año, sin considerar los aumentos puntuales por lluvias.

Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez

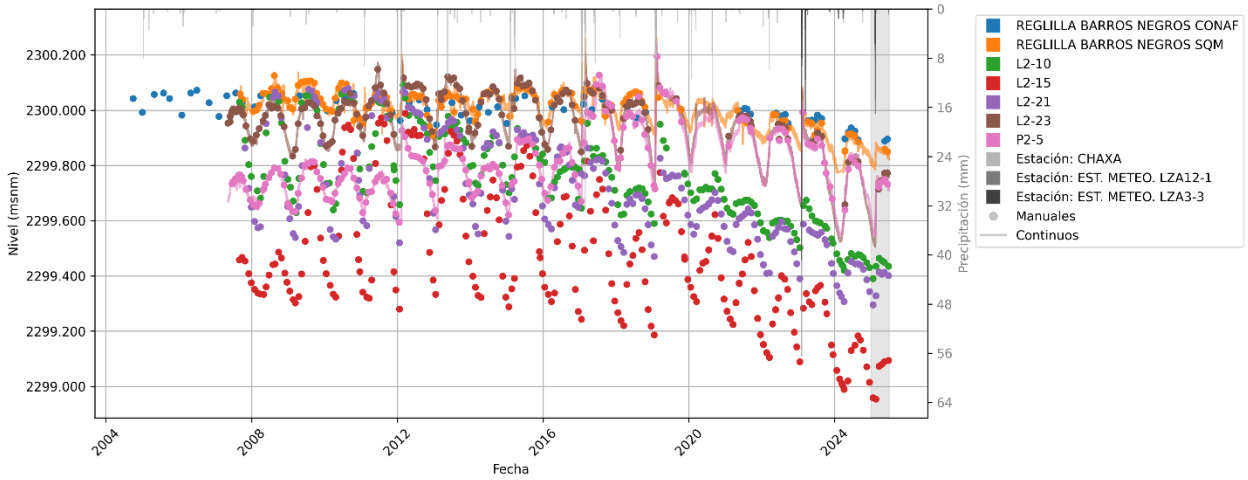


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

A continuación, se describe el comportamiento del acuífero al sur de la Laguna Barros Negros. Para describir adecuadamente el comportamiento de los niveles, los pozos se han dividido en dos grupos, cuyos registros se analizan en conjunto con la reglilla Barros Negros SQM como referencia.

El primer grupo —L2-23, P2-5, L2-21, L2-10 y L2-15— se caracteriza por una estrecha vinculación con el nivel de la reglilla Barros Negros (Figura 6-19). Inicialmente, el punto L2-23 presentaba diferencias respecto a la reglilla, pero a partir de 2010 alcanzó una cota y amplitud de oscilación similares, lo que sugiere una expansión hidráulica de la laguna hacia este sector. Un comportamiento análogo se observa en el punto P2-5, cuyos niveles entre 2007 y 2017 se mantuvieron por debajo de la cota de la laguna, pero desde 2017 comenzaron a coincidir con los máximos estacionales. A partir de 2018, sus niveles han fluctuado en torno a la misma cota, lo que indica que la lámina de agua de la laguna ha mantenido un perfil prácticamente horizontal desde la reglilla hasta el punto P2-5. Ambos puntos presentan un descenso sostenido desde 2018, con mínimos y máximos estacionales cada vez más bajos.

Figura 6-19: Niveles medidos pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (grupo 1)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

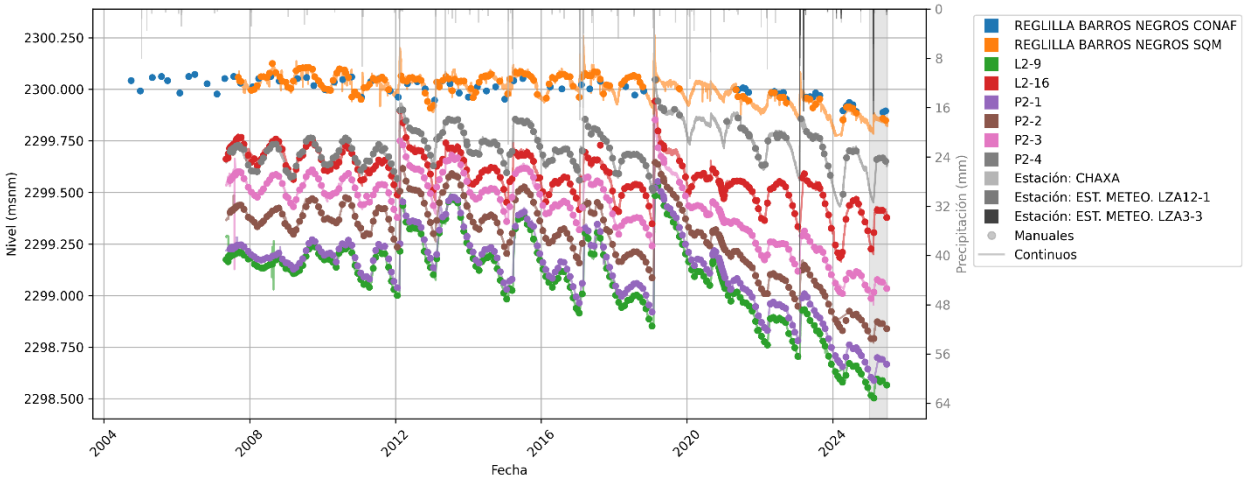
Al este del Desborde Sur se ubican los puntos L2-10, L2-21 y L2-15. Entre 2007 y 2011, sus niveles máximos alcanzaron cotas similares a las de la reglilla Barros Negros. Sin embargo, desde 2012, los máximos se han registrado en cotas progresivamente más bajas. Lo anterior puede estar relacionado al hecho de que el

Desborde Sur ha experimentado una continua progradación en dirección al SO. Además, esto indica que el Desborde Sur ha perdido intensidad como fuente de recarga durante los meses húmedos en torno a estas infraestructuras. En particular, el punto L2-15 mostró un aumento progresivo en la cota de los máximos desde 2009, alcanzando niveles similares a los de la reglilla en 2012. Entre el 2019 y el cierre de este reporte, se ha observado un descenso continuo en los niveles de estos tres puntos, con una tasa promedio del orden de 7 cm/año. Mediante imágenes satelitales, es posible observar que entre 2009 y 2012 el Desborde Sur cubría el área cercana de estos puntos, pero cambio su dirección de migración hacia el SO (entre 2011 y 2012) y luego al SE (entre 2012 y la actualidad). A la fecha de redacción de este reporte, la progradación continua.

El análisis de estos puntos confirma que la dinámica del Desborde Sur ha variado con el tiempo, lo cual es esperable en un sistema lagunar que se desarrolla sobre un relieve topográfico con escasa variación. Esta conclusión ha sido respaldada por diversos estudios, como el realizado por Le Roux en 2018, basado en el análisis de depósitos sedimentarios en la zona y en particular, por la hipótesis de cambio en la dinámica de desborde como un fenómeno actual de sustitución lobular.

El segundo grupo de puntos —L2-9, L2-16, P2-1, P2-2, P2-3 y P2-4— se ubica al oeste y sur del Desborde Sur, y presenta un comportamiento distinto al de la reglilla Barros Negros (Figura 6-20). Aunque reproducen los ciclos estacionales de la laguna, lo hacen a cotas más bajas y con una respuesta suavizada. Además, muestran reacciones ante eventos de precipitación, lo que sugiere que reciben aportes tanto por recarga directa como por pulsos provenientes del desborde a través del acuífero.

Figura 6-20: Niveles medidos pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (grupo 2)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

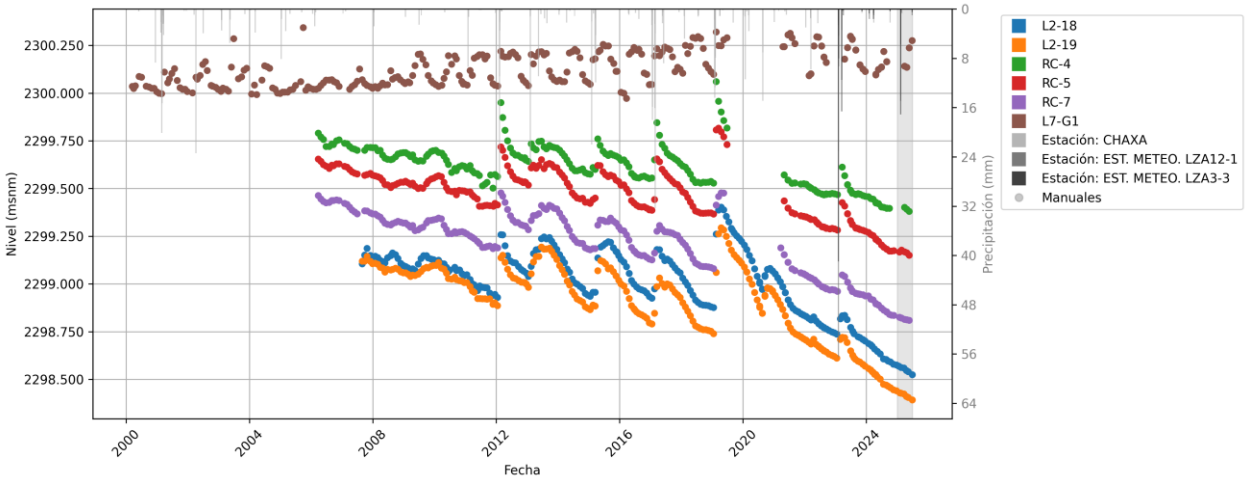
Desde el inicio de las mediciones en 2007 y hasta junio de 2025, los niveles mínimos en estos puntos han seguido una tendencia descendente, con una tasa promedio de aproximadamente 3,5 cm/año.

Al oeste de Chaxa y Barros Negros se encuentra un grupo de pozos compuesto por los puntos L2-18, L2-19, L7-4, L7-12, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. Sus niveles se presentan en las Figura 6-21 y Figura 6-22, junto con la reglilla L7-G1, utilizado como referencia por su vinculación directa con el cuerpo de agua superficial.

En este sector, los niveles del acuífero presentan oscilaciones esporádicas e irregulares, y desde el inicio de sus registros han mostrado una tendencia general al descenso. La respuesta a los eventos de precipitación no ha sido siempre proporcional a su intensidad, y el tiempo de respuesta ha variado entre puntos. Este grupo se distingue además por una tendencia descendente en sus niveles mínimos, con una pendiente que se incrementa en los puntos más cercanos al núcleo del sistema.

Considerando el período desde 2012, se observa que el punto L7-5 presenta una tasa de descenso de 1,2 cm/año, el RC-5 de 2,3 cm/año y el L2-19 de 3,3 cm/año. Estos patrones permiten interpretar esta zona como una franja de transición entre el área de recarga del norte y el núcleo del sistema, donde se manifiestan gradualmente las condiciones hidrogeológicas propias de cada sector.

Figura 6-21: Niveles medidos pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor

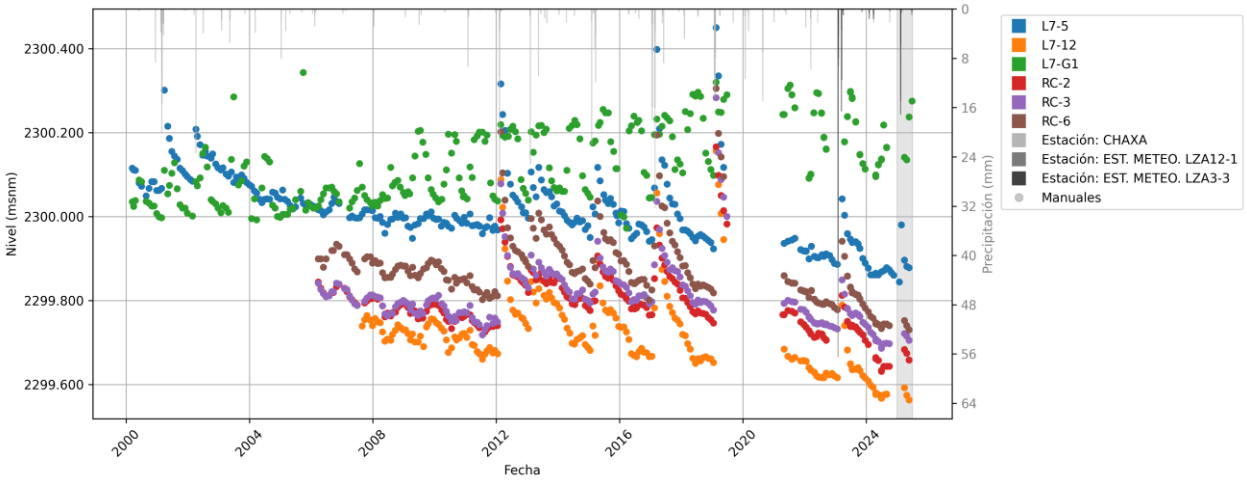


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tal como se ha descrito, los objetos de protección definidos para el Sistema Soncor se encuentran ubicados en la Zona Marginal. A partir del análisis de los niveles históricos y de la información correspondiente al primer semestre de 2025, se concluye que el sistema mantiene variaciones acordes con los comportamientos esperados, en particular posterior a la comprensión de cambio de descarga de la laguna Barros Negros, los cuales pueden diferenciarse según el tipo de recarga y los efectos de estacionalidad que los afectan.

En consecuencia, los objetos de protección también presentan fluctuaciones dentro del rango estacional previsto, sin evidenciar alteraciones que comprometan su estabilidad. El estado de estos objetos se analiza en detalle en la sección 6.2, mediante la revisión de los indicadores de estado definidos para su monitoreo.

Figura 6-22: Niveles medidos pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

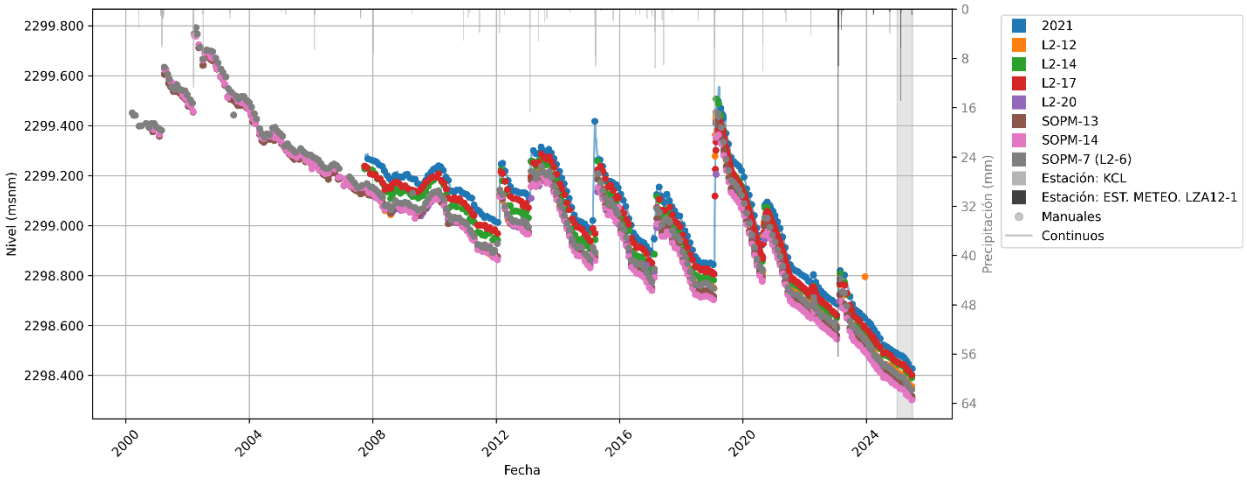
6.1.1.1.6 Pozos en Zona Núcleo

En el Núcleo del Salar se encuentran los puntos de monitoreo SOPM-7 (L2-6), SOPM-13, SOPM-14, L2-14, L2-12, L2-17, L2-20 y 2021. La Figura 6-23 muestra los niveles medidos históricamente en estos puntos.

La tendencia general en esta zona ha sido de descenso, lo cual es consistente con lo esperado para estos pozos, que solo han registrado ascensos puntuales asociados a recarga directa por eventos de precipitación. A esta tendencia preoperacional de descenso se superpone el efecto de la extracción de salmuera por parte de los dos operadores de la cuenca (SQM y Albemarle), lo que ha intensificado la tasa de descenso. De hecho, se ha comprobado que los niveles responden a las variaciones en las tasas de extracción de salmuera, tal como se documentó en el informe de Efectividad de la Medida tras la activación de los indicadores de Soncor (IDAEA-CSIC, 2018).

Cabe destacar que este grupo de pozos presenta un bajo gradiente hidráulico entre ellos, con niveles piezométricos similares, lo que evidencia lo plano y extenso de la superficie piezométrica en el Núcleo del Salar.

Figura 6-23: Niveles medidos en el núcleo del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.2 Superficie lacustre

El conjunto de superficies lacustres del sistema Soncor está compuesto por las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros, junto con sus respectivos desbordes. La superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida históricamente a través de imágenes satelitales y estacas perimetrales.

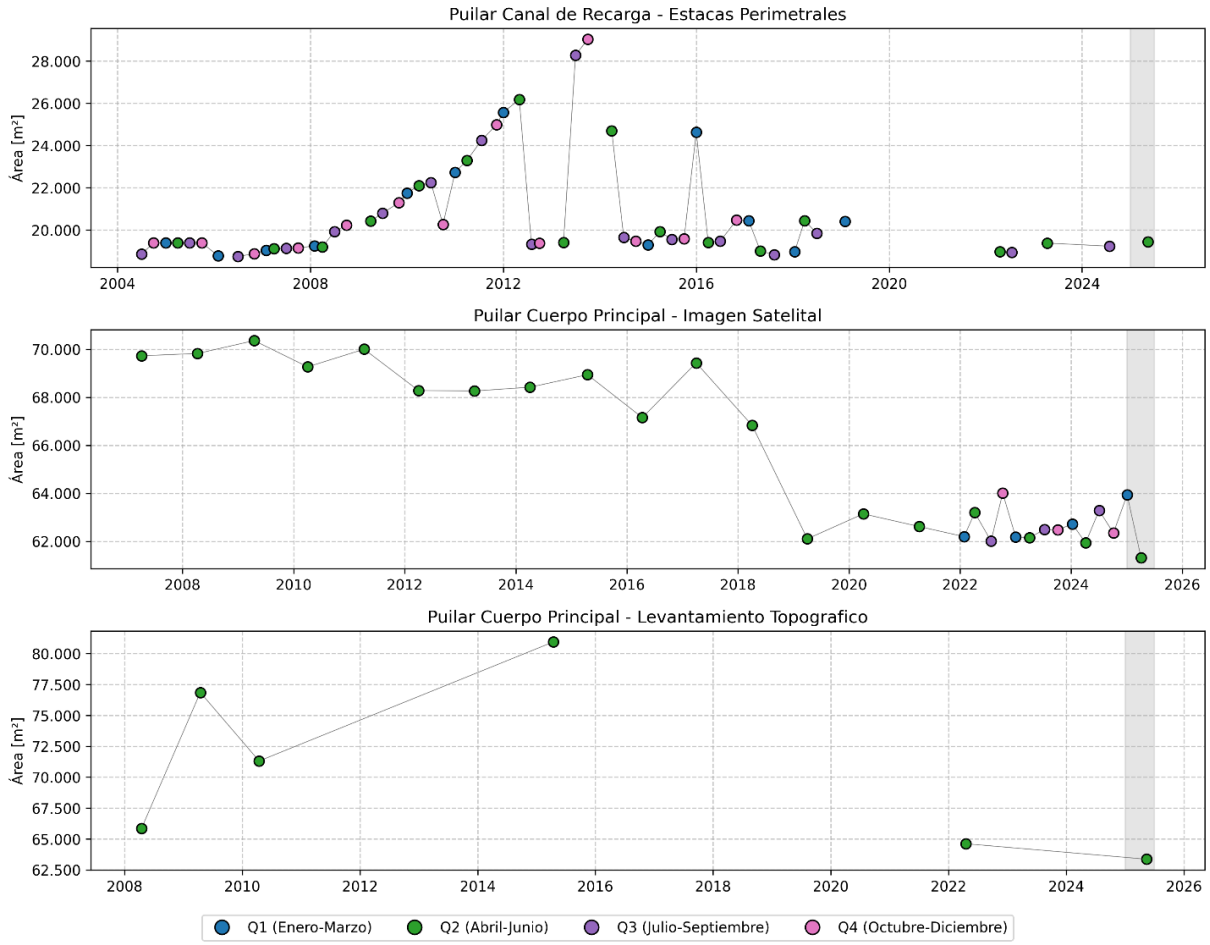
Es relevante indicar que la comparación de áreas entre diferentes métodos de medición de extensión lagunar no es directa, debido principalmente a diferencias metodológicas. Por ejemplo, el seguimiento mediante medición de estacas perimetrales en Puilar incluye la zona de su canal de recarga, mientras que la medición con imágenes satelitales de alta resolución se centra en el cuerpo principal. Además, existen cuerpos lagunares con crecimiento o expansión reciente, como el desbordamiento sur de Barros Negros (Desborde Sur), que carecen de estacas perimetrales o puntos fijos en su entorno para el seguimiento.

También, se debe tener cautela en la comparación de los resultados obtenidos con el levantamiento de perímetro lagunar, con las extensiones estimadas con imagen satelital. En efecto, el levantamiento del perímetro en terreno puede no incluir zonas de islas o barras formadas al interior del polígono perimetral levantado en terreno. No obstante, es importante mencionar que esta metodología entrega delimitaciones precisas de la posición real del borde lagunar.

La Figura 6-24 muestra la evolución temporal de la superficie lacustre de Puilar. Los datos satelitales correspondientes al primer semestre de 2025 indican una disminución del 4,1% en el área del cuerpo principal de Puilar entre enero y abril de 2025. Al comparar la medición de enero de 2024 con la de enero de 2025, se registra un aumento de 1,9% en el área, mientras que la comparación de abril de 2024 con la de abril de 2025 revela una disminución de 1% en el área del cuerpo principal de Puilar. A partir de las mediciones con estacas perimetrales, se observa un aumento de 1,06% en la superficie del cuerpo principal de Puilar al comparar el valor registrado en julio de 2024 con el de mayo de 2025. Por otro lado, el levantamiento topográfico indica una disminución de 1,93% en el área al comparar la medición de abril de 2022 con la de mayo de 2025. Estas comparaciones deben interpretarse considerando que, a diferencia de las imágenes satelitales que se obtienen con una periodicidad trimestral, las mediciones mediante estacas perimetrales y levantamientos topográficos presentan una frecuencia temporal irregular y más espaciada, lo que puede influir en la representatividad de los cambios observados.

En términos generales, se observa que para el período entre los años 2007 y 2017, la superficie lacustre de Puilar (Figura 6-24), estimada con datos satelitales, se mantuvo alrededor de los 70.000 m^2. Posteriormente, se observa una disminución hasta alrededor de 63.000 m^2 en el año 2019, la cual tiende a mantenerse hasta el año 2024. A partir del año 2022 se iniciaron las mediciones con frecuencia trimestral, no obstante, no se logra visualizar en forma marcada la estacionalidad, debido a que es alimentada por descarga continua de agua subterránea desde el acuífero aluvial más que por aportes superficiales con fluctuación estacional.

Figura 6-24: Series de tiempo históricas de superficie lacustre laguna Puilar



Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-25 presenta la evolución temporal de la superficie lacustre del cuerpo principal de Barros Negros, donde se observa que entre los años 2007 y 2021, esta superficie se mantiene alrededor de 1.050.000 m^2. Los datos satelitales del primer semestre de 2025 muestran una disminución del 10,5% al comparar enero de 2025 con el último registro del semestre pasado, y un aumento del 14% al comparar la superficie entre los meses de enero y abril de 2025. La medición de enero de 2024 con enero de 2025 registra una disminución del 1,4% en el área, mientras que la comparación de abril de 2024 con abril de 2025 muestra un aumento del 3% en el área del cuerpo principal de Barros Negros. Si bien el incremento en el área lacustre entre enero y abril se repite desde el año 2021, se aprecia una disminución progresiva

en el área en los mismos meses año a año. En complemento, las mediciones con estacas perimetrales indican una disminución del 2,86% al comparar el valor registrado en julio de 2024 con marzo de 2025, mientras que el levantamiento topográfico muestra una disminución más pronunciada del 16,61% al comparar la medición de abril de 2021 con la de marzo de 2025.

Figura 6-25: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en el cuerpo principal de Barros Negros – Soncor.

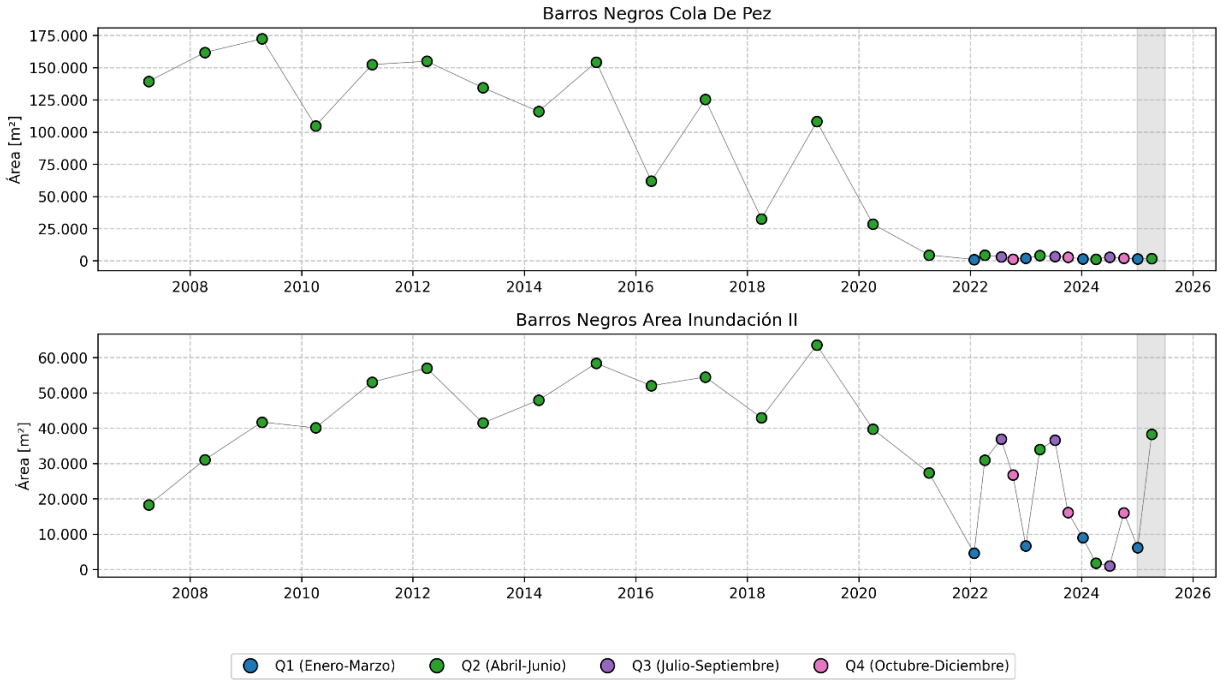


Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-26 y Figura 6-27 muestra la evolución temporal de las zonas de inundación y desbordes de la laguna Barros Negros. Los datos satelitales del primer semestre de 2025 indican un aumento del 8,4% en el área del Desborde Sur entre enero de 2024 y enero de 2025, y un aumento del 140,8% entre abril de 2024 y abril de 2025. En cuanto a las zonas de inundación, la denominada "Cola de Pez" registra una

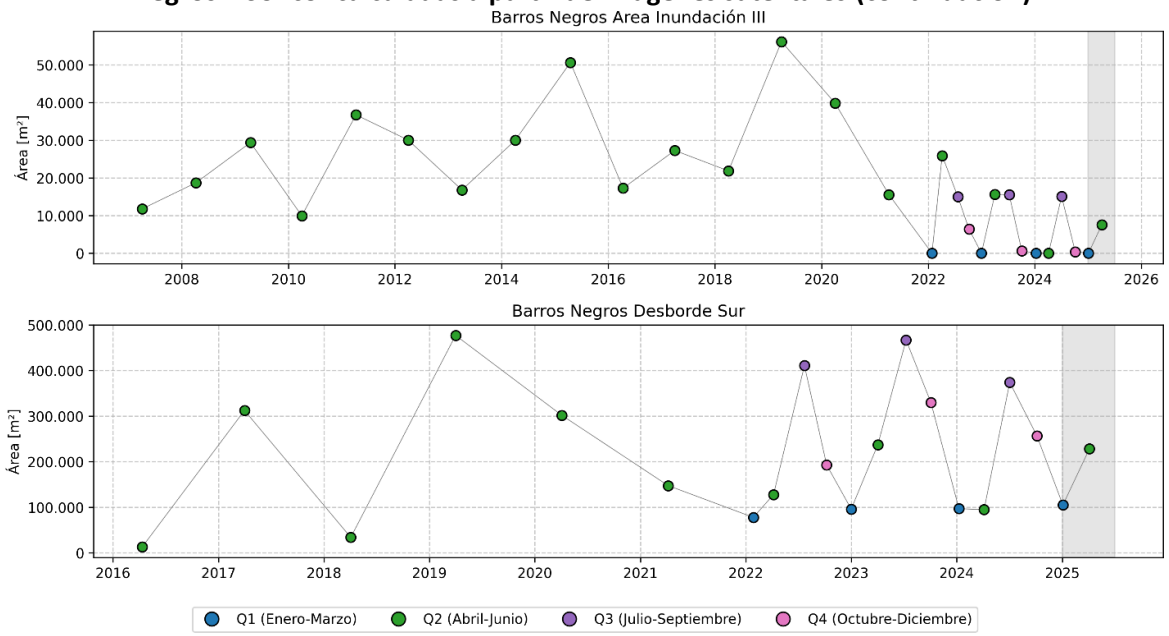
disminución del 4,2% entre enero de 2024 y enero de 2025, mientras que en abril de 2025 se observa un aumento del 31,8% respecto a abril de 2024. El área de Inundación II experimenta una reducción del 31,2% en enero de 2025 en comparación con el mismo mes de 2024, en cambio, al comparar abril del 2024 con respecto al 2025, se registra un aumento del 2.020%. Por otro lado, el Área de Inundación III no registra superficie hasta la medición de abril 2025. Desde 2022, las mediciones se realizan con una frecuencia trimestral, permitiendo identificar un patrón estacional en las zonas de desbordes, con las mayores superficies generalmente observadas en el segundo y tercer trimestre del año. La única excepción a esta tendencia es la zona de Área de inundación I o "Cola de Pez", sector en donde el patrón de reducción de área a escala interanual predomina por sobre variaciones intraanuales o estacionales (cambio en dinámica de desborde).

Figura 6-26: Series de tiempo históricas de superficie lacustre zonas de desbordes de Laguna Barros Negros – Soncor calculadas a partir de imágenes satelitales.



Fuente: Elaboración propia

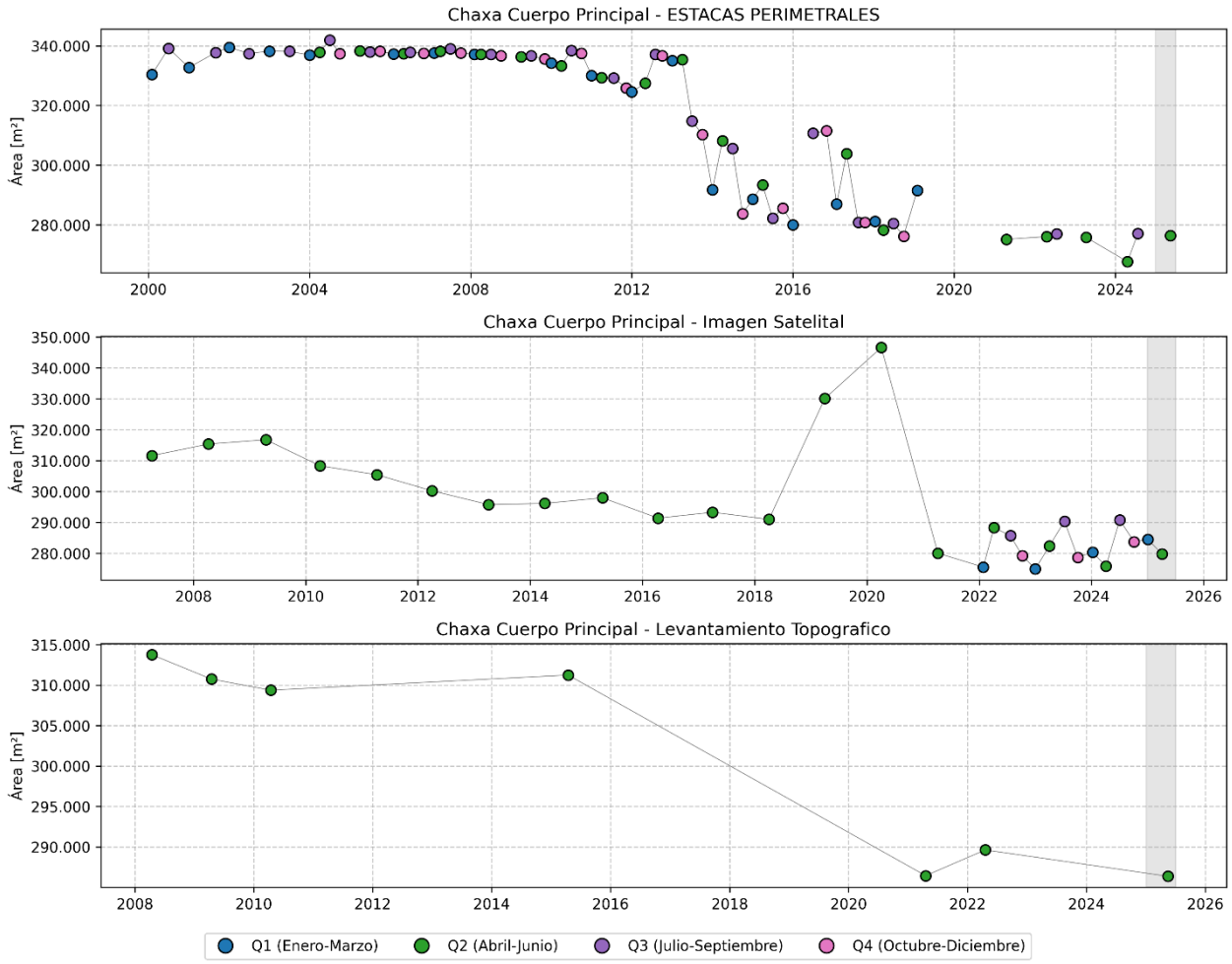
Figura 6-27: Series de tiempo históricas de superficie lacustre zonas de desbordes de Laguna Barros Negros – Soncor calculadas a partir de imágenes satelitales (continuación).



Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-28 muestra la evolución temporal de la superficie de laguna Chaxa. Los datos satelitales indican que 2025 existió una disminución del 1,6% en la superficie de la laguna Chaxa entre enero y abril de 2025. Al comparar la medición de enero de 2024 con la de enero de 2025, se registra un aumento del 1,5% en el área, mientras que la comparación de abril con abril de 2025 revela un incremento del 1,4% en la superficie de la laguna Chaxa. A partir del año 2022, debido al inicio de las mediciones trimestrales, se observa estacionalidad donde la mayor superficie ocurre en el segundo y tercer trimestre. En complemento, las mediciones con estacas perimetrales muestran una disminución del 0,25% al comparar el valor registrado en julio de 2024 con el de mayo de 2025, mientras que el levantamiento topográfico indica una disminución del 1,12% al comparar la medición de abril de 2022 con la de mayo de 2025.

Figura 6-28: Superficie histórica de laguna Chaxa – SONCOR.



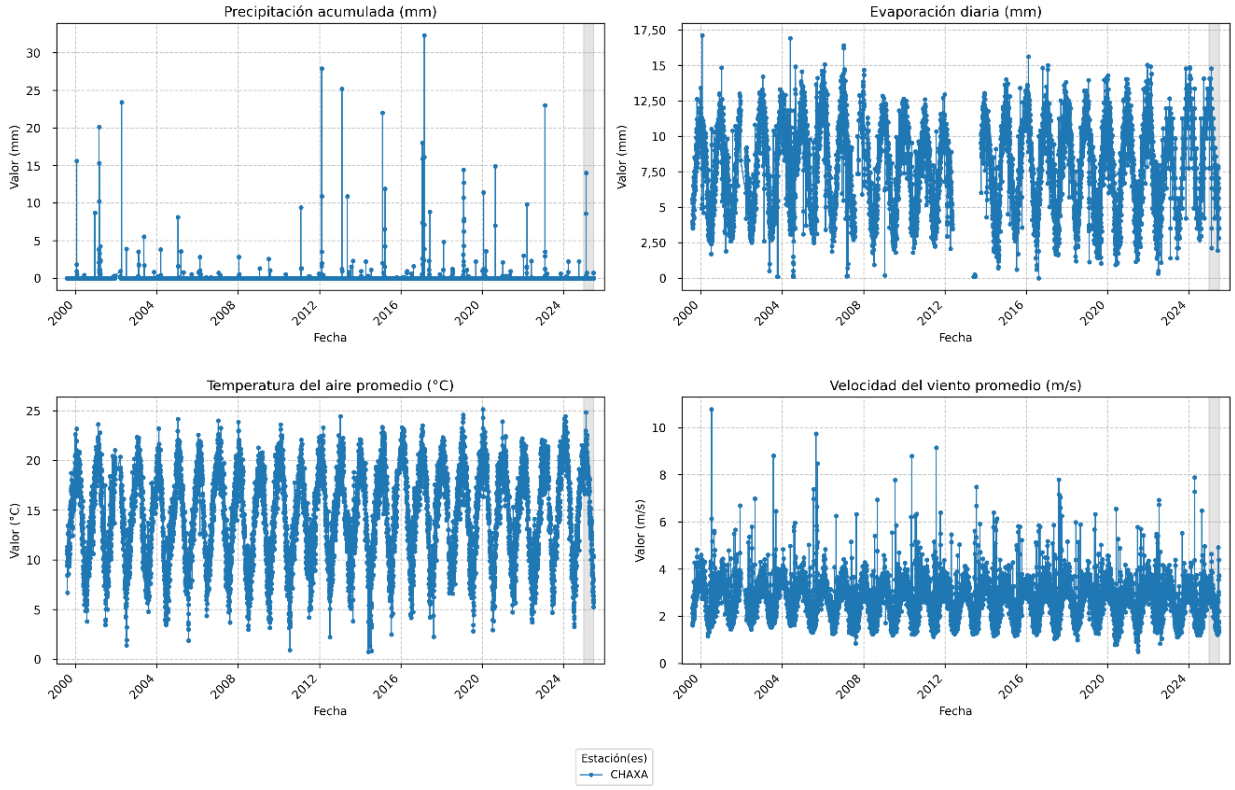
Fuente: Elaboración propia

6.1.1.3 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación Chaxa considera la medición de los parámetros de precipitación acumulada, evaporación diaria, velocidad del viento promedio, temperatura del aire promedio, radiación global promedio, mediana de la dirección del viento, presión atmosférica promedio y humedad relativa promedio, cuyas series históricas se presentan en la Figura 6-29. Se debe destacar que la precipitación, evaporación y temperatura son parámetros condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema.

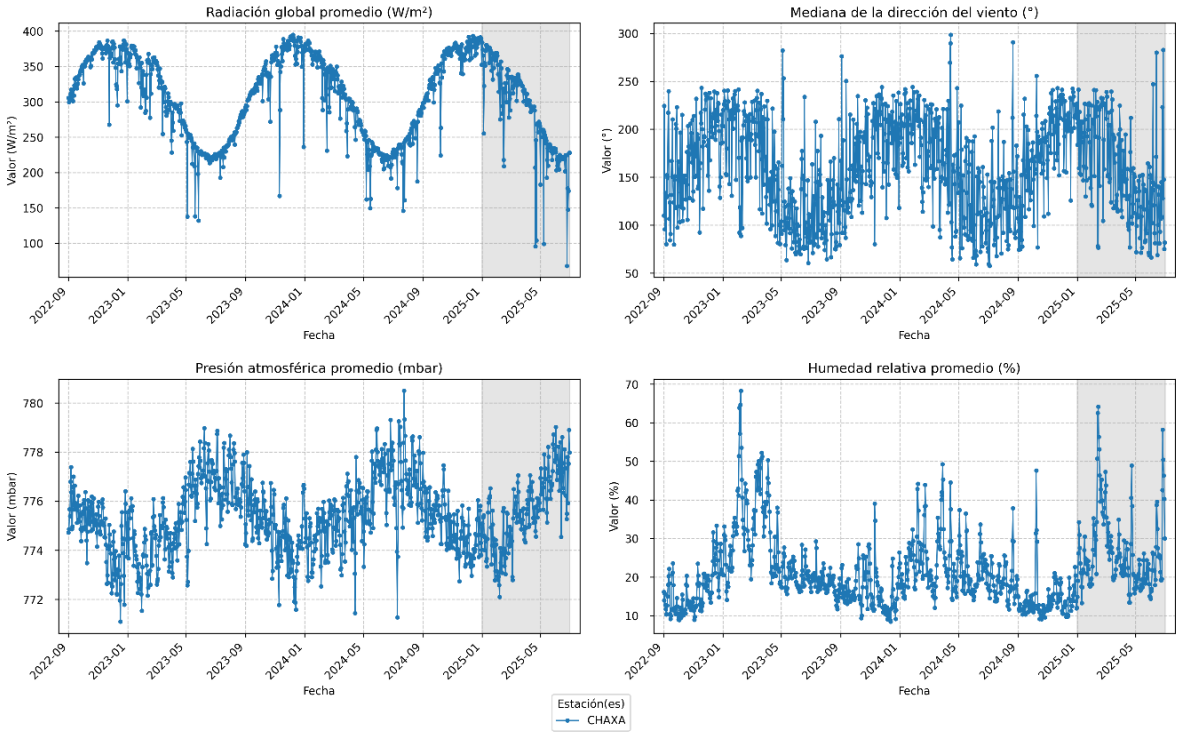
La precipitación acumulada histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según eventos de precipitación. El primero, entre mayo 2007 y diciembre 2011, puede considerarse una época seca. Esto dado que se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 9,4 mm en el mes de febrero 2011. Posterior a esta fecha, desde el 2012 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Esto ocurre principalmente en el primer trimestre de los años 2012, 2013, 2015, 2017 y 2019, alcanzando un máximo histórico de 32,3 mm/día el día 25 de febrero de 2017. Durante el segundo semestre del 2024 se observaron solo un evento de precipitación con un total acumulado de 2,2 mm. En contraste, durante el primer semestre de 2025 se registraron eventos de precipitación en febrero y junio, con un total acumulado mensual de 23,7 y 0,7 mm respectivamente.

Figura 6-29: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica Chaxa durante el primer semestre de 2025.



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-30: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica Chaxa durante el primer semestre de 2025 (continuación).



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia.

A nivel histórico, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento presentan una oscilación estacional, con máximos en verano. Cabe señalar que aquellos pozos que tienen una variabilidad estacional en sus niveles se encontrarían influenciados por la evaporación y la temperatura del sector.

Durante el primer semestre de 2025, se observaron incrementos en varias variables meteorológicas respecto a sus promedios históricos. La temperatura del aire alcanzó un promedio de 15,8 °C, superando en 1,3 °C el valor histórico de 14,5 °C, mientras que la evaporación diaria promedió 8,5 mm, también por encima del promedio histórico de 7,8 mm. Así mismo, la humedad relativa mostró un aumento, situándose en 26,4 %, frente al valor histórico de 20,7 %, y la presión atmosférica promedio fue de 775,6 mbar, levemente superior al promedio de 774,9 mbar. En contraste, la velocidad del viento se mantuvo relativamente estable, con un promedio de 2,5 m/s, apenas por debajo del histórico de 2,7 m/s, con respecto a la mediana de la dirección del viento durante el primer semestre de 2025 fue de 151,2°, lo que

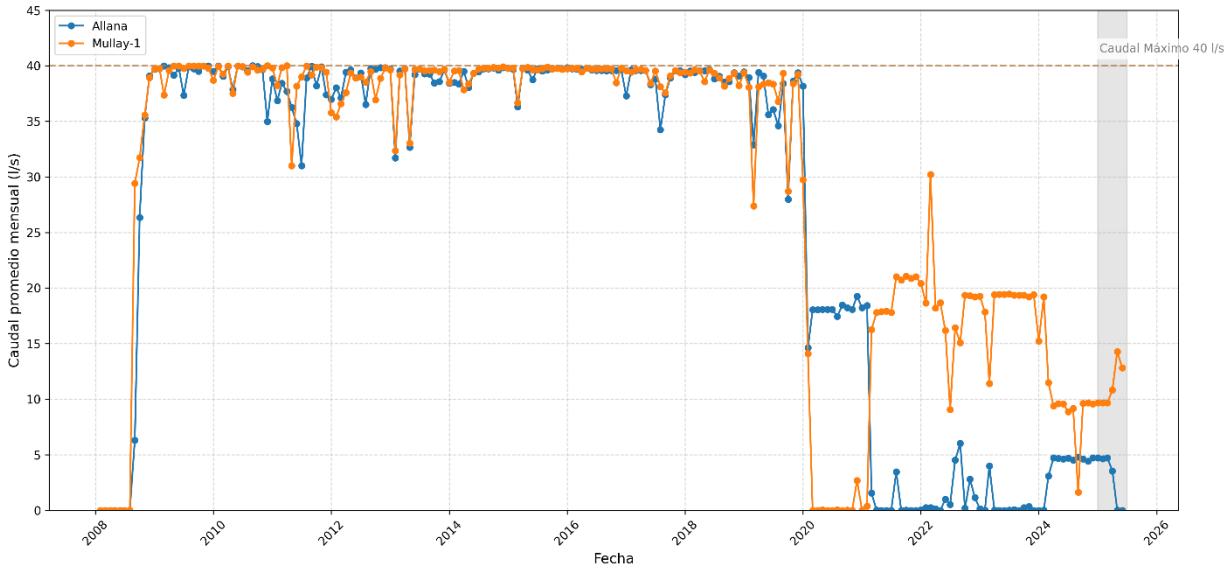
representa una disminución de 8,1° respecto al valor histórico de 159,3°. Esta variación sugiere un leve desplazamiento en la dirección predominante del viento, posiblemente asociado a condiciones atmosféricas particulares del periodo analizado.

Por otro lado, la radiación global presentó una disminución, registrando un promedio de 285,4 W/m², inferior al valor histórico de 310,9 W/m²; sin embargo, esta disminución se atribuye principalmente a la estacionalidad de la variable, ya que el semestre evaluado corresponde a los meses de menor radiación, y no representa una tendencia decreciente sostenida.

6.1.1.4 Caudal bombeado agua

El registro histórico de los caudales extraídos desde los pozos Mullay-1 y Allana se presenta en la Figura 6-31. Ambos pozos, destinados al bombeo de agua industrial y ubicados en el sector aluvial, iniciaron operaciones en septiembre de 2008, manteniéndose desde entonces por debajo del límite autorizado de 40 L/s para cada uno.

Figura 6-31: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia

En junio de 2018, ambos alcanzaron caudales de 39,7 L/s, y durante 2019 se registraron valores máximos similares: 39,3 L/s en Mullay-1 y 39,5 L/s en Allana. En marzo de 2020, como resultado de decisiones operacionales, Mullay-1 cesó su actividad, mientras que Allana redujo su extracción a un promedio de 17,9 L/s. Situación que se invierte en durante el 2021, al reactivar el bombeo en Mullay-1 y cesando el bombeo en Allana. En 2022, Mullay-1 operó con un caudal promedio de 18,2 L/s, alcanzando un peak puntual de 30,2 L/s. A mediados de ese año, Allana retomó su actividad con caudales de hasta 6 L/s.

Desde mediados del 2022 ambos pozos se encuentran operativos, hacia el 2024, el caudal de Mullay-1 es cercano a 10 L/s y el de Allana cercano a 5 L/s. Durante, el promedio semestral de los caudales bombeados fueron de 11,17 L/s y 2,92 L/s, respectivamente.

6.1.1.5 Calidad Química

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas en el Sistema Soncor, correspondientes al primer semestre del 2025, en comparación con sus registros históricos.

El modelo conceptual del acuífero indica un flujo hacia el oeste. En su trayecto desde el sector oriental hacia la zona marginal, las aguas se enriquecen por disolución de sales, descargando finalmente en sistemas lagunares donde predominan procesos de evaporación.

Los puntos de monitoreo se distribuyen en tres zonas:

- **Zona aluvial:** L2-3, Mullay-1 y Allana.
- **Zona marginal:** L1-4, L1-5, L1-6, L2-4, L2-5, L7-3, L7-G1, L1-G4 reglilla, Burro Muerto reglilla, Chaxa reglilla, Barros Negros reglilla y Puilar reglilla.
- **Zona núcleo del Salar de Atacama:** SOMP-7 (L2-6) y SOMP-14.

El análisis se organiza en tres subsecciones según el tipo de monitoreo:

- Pozos y reglillas de monitoreo subterráneo.
- Pozos de agua industrial.
- Sistemas lacustres superficiales.

Para la interpretación de las series históricas de parámetros analizados, se deben considerar las siguientes observaciones:

- Los valores de Límite de Detección (LD) se indican en los gráficos.
- Los puntos de monitoreo se agrupan por sector en un mismo gráfico para facilitar la visualización de tendencias.
- Los valores validados se presentan con resalte.
- Se muestran gráficamente aquellos resultados dentro del rango del máximo y mínimo registro validado, más y menos una desviación estándar respectivamente.

6.1.1.5.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

En la sección 5.1.3.4 se presentan los resultados de calidad de agua correspondientes a los puntos asociados al Sistema Soncor (Figura 6-32 a Figura 6-43). En general, estos se encuentran dentro del rango histórico, con variaciones atribuibles a la ubicación relativa de los puntos respecto al núcleo del Salar de Atacama.

Los pozos ubicados en la zona aluvial y marginal próxima (L2-3, L7-3 y L2-4) registran los valores más bajos de conductividad eléctrica de terreno, con máximos de 4.300 µS/cm, 10.510 µS/cm y 16.050 µS/cm, respectivamente. En L2-4, los sólidos disueltos totales se mantienen por debajo de 10.400 mg/L y los sólidos totales bajo los 30.600 mg/L. En L2-3 y L7-3, los sólidos disueltos totales no superan los 3.184 mg/L y 2.852 mg/L, mientras que los sólidos totales se mantienen por debajo de 3.528 mg/L y 11.118 mg/L, respectivamente. El pH de terreno varía entre 6,84 y 8,63, y la densidad (terreno y laboratorio) se mantiene en torno a 1,00 g/mL. En L2-4 se observa una disminución del pH desde 2019, correlacionada con aumentos en la conductividad eléctrica, posiblemente asociados a eventos de precipitación que favorecen la disolución de sales.

En los puntos ubicados en la zona marginal hacia el núcleo (L1-4, L1-5, L1-6, L2-5, SOMP-7, SOMP-14, L1-G4 Reglilla y L7-G1) se evidencia estacionalidad, con máximos de conductividad eléctrica en verano y mínimos en invierno. Los valores de conductividad eléctrica de terreno rondan los 200.000 µS/cm, superando este umbral en los puntos más cercanos al núcleo. Los sólidos disueltos totales y sólidos totales alcanzan promedios de 220.447 mg/L y 236.143 mg/L, respectivamente. El pH de terreno y laboratorio se

encuentra entre 6,77 y 8,37. Desde enero de 2022, el pH de laboratorio muestra una leve tendencia al alza, no observada en el pH de terreno, el cual se considera válido para el análisis debido a las condiciones de medición post-Holding Time en laboratorio.

La densidad varía entre 1,047 y 1,25 g/mL. En L1-4 se observa una tendencia decreciente en la densidad de terreno desde 2018, no reflejada en los valores de laboratorio. Este punto presenta características de salmuera, con densidad de terreno superior a 1,19 g/mL, sólidos disueltos totales con una concentración promedio histórica de 262.936 mg/L y conductividad eléctrica superior a 194.000 µS/cm. Los puntos L2-5 y L1-6 presentan conductividades similares, pero con densidades de terreno ligeramente menores (1,11–1,20 g/mL), atribuibles a su ubicación en el núcleo o en la zona marginal más distal. La reglilla L7-G1 muestra una marcada estacionalidad en conductividad eléctrica y sólidos, con máximos en verano e influencia del régimen de evaporación, comportamiento inverso al observado en el canal Burro Muerto.

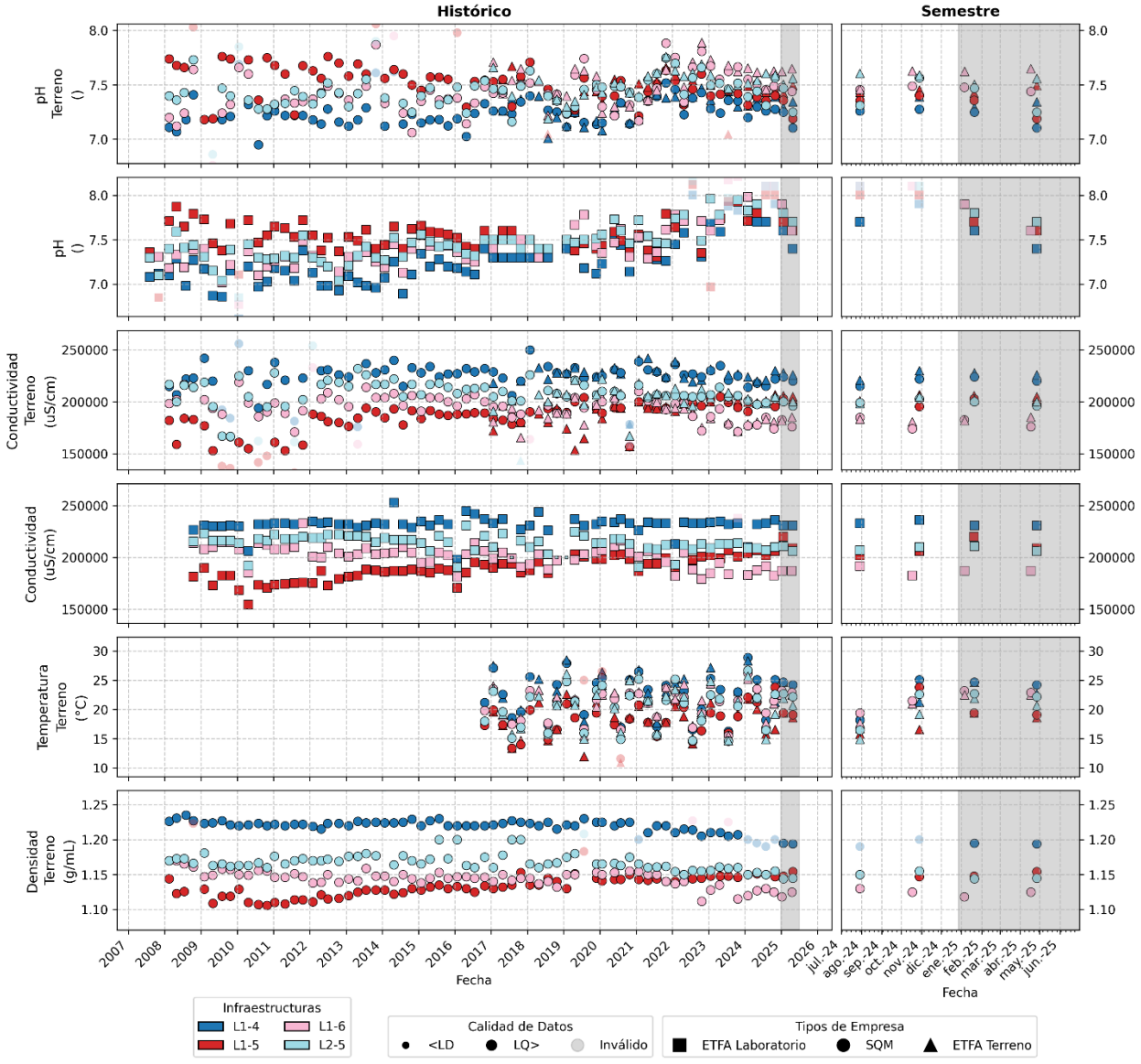
Durante el primer semestre de 2025, la mayoría de las mediciones realizadas en pozos y reglillas se mantuvieron dentro del rango histórico, con excepción de algunas mediciones puntuales detalladas en la Tabla 5-28. Se destaca la invalidación de ciertos parámetros medidos por SQM o ALS, los cuales, al ser comparados con las mediciones realizadas por SEGEA, se alejan de los criterios establecidos en el Procedimiento de Validación Química (FLOW).

En relación con la evolución temporal de los parámetros, se observan variaciones significativas en la concentración de sólidos disueltos totales (SDT), sólidos totales (ST), conductividad eléctrica y densidad. En los puntos L1-5 y L1-G4 Reglilla, estos parámetros muestran una tendencia general al alza, con excepción de los valores de SDT y ST registrados durante el cuarto trimestre de 2024, los cuales se ubicaron por debajo del promedio histórico. Sin embargo, dicha tendencia ascendente se retoma durante el primer semestre de 2025.

Ambos puntos han sido influenciados por cambios en la dinámica de desborde de la laguna Barros Negros, evidenciados desde el año 2012. Esta modificación ha generado una disminución en los aportes al sector Cola de Pez, lo que podría explicar el comportamiento observado en los puntos L1-G4 Reglilla y L1-5. Un análisis detallado de esta relación se encuentra en el informe presentado a la autoridad en el marco de la activación de Fase II.

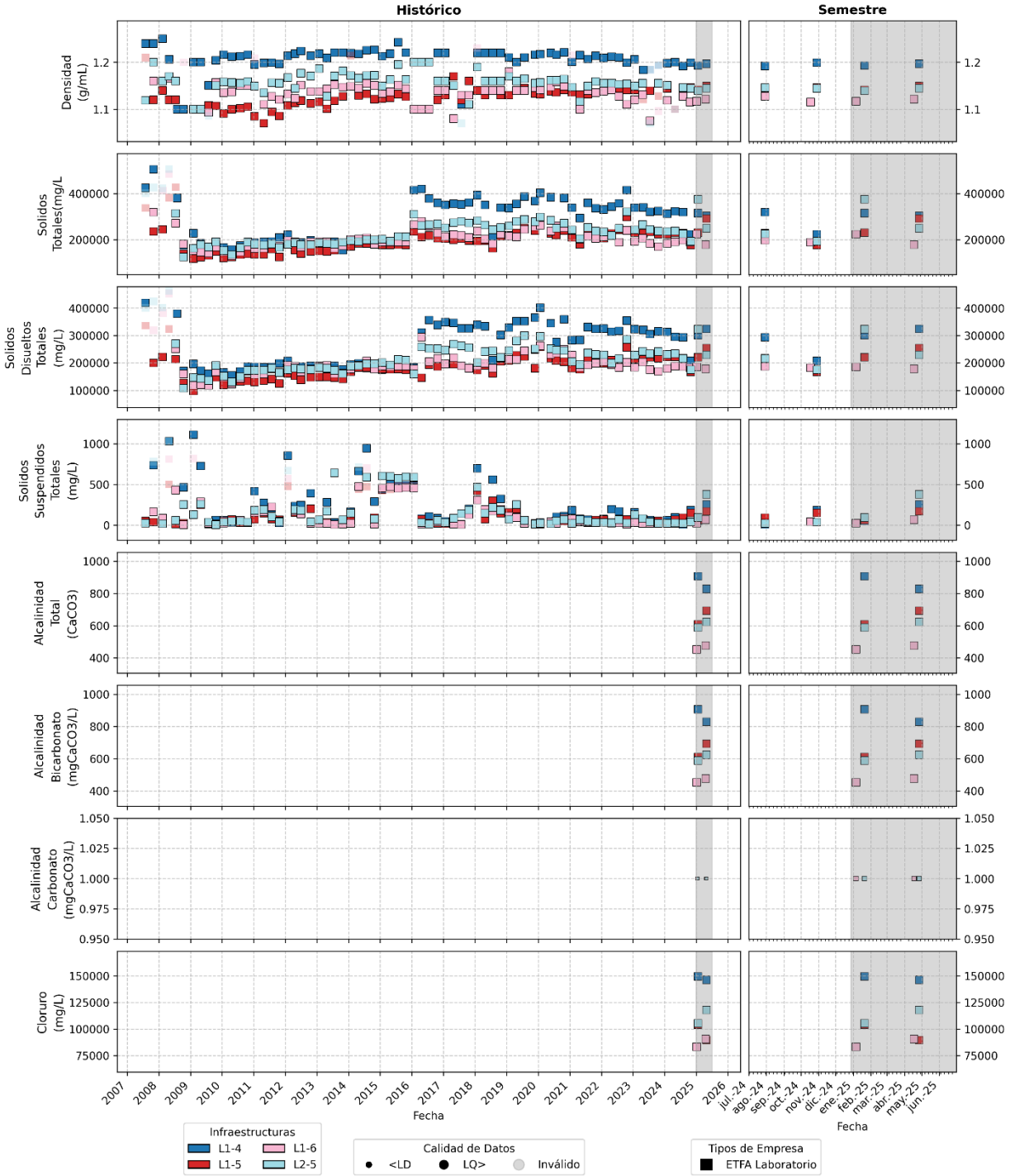
En los puntos de muestreo L1-G4 Reglilla, L1-4, L1-6, L2-5, SOPM-7 (L2-6) y SOPM-14, el aumento sostenido en SDT desde 2016 —exceptuando el último trimestre de 2024— no se atribuye a cambios en el acuífero, sino a modificaciones en los protocolos de muestreo, transporte y/o tratamiento de muestras en los laboratorios de ALS. Esta situación fue documentada en el PSAH Nº26 del año 2019, disponible públicamente en SNIFA.

Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5



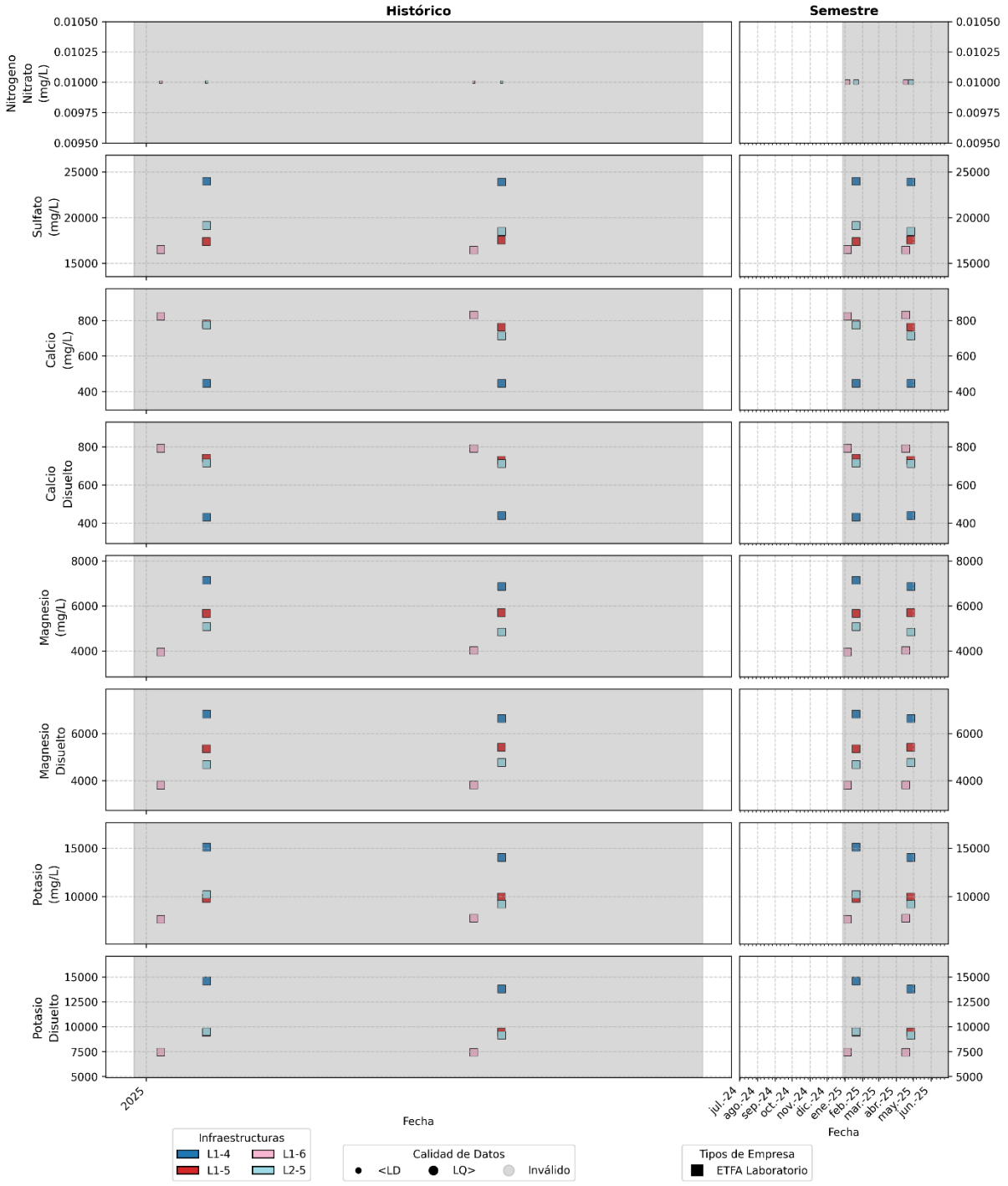
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 (continuación)



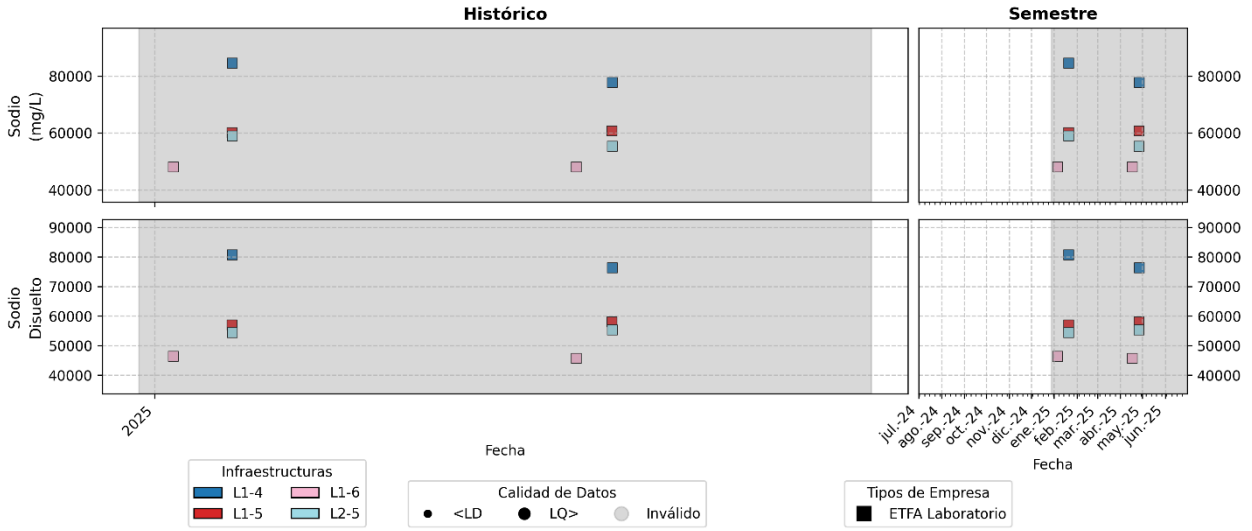
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 (continuación)



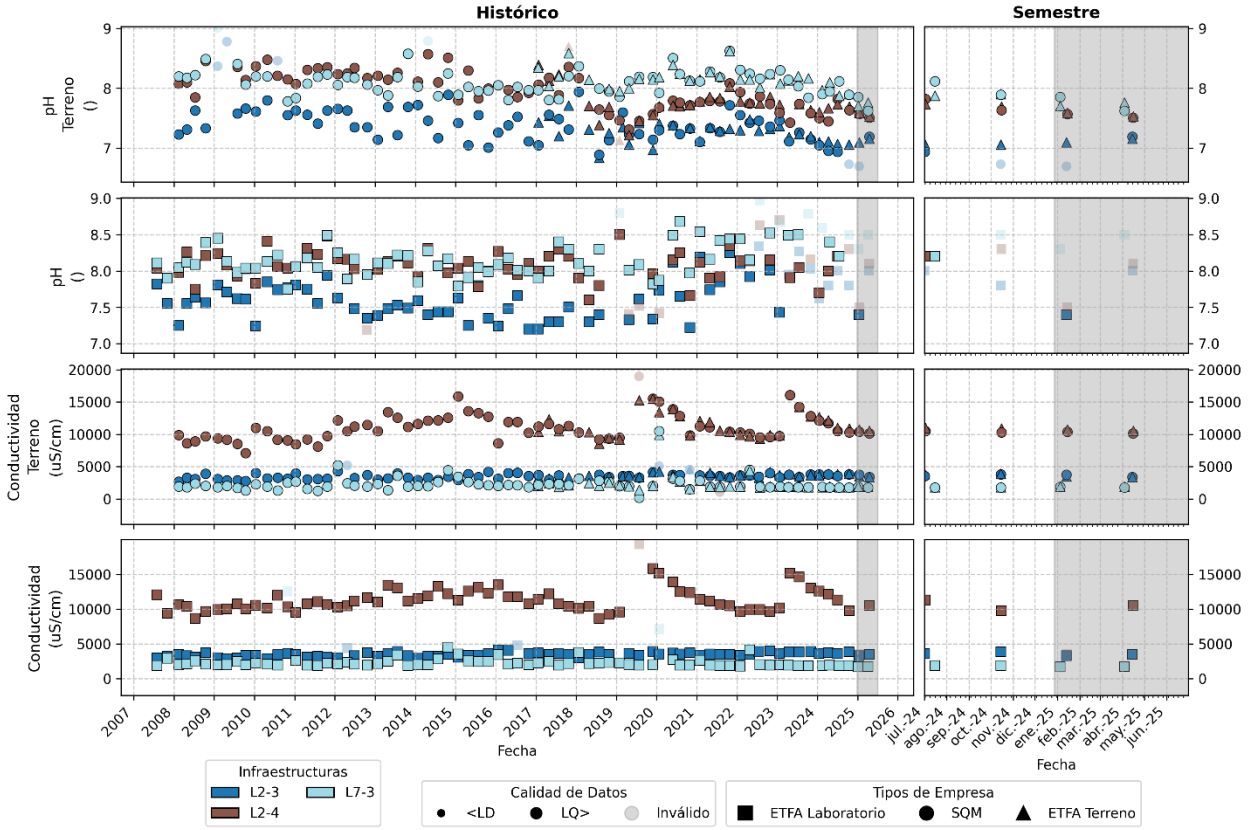
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L1-4, L1-5, L1-6 y L2-5 (continuación)



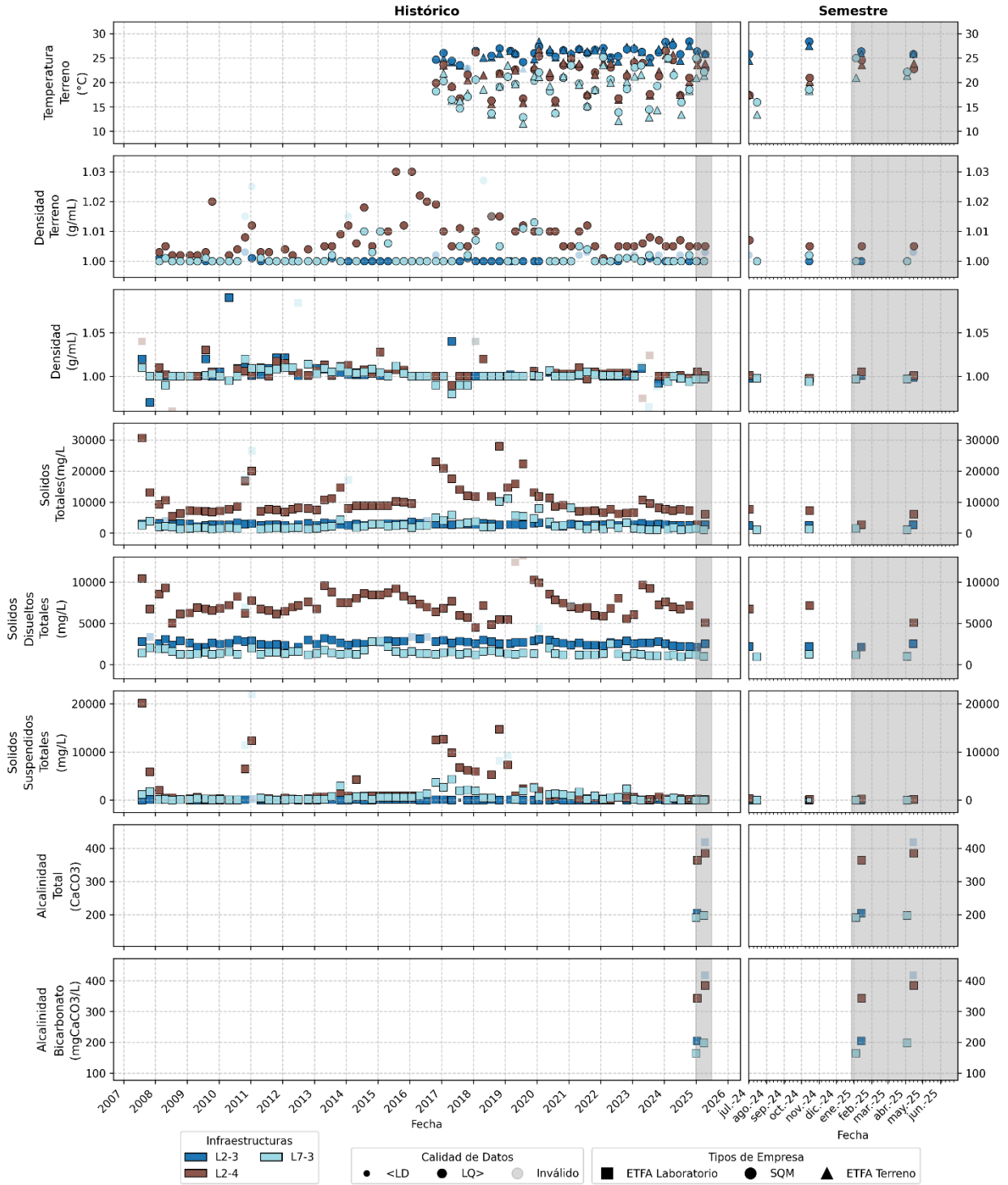
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3



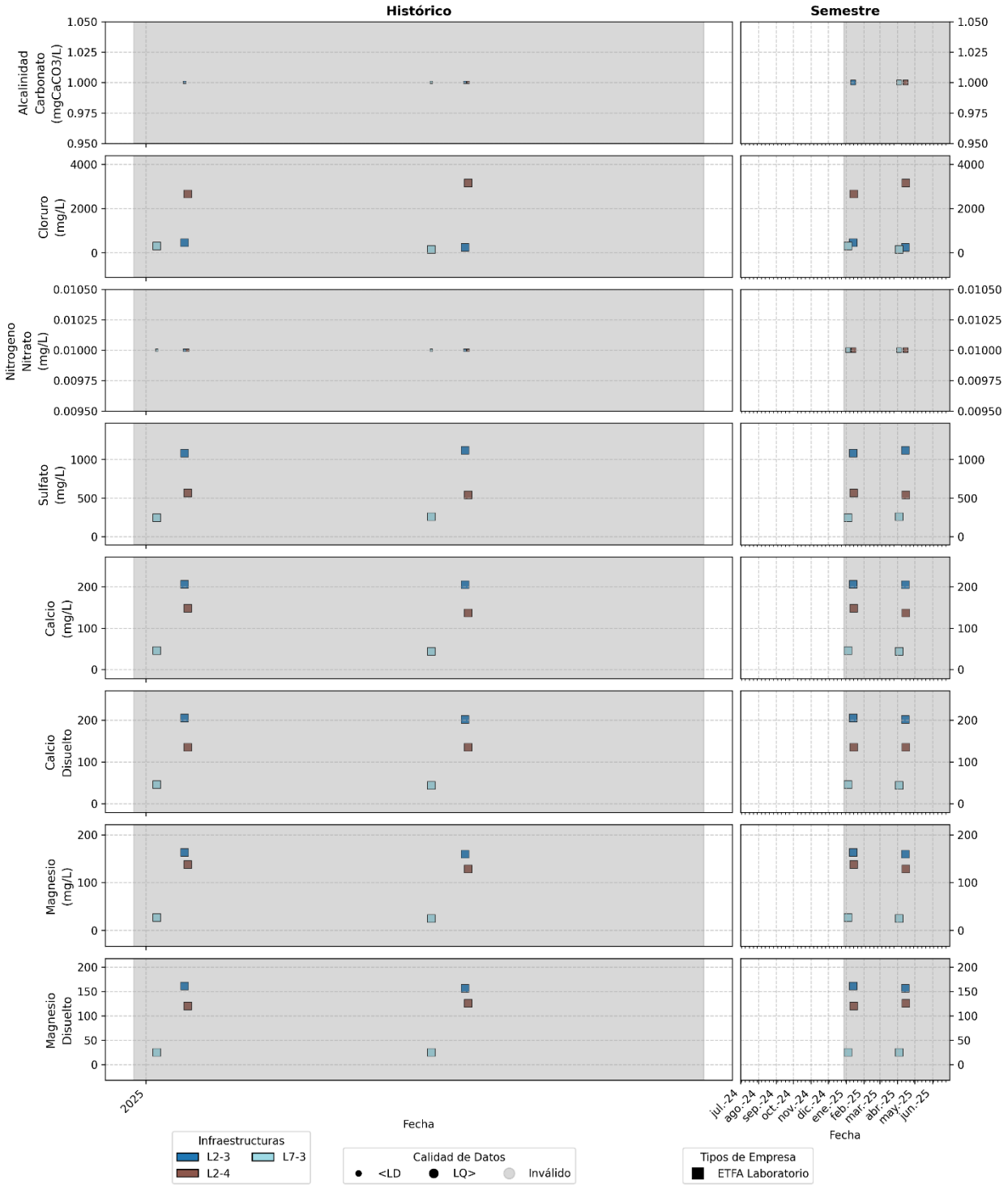
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 (continuación)



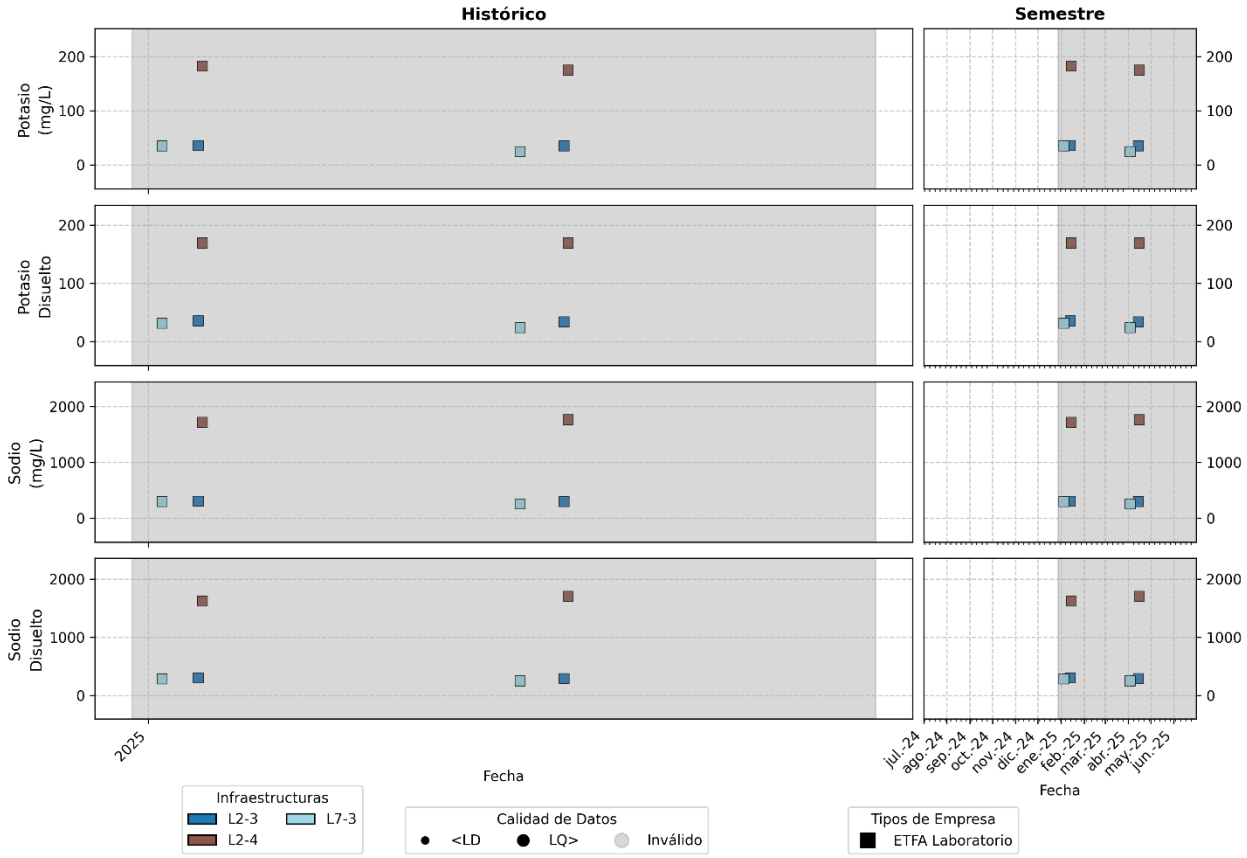
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 (continuación)



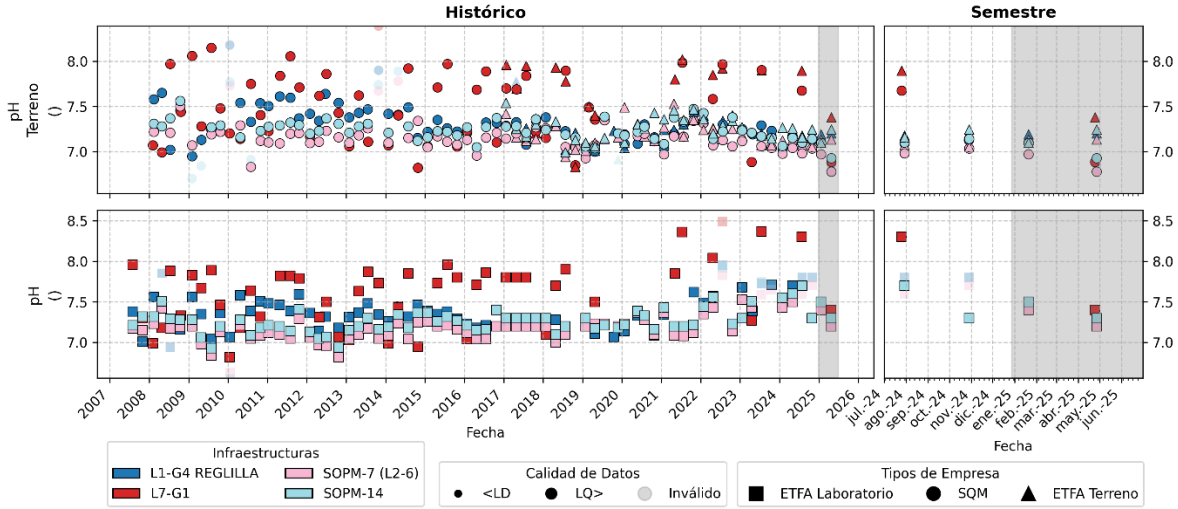
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L2-4, L2-3 y L7-3 (continuación)



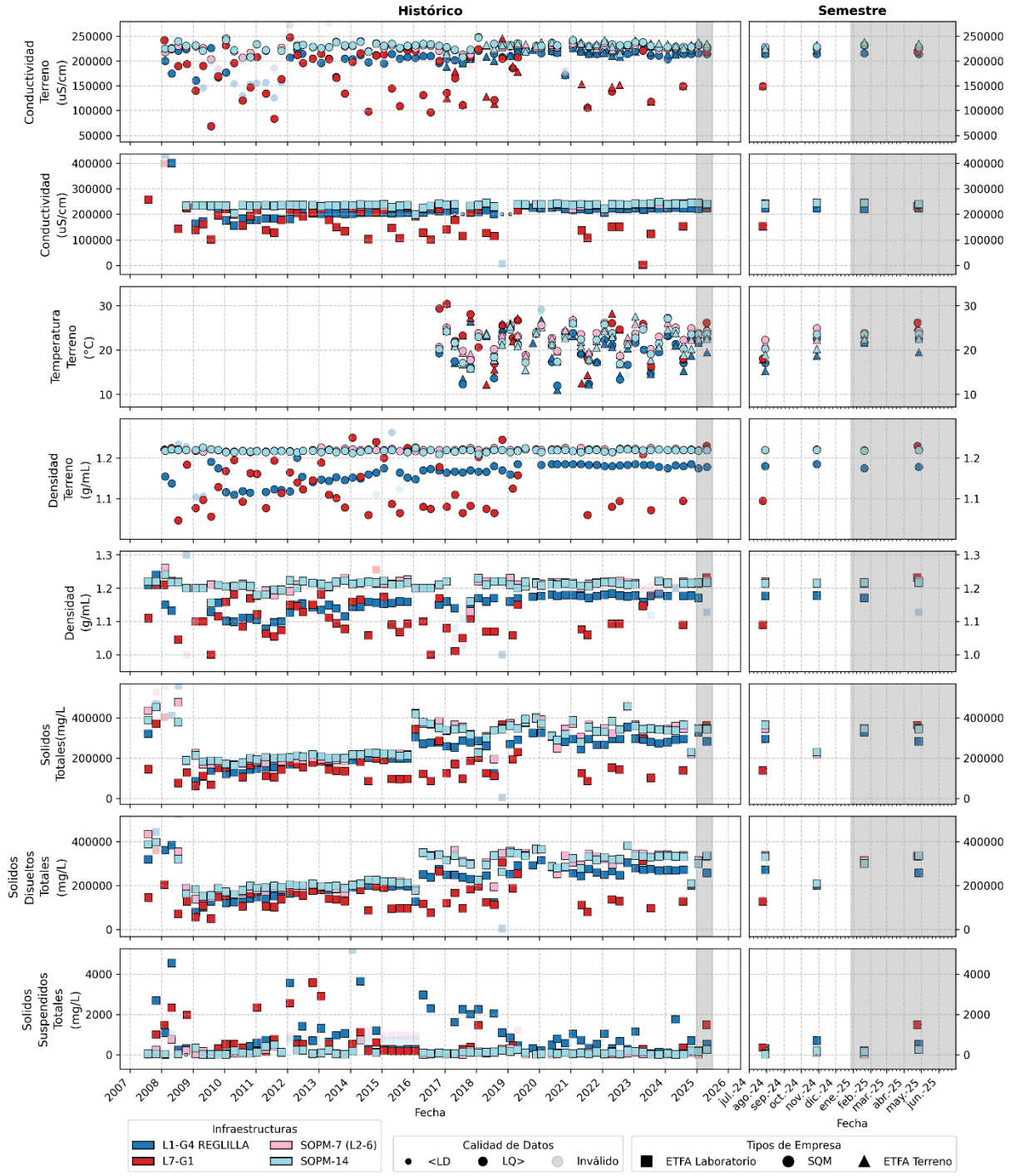
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-40: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6)



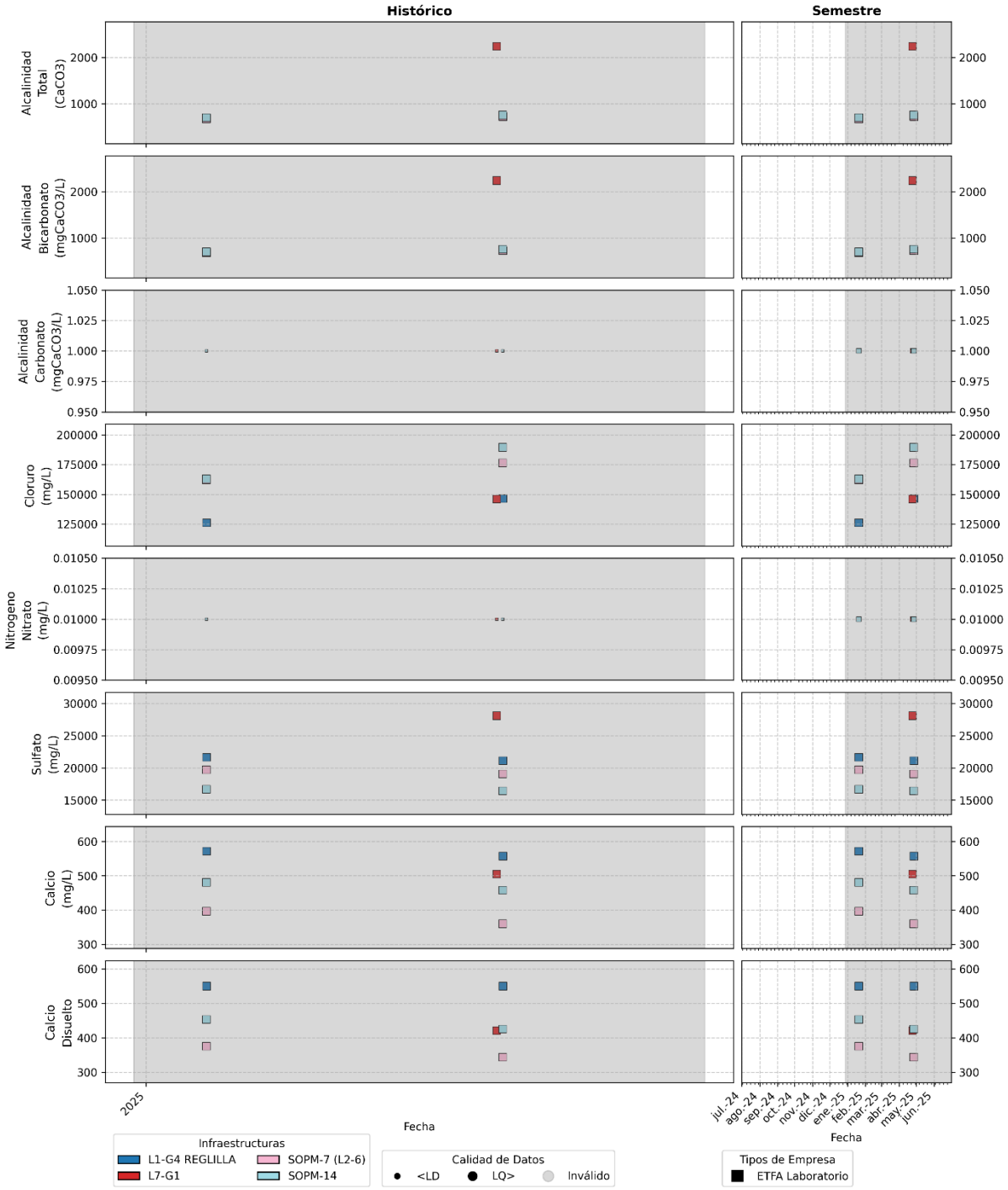
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-41: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) (continuación)



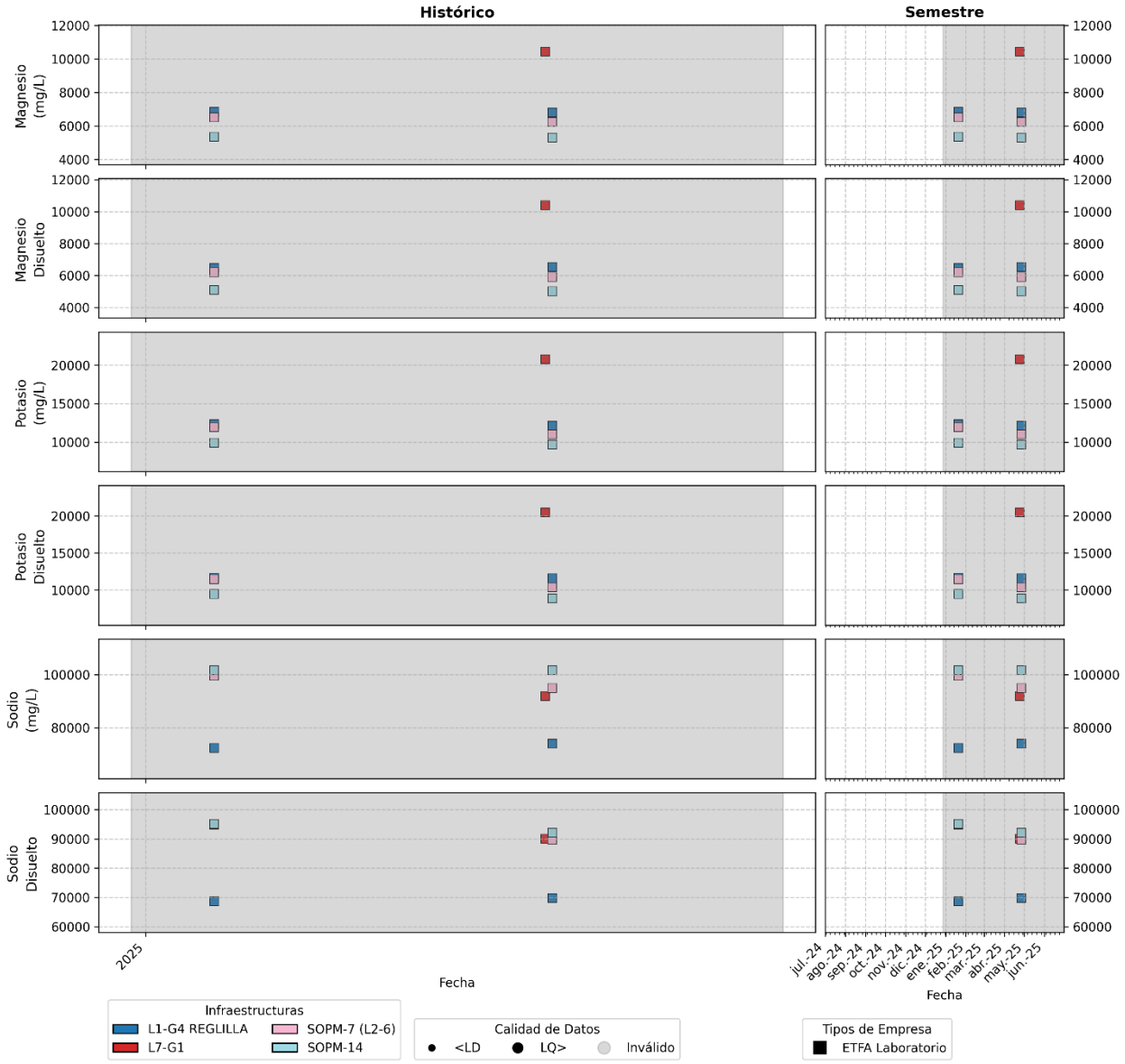
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-42: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-43: Evolución histórica calidad del agua en pozos L1-G4, L7-G1, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6) (continuación)

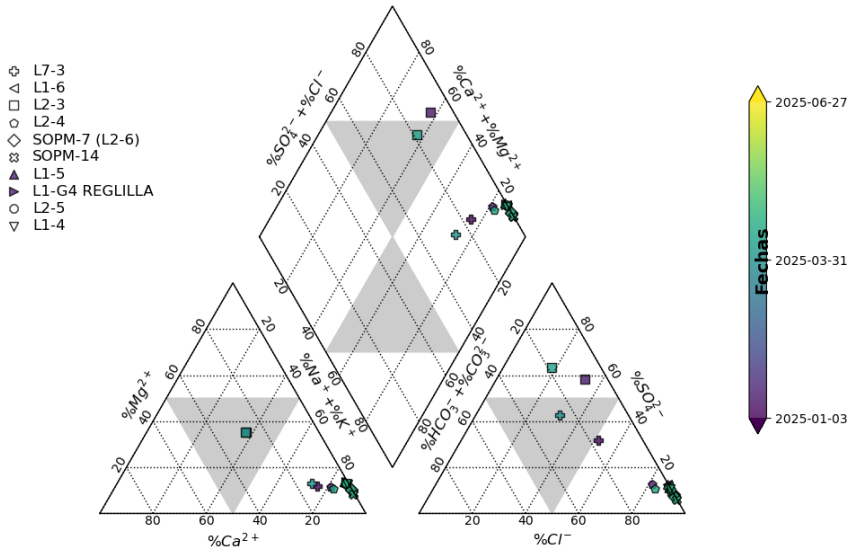


Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

La Figura 6-44 presenta el diagrama de Piper correspondiente a las muestras colectadas durante el primer semestre de 2025 y la Figura 6-45 los registros históricos validados con un balance iónico (BI) inferior al 10%. El pozo L2-3 muestra una composición sulfatada cálcica-magnésica, mientras que los pozos, L2-4, L7-

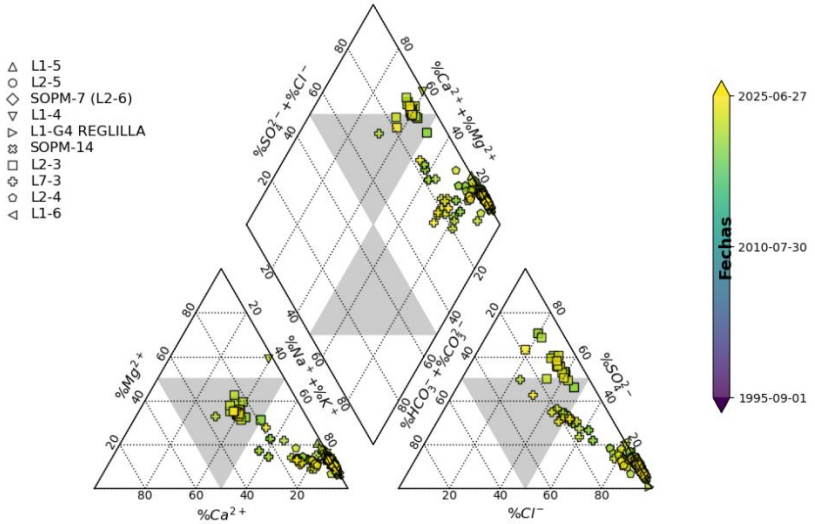
3, L1-6, SOPM-14, SOPM-7 (L2-6), L1-5, L1-G4 Reglilla, L2-5 y L1-4 presentan históricamente una composición clorurada sódica.

Figura 6-44: Diagrama de Piper del primer semestre de 2025 para los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor – Vegetación Borde Este



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Figura 6-45: Diagrama de Piper histórico para los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor – Vegetación Borde Este

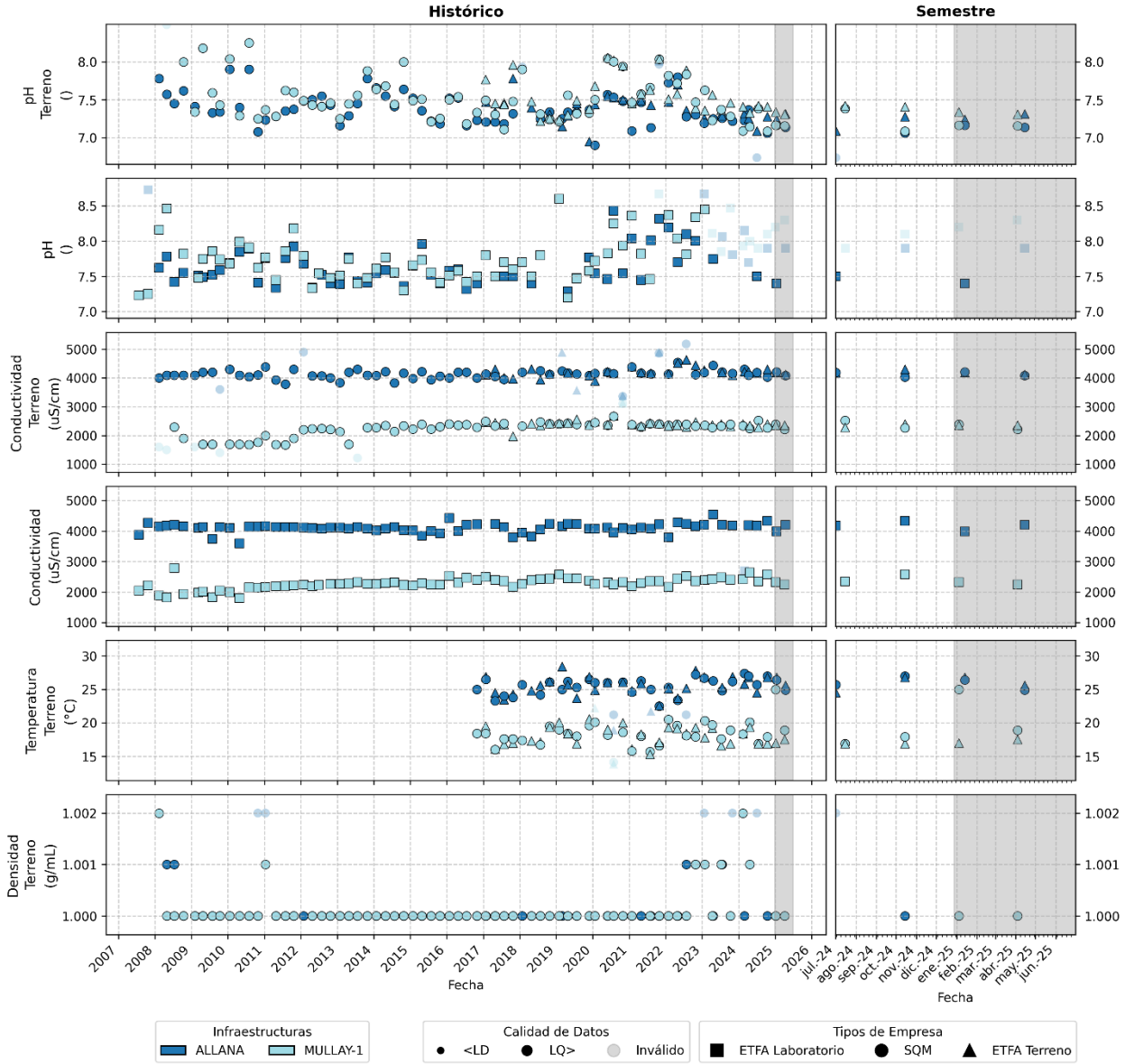


Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

6.1.1.5.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

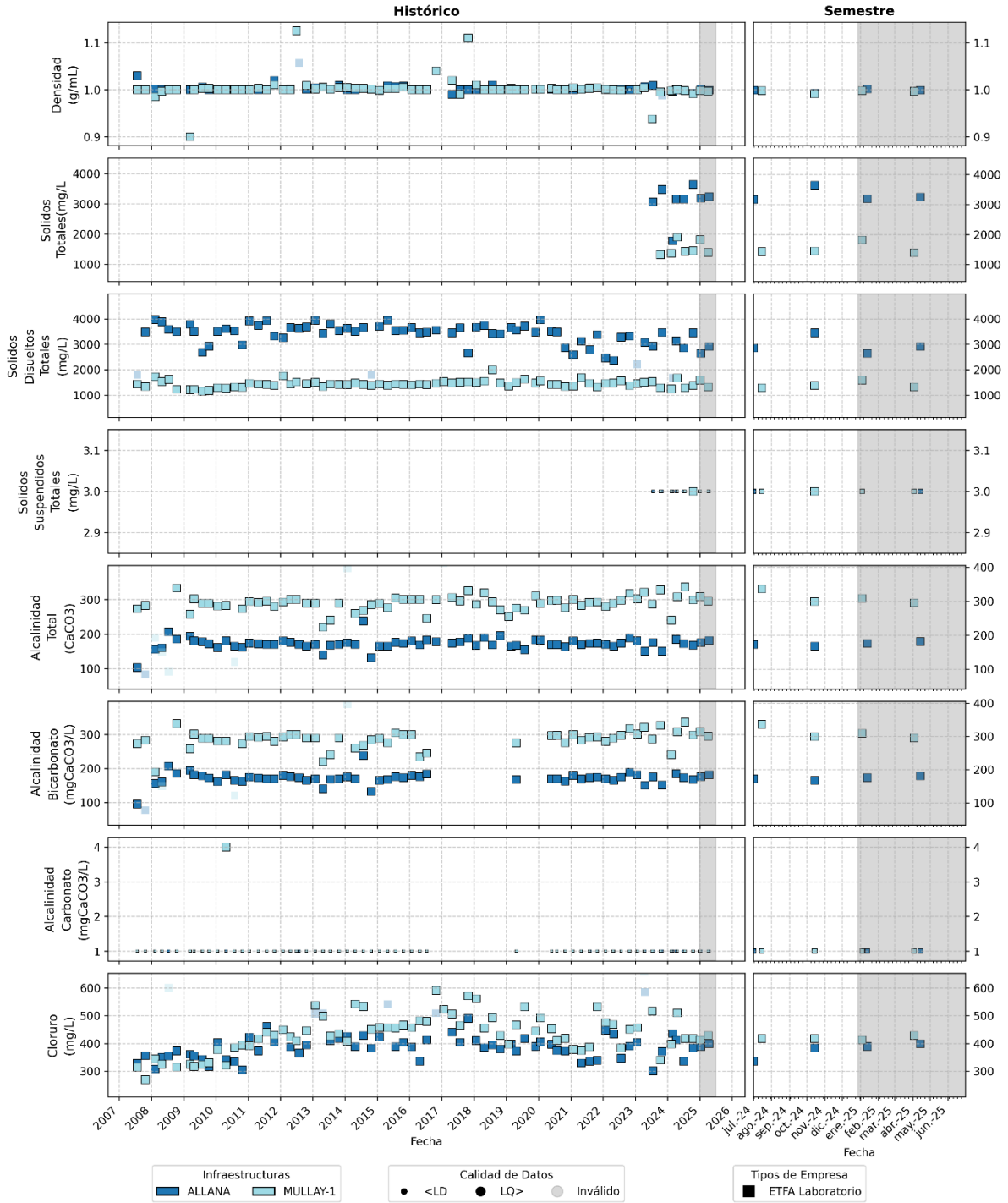
La evolución histórica de los parámetros monitoreados en los pozos de extracción de agua industrial Mullay-1 y Allana se presentan entre la Figura 6-46 a la Figura 6-49 que corresponden a Calidad 4 (ver Tabla 4-2 y Tabla 4-3).

Figura 6-46: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1



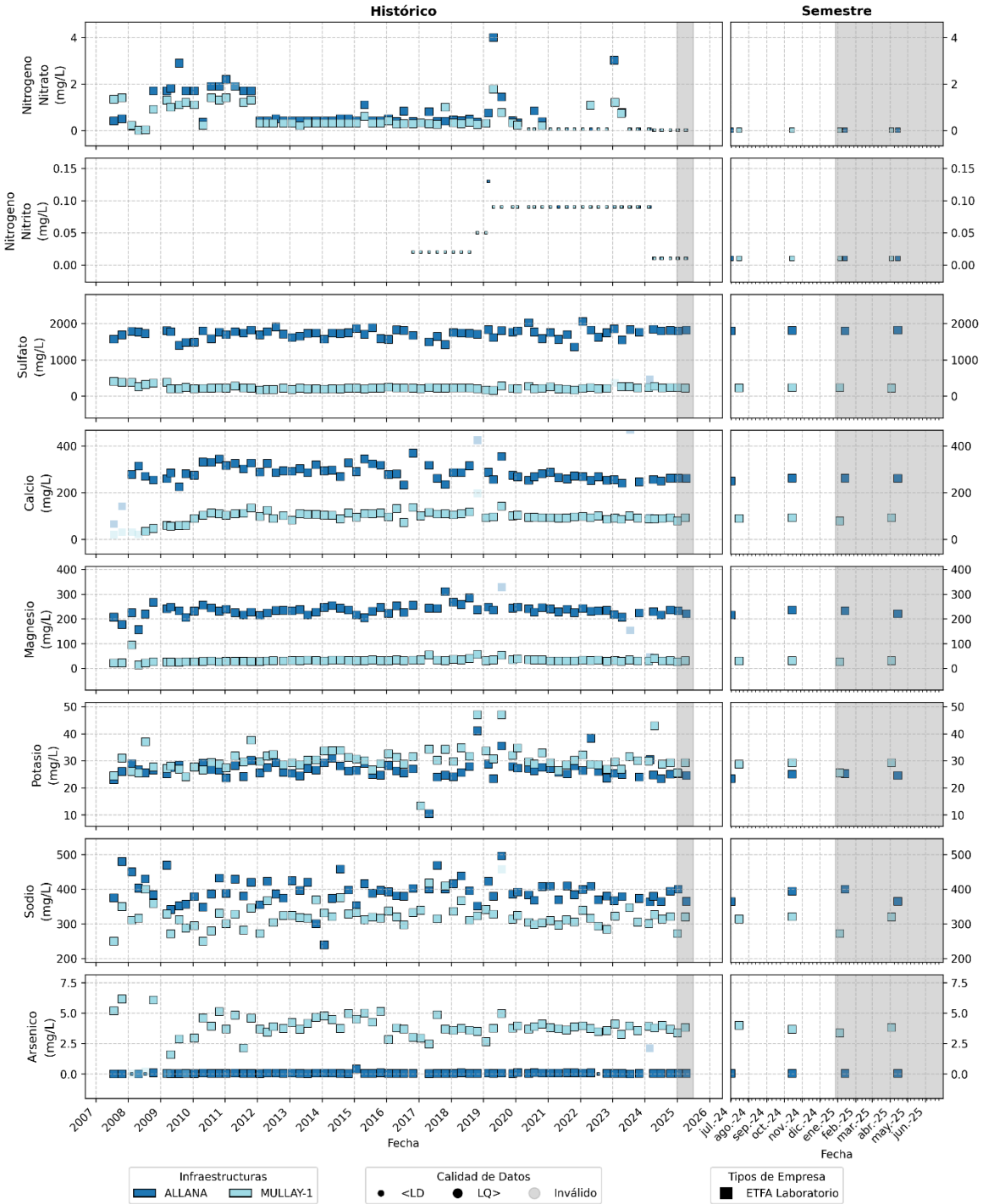
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-47: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 (continuación)



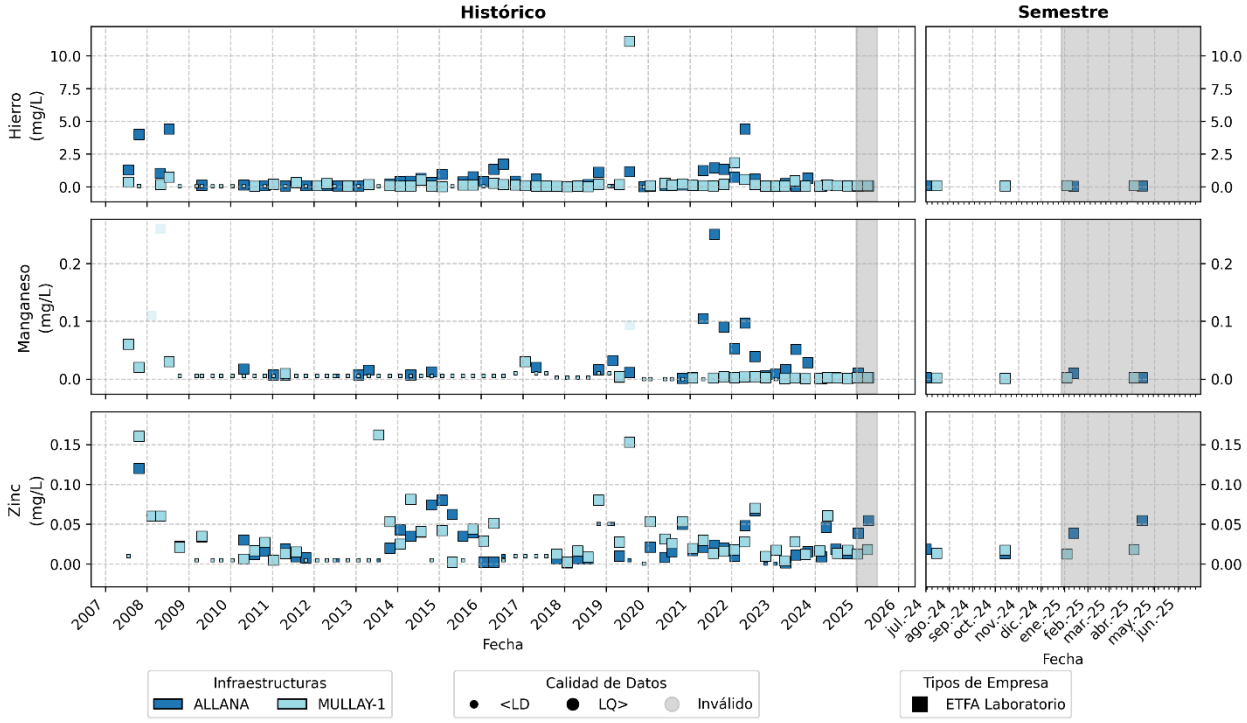
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-48: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-49: Evolución histórica calidad del agua en pozos de extracción Allana y Mullay-1 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Desde febrero de 2020, en el marco de decisiones operacionales, se reduce a más de la mitad el caudal del pozo Allana (aproximadamente 18 L/s) y se suspende la operación del pozo Mullay-1. Durante 2021, se revierte esta condición, cesando el bombeo en Allana y reactivando Mullay-1, escenario que se mantiene hasta el periodo actual de reporte.

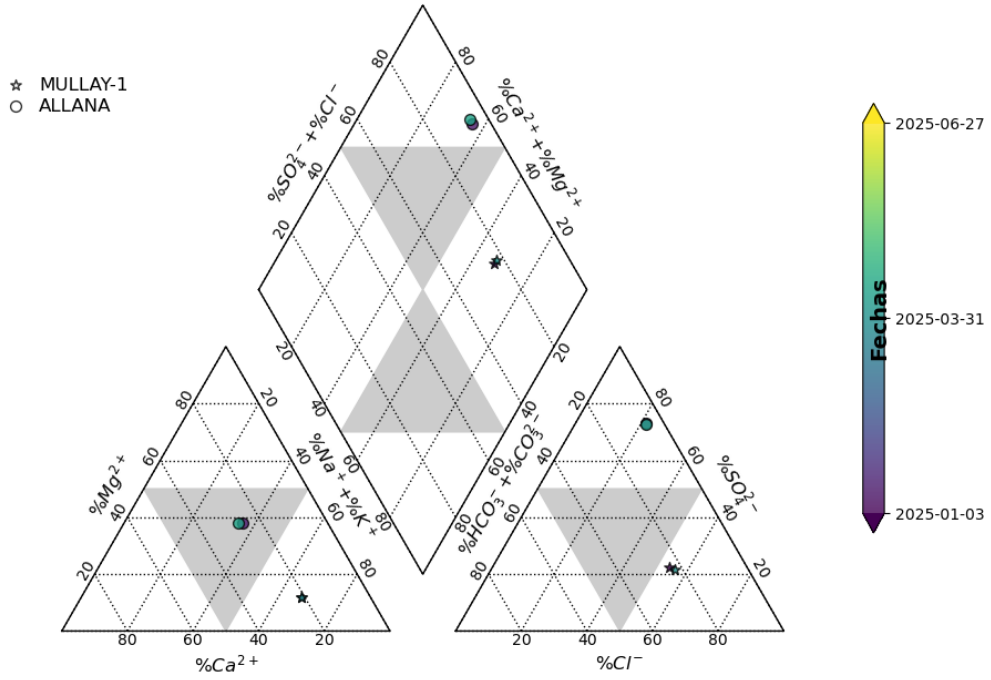
Los resultados del primer semestre de 2025 para los distintos analitos se encuentran, en general, dentro del rango histórico registrado (ver Tabla 5-28). Ambos puntos se ubican en el acuífero aluvial, caracterizado por presentar conductividad eléctrica de terreno y concentración de sólidos disueltos totales inferiores a 5.000 µS/cm y 4.000 mg/L, respectivamente. Allana registra valores superiores de conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, sulfatos y magnesio en comparación con Mullay-1, el cual presenta mayores concentraciones de arsénico.

Según el contenido promedio de sólidos disueltos totales, los fluidos de Mullay-1 y Allana se clasifican como agua dulce y agua de tipo transición, respectivamente. No obstante, al considerar también los valores promedio de conductividad eléctrica y densidad, ambos fluidos se clasifican como agua dulce, condición que se mantiene para el primer semestre de 2025.

La densidad promedio de terreno y laboratorio en Mullay-1 es de 1,00 g/mL. En el caso de Allana, la densidad de terreno medida por SQM fue invalidada por presentar una diferencia superior al 10% respecto al análisis realizado por ALS. A pesar de ello, ambos valores se encuentran dentro del rango histórico.

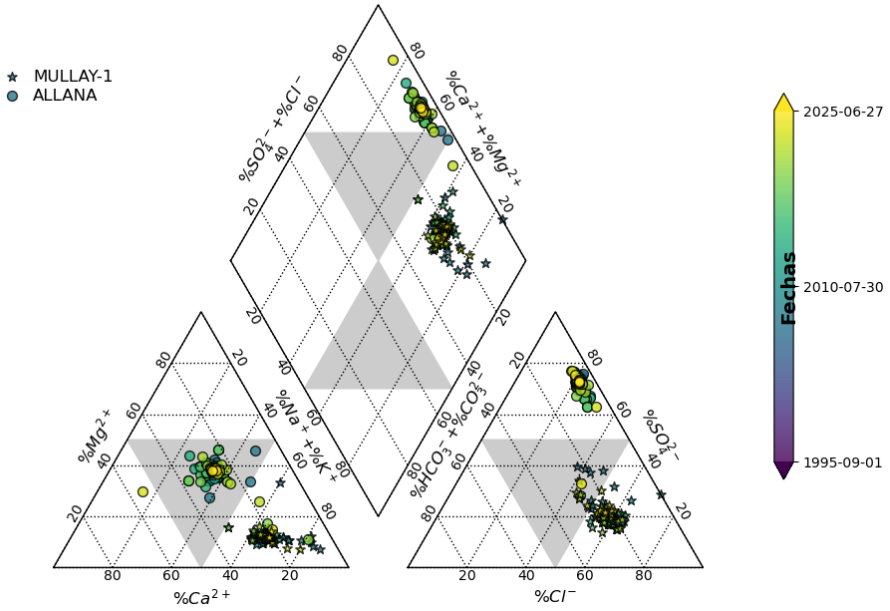
La Figura 6-50 presenta el diagrama de Piper correspondiente a las muestras colectadas durante el primer semestre de 2025 y la Figura 6-51 los registros históricos validados con un balance iónico (BI) inferior al 10%. El pozo Allana muestra una composición sulfatada cálcica-magnésica, mientras que el pozo Mullay-1 presenta históricamente una composición clorurada sódica.

Figura 6-50: Diagrama de Piper del primer semestre 2025 para los pozos Allana y Mullay-1



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Figura 6-51: Diagrama de Piper histórico para los pozos Allana y Mullay-1



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Este comportamiento es consistente con la geoquímica del acuífero aluvial, donde predominan las facies cloruradas sódicas, similares a las observadas en las quebradas del este de la cuenca. Una excepción corresponde a las aguas provenientes de la quebrada Soncor, que presentan facies sulfatado-magnésicas, las cuales se mantienen en la Unidad Hidrogeológica Aluvial en el pozo Allana.

6.1.1.5.3 Calidad del agua en sistemas lacustres

Durante el primer trimestre de 2025, solo fue posible realizar monitoreo en uno de los puntos de control de los sistemas lacustres, correspondiente al canal Burro Muerto. En el tercer trimestre, se logró acceder a los cuatro puntos de monitoreo: laguna Chaxa, laguna Barros Negros, canal Burro Muerto y laguna Puilar. La evolución histórica de los parámetros analizados se presenta desde la Figura 6-52 a Figura 6-57.

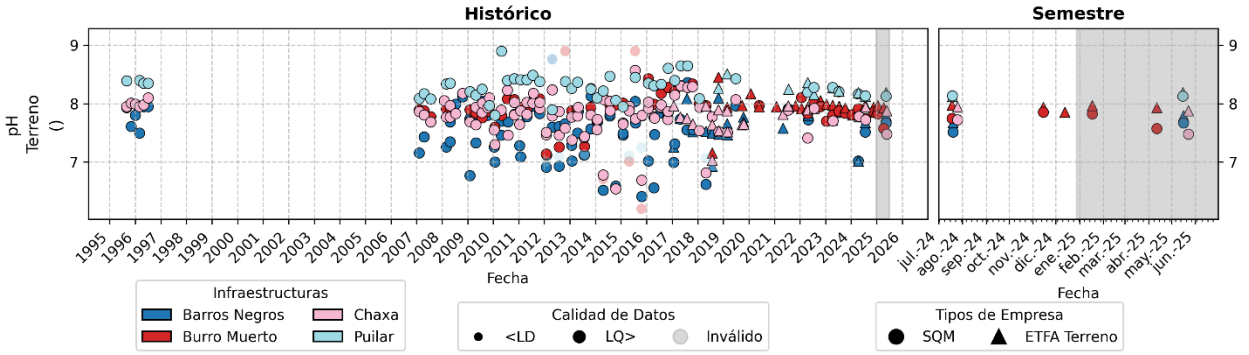
La mayoría de las mediciones se mantuvieron dentro del rango histórico. Los registros invalidados corresponden principalmente a parámetros medidos por SQM o ALS, los cuales, al ser comparados con las mediciones realizadas por SEGEA, se alejan de los criterios establecidos en el Protocolo de Validación Química (FLOW, 2023), disponible en el Anexo 3.3.

Se ha unificado la información de mediciones históricas realizadas por CONAF con las mediciones actuales de SQM, mostrando ambos valores en los casos donde se cuenta con datos de los dos laboratorios, específicamente para los parámetros de pH y temperatura de terreno.

En el análisis histórico, y considerando que se trata de cuerpos de agua superficial, se observa una marcada estacionalidad en el canal Burro Muerto y las lagunas que reciben su aporte (Chaxa y Barros Negros), controlada por la evaporación y el régimen de caudales. Este patrón se traduce en máximos estivales y mínimos invernales para las concentraciones de sólidos disueltos totales, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y conductividad eléctrica, en concordancia con los ciclos de evaporación y en sentido inverso al comportamiento de los caudales.

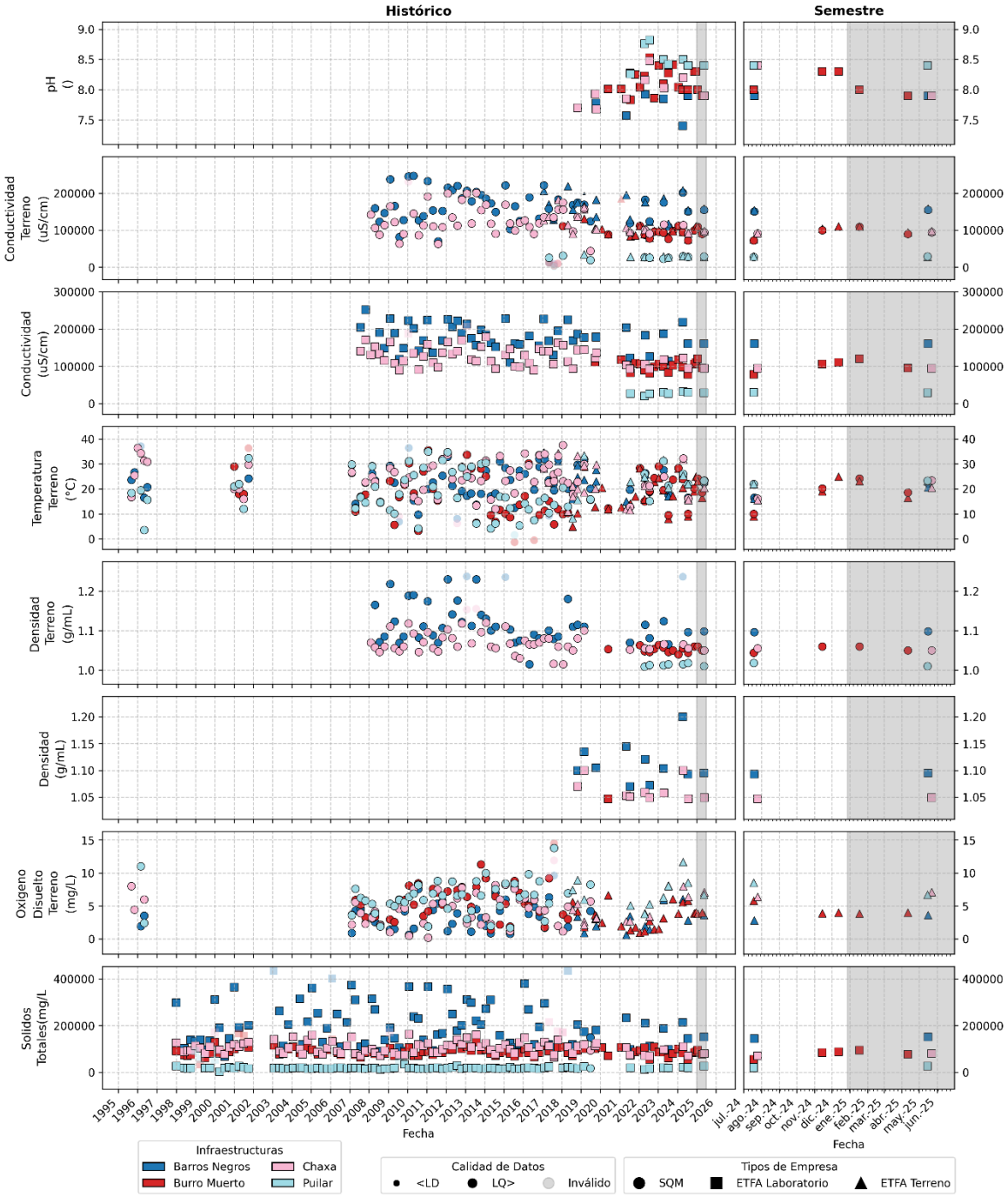
El punto de muestreo en Puilar representa una excepción a este patrón, ya que la muestra se toma en el canal que alimenta la laguna, cuya fuente proviene de la descarga del acuífero aluvial. Esta descarga es resultado del encuentro entre el agua dulce del acuífero y la interfaz salina que aflora en la zona marginal, junto con la disminución de la conductividad hidráulica y la baja pendiente del terreno. Estas condiciones generan una mayor estabilidad en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de Puilar, con una estacionalidad menos marcada, evidenciada principalmente en los valores de sólidos disueltos totales, sólidos totales y cloruros, y en menor medida en la salinidad, aunque este último parámetro cuenta con registros limitados.

Figura 6-52: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto



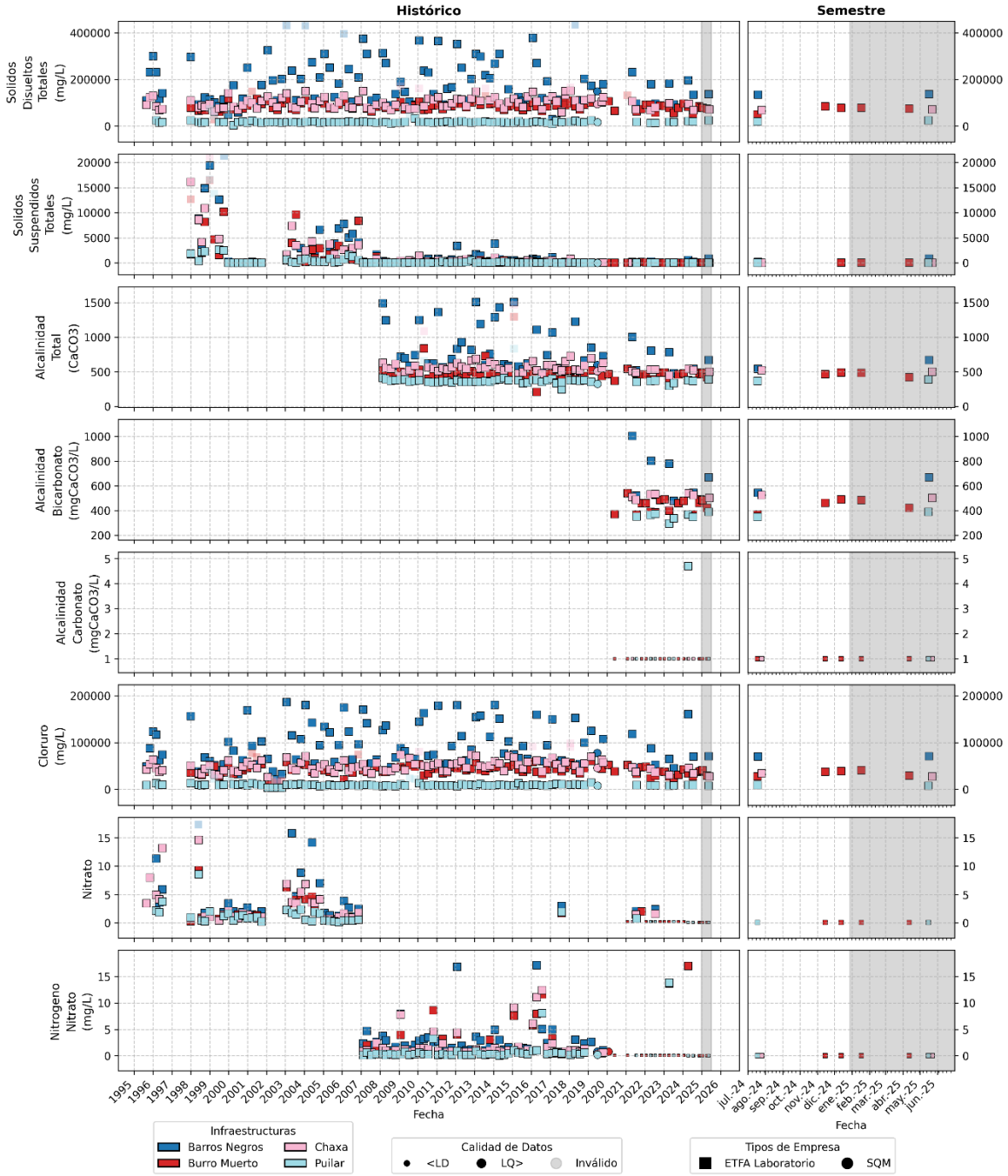
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-53: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación)



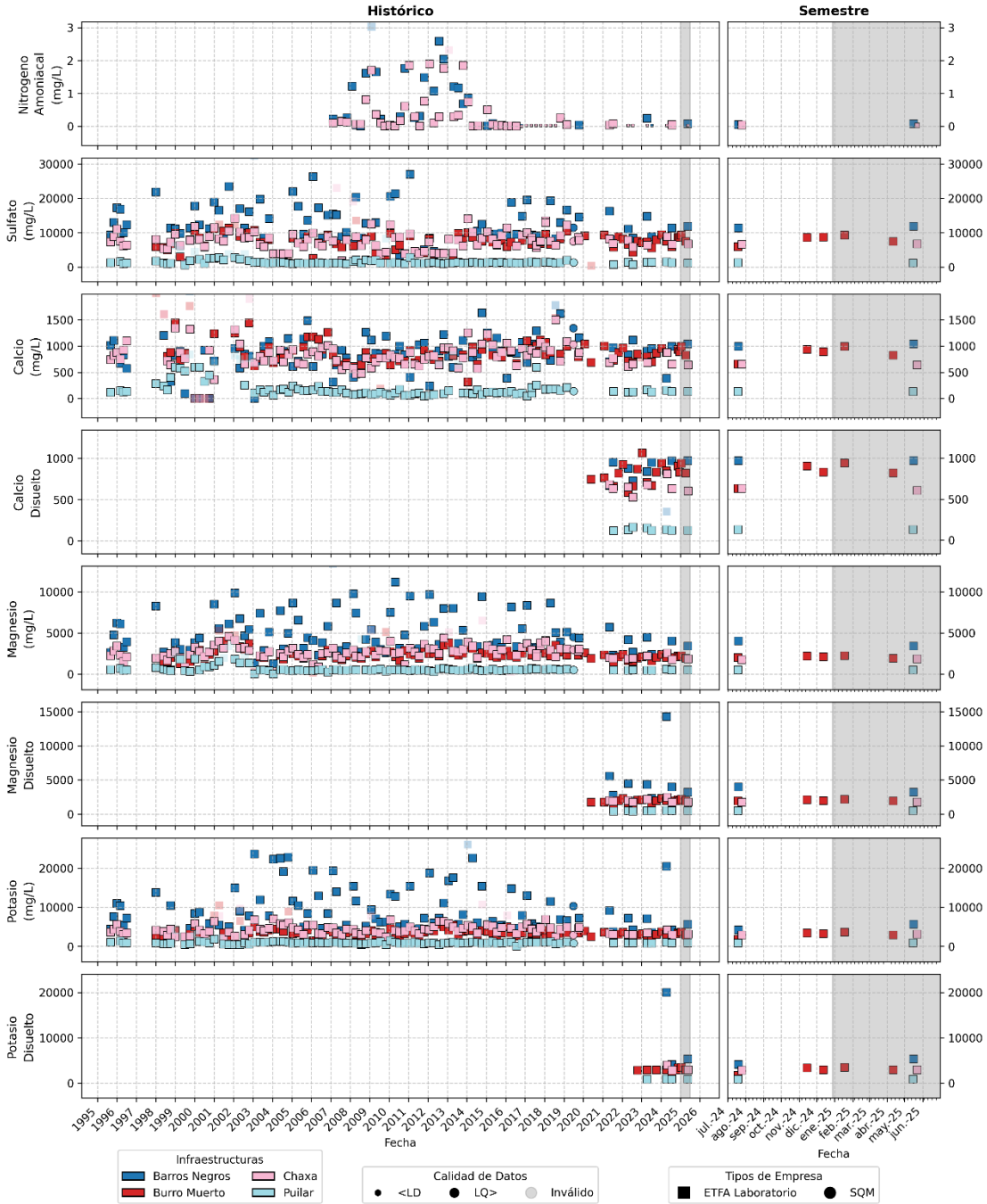
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-54: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación)



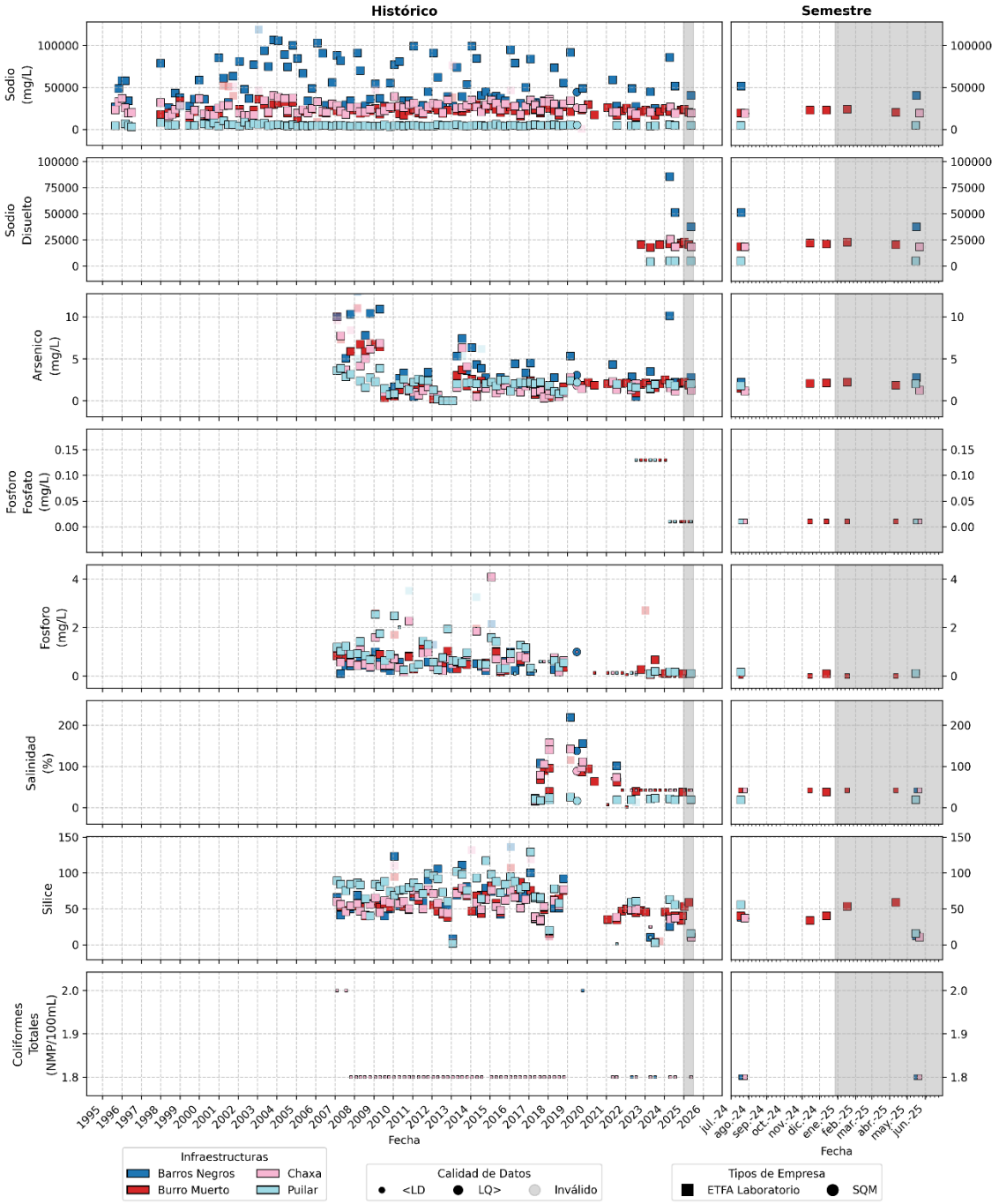
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-55: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación)



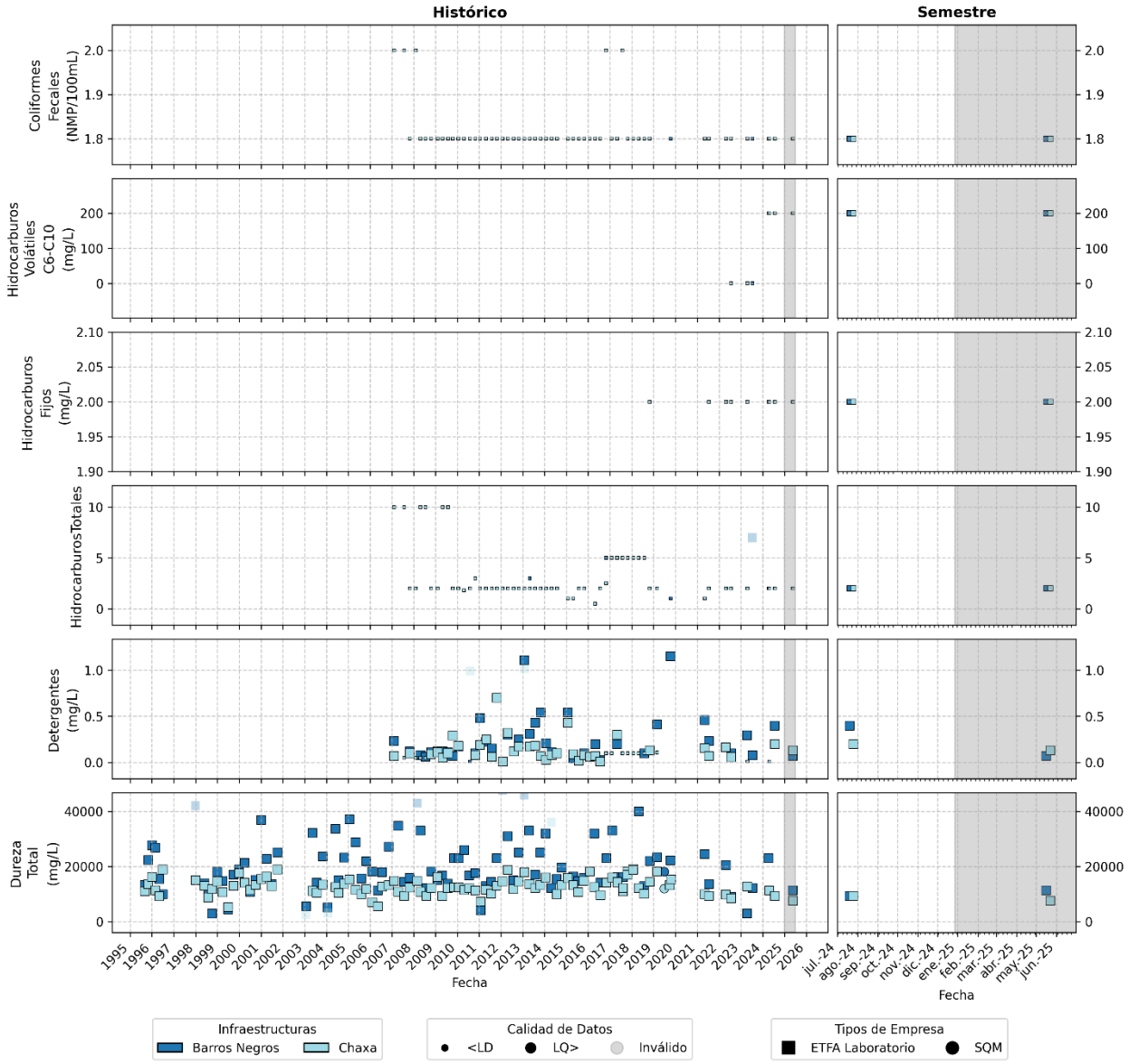
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-56: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-57: Evolución histórica calidad del agua en lagunas Chaxa, Barros Negros, Puilar y canal Burro Muerto (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se presentan en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

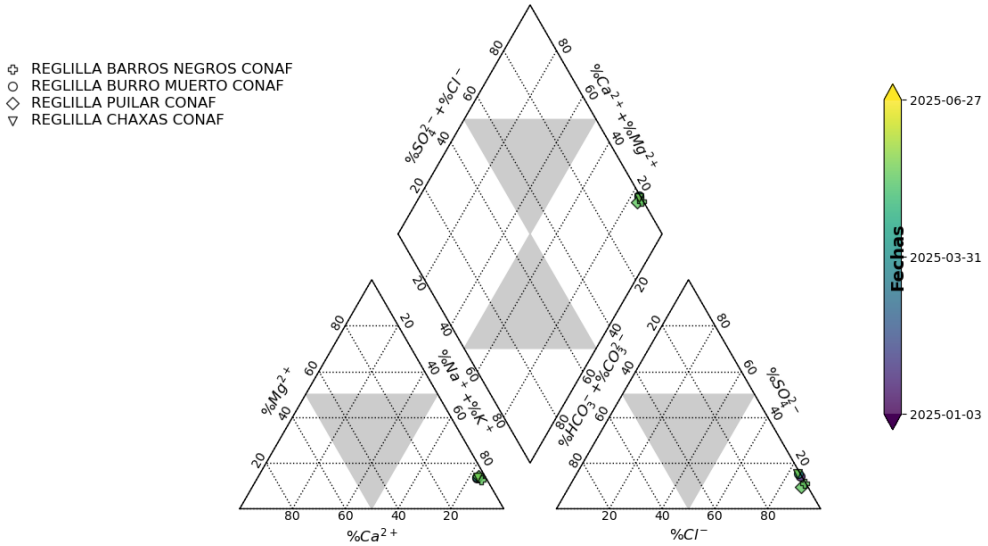
Respecto al tipo de agua presente en los cuerpos lagunares, se observa que los puntos de control de Chaxa y Canal Burro Muerto presentan concentraciones de sólidos disueltos totales promedio del orden de 90.000 mg/L, las cuales se enriquecen en sales hacia el sur al llegar a la laguna Barros Negros (laguna terminal del sistema), alcanzando en promedio 178.000 mg/L, lo que corresponde a aguas tipo salmuera.

Desde el 2022, la salinidad en los últimos años se muestra estable para los tres puntos de control y en torno al 90%, aunque varias mediciones recientes se encuentran con valores sobre el límite máximo de cuantificación (>42%). Puilar por su parte, presenta concentraciones promedio de sólidos disueltos totales de 18.000 mg/L y salinidad menor al 20% en los últimos años.

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-58 se observa el diagrama de Piper para los cuatro puntos de agua superficial en sistema Soncor para el primer semestre de 2025 y en la Figura 6-59 registro histórico. Se encuentran representadas todas las muestras que entregaron resultados de balance iónico (BI) menor que 10% (considerando para el cálculo de metales totales). Nótese que todas las lagunas se clasifican como cloruradas sódicas, con un leve aumento relativo en el contenido de magnesio en la Reglilla de Barros Negro y Burro Muerto.

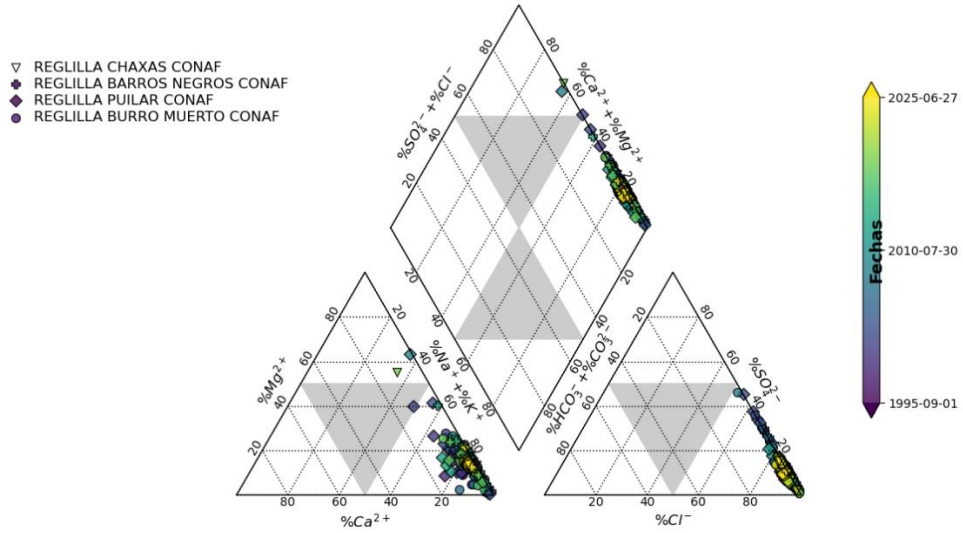
Además, dado que en el canal de Burro Muerto el flujo es de norte a sur, se produce un enriquecimiento en las concentraciones de cloruro en este mismo sentido (Figura 6-60), debido fundamentalmente a la evaporación, y en menor medida a aportes locales desde el Borde Este al canal del Burro Muerto. De esta manera, las mayores concentraciones del sistema Soncor, conforme a lo esperado de acuerdo con el funcionamiento del sistema, se registran en la laguna Barros Negros, cuerpo terminal.

Figura 6-58: Diagrama de Piper del primer semestre 2025 para las lagunas del sistema Soncor



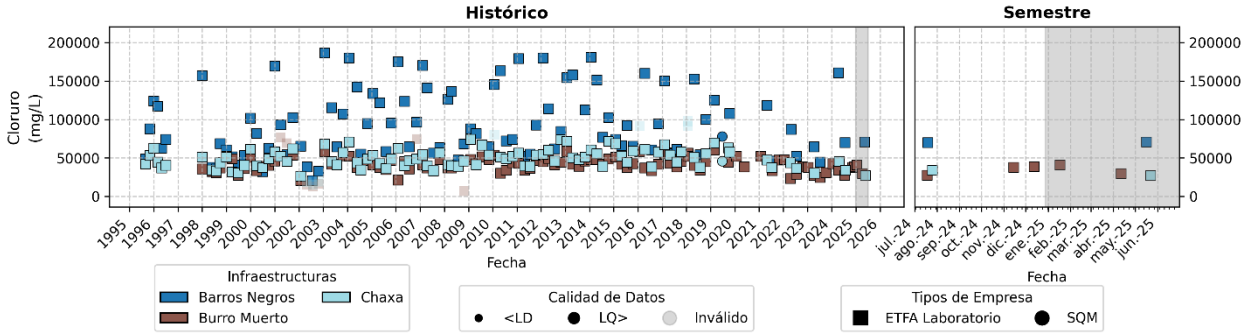
Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Figura 6-59: Diagrama de Piper del histórico para los pozos del Sistema Soncor – Vegetación Borde Este



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Figura 6-60: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia.

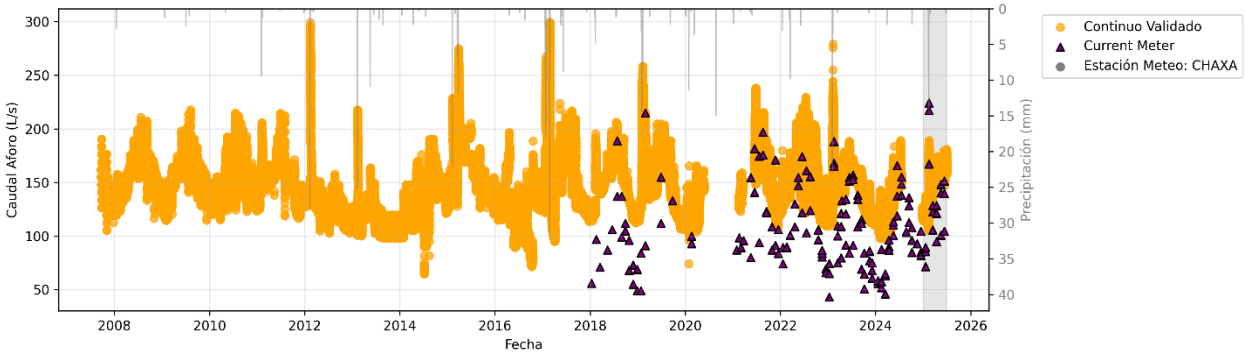
6.1.1.6 Caudal de agua superficial (aforos)

En el sistema Soncor se cuentan con dos puntos de aforo para el monitoreo del caudal de agua superficial. El primero se sitúa en el Puente San Luis, donde se realizan mediciones continuas y, adicionalmente, se efectúan mediciones manuales mensuales de manera voluntaria, complementando lo estipulado en la RCA Nº226/2006. El segundo punto, denominado Barros Negros, está ubicado a la salida de la laguna Chaxa y en él se llevan a cabo lecturas manuales mensuales. La Figura 6-61 presenta el registro histórico obtenido

en el punto de aforo del Puente San Luis, junto con los valores de precipitación registrados en la estación de Chaxa, situada a pocos metros del sitio de aforo.

Durante el primer semestre de 2025, se observa un comportamiento general estable del caudal superficial, con una excepción destacada en el mes de febrero, donde se registra un aumento puntual del caudal en respuesta directa a un evento de precipitación. Este comportamiento confirma la sensibilidad del sistema a la recarga superficial, manteniendo la coherencia con patrones observados en años secos como el periodo 2008–2012, donde los caudales presentaban mínimos en verano y aumentos graduales hacia el invierno. A diferencia de los años más húmedos entre 2012 y 2019, donde las lluvias provocaban aumentos abruptos y frecuentes, en 2025 el fenómeno de febrero aparece como un evento aislado dentro de una tendencia general más regular y estacional.

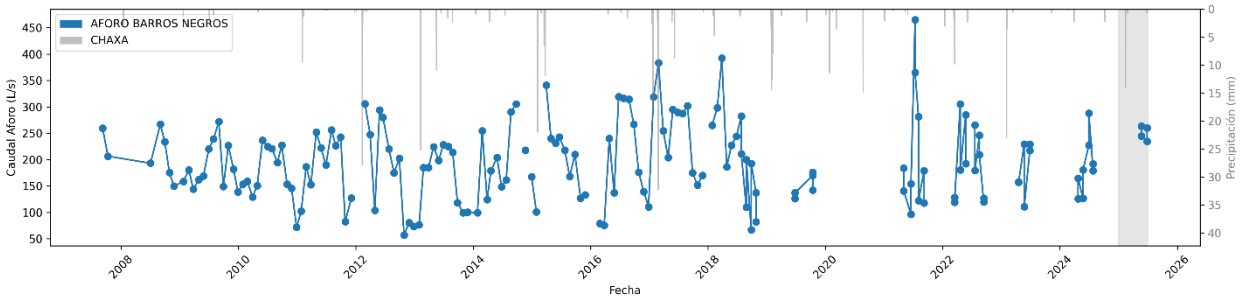
Figura 6-61: Registro histórico de mediciones en el aforo de Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en la Figura 6-62 se muestra el caudal histórico para el punto Barros Negros, junto a la precipitación medida en la estación meteorológica Chaxa. El aforo Barros Negros muestra una respuesta variable del caudal a lo largo del periodo 2008–2025, con aumentos puntuales asociados a eventos de precipitación. Sin embargo, desde 2019 se observan vacíos importantes en el registro debido a restricciones de acceso al sector, lo que limita el análisis de la evolución y estacionalidad del punto, dificultando la comparación con años anteriores y la identificación de tendencias consistentes.

Figura 6-62: Registro histórico de mediciones en el aforo de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia

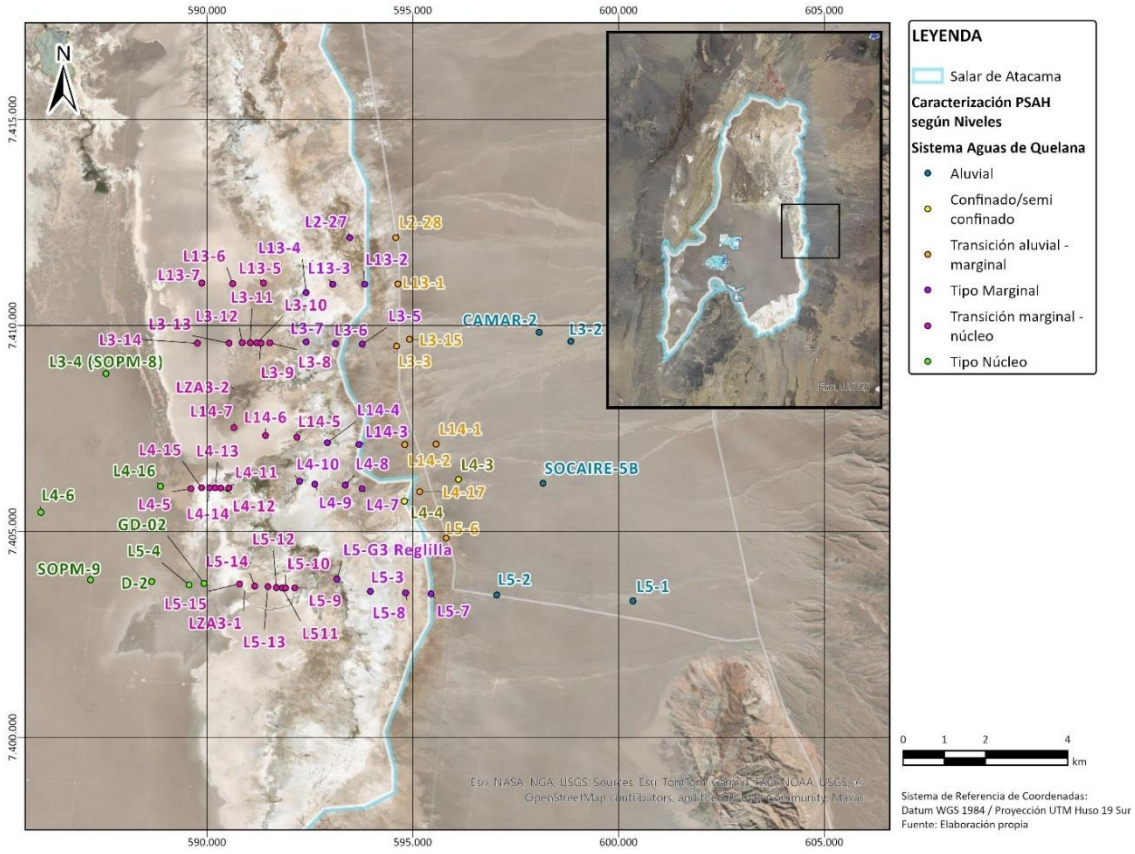
6.1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA – VEGETACIÓN BORDE ESTE

De la misma manera que se ha planteado en el sistema Soncor, para el análisis de los datos se han incluido todos los puntos ubicados en el sistema Aguas de Quelana, aunque formen parte de la clasificación administrativa del sistema Vegetación Borde Este (Figura 6-63). Se incluyen por tanto en este apartado también los siguientes puntos:

- **De la serie L2**: L2-27, L2-28
- **De la serie L3**: L3-3, L3-5, L3-15, L3-11, L3-16
- **De la serie L4:** L4-3, L4-7, L4-10, L4-17

Cabe decir para efectos del capítulo 6, desde este punto del reporte y en adelante se tratará a este sector correspondiente al Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este, como Sistema Aguas de Quelana, dado que la delimitación del Sistema Vegetación Borde Este corresponde a condicionantes en la vegetación y no a términos hidrogeológicos. Por lo que se considera más conveniente tratarlo como un único Sistema Aguas de Quelana.

Figura 6-63: Infraestructura presente en el sistema Aguas de Quelana y clasificada según comportamiento de los niveles



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

6.1.2.1 Niveles de agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta el análisis de los niveles registrados en el Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este, con énfasis en la comparación entre el comportamiento histórico y las mediciones correspondientes al primer semestre de 2025.

El objetivo principal de los pozos ubicados en este sistema es evaluar el posible efecto de la explotación de salmuera en el núcleo sobre las lagunas difusas y dispersas, así como el impacto de las operaciones de los pozos de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B.

El análisis ha permitido identificar distintos comportamientos hidrogeológicos, similares a los observados en el Sistema Soncor. En particular, se reconocen respuestas asociadas al acuífero aluvial, a zonas de transición entre el aluvial y el marginal, a la Zona Marginal influenciada por la interfaz salina, y a un comportamiento transicional entre la Zona Marginal y el núcleo. A diferencia los Sistemas Soncor y Peine, este sector no cuenta con un sistema de lagunas y canales superficiales. En su lugar, se presenta una distribución irregular de afloramientos de agua subterránea, asociados al ascenso de agua dulce de origen cordillerano —favorecido por la presencia de la interfaz salina— y a un cambio topográfico que controla la disposición espacial de los cuerpos de agua en dirección preferencial norte-sur.

Como resultado, se identifica un comportamiento hidrogeológico particular, no observado en el Sistema Soncor, correspondiente a una transición entre la Zona Marginal y el núcleo. A continuación, se presentan las series de niveles y el análisis correspondiente.

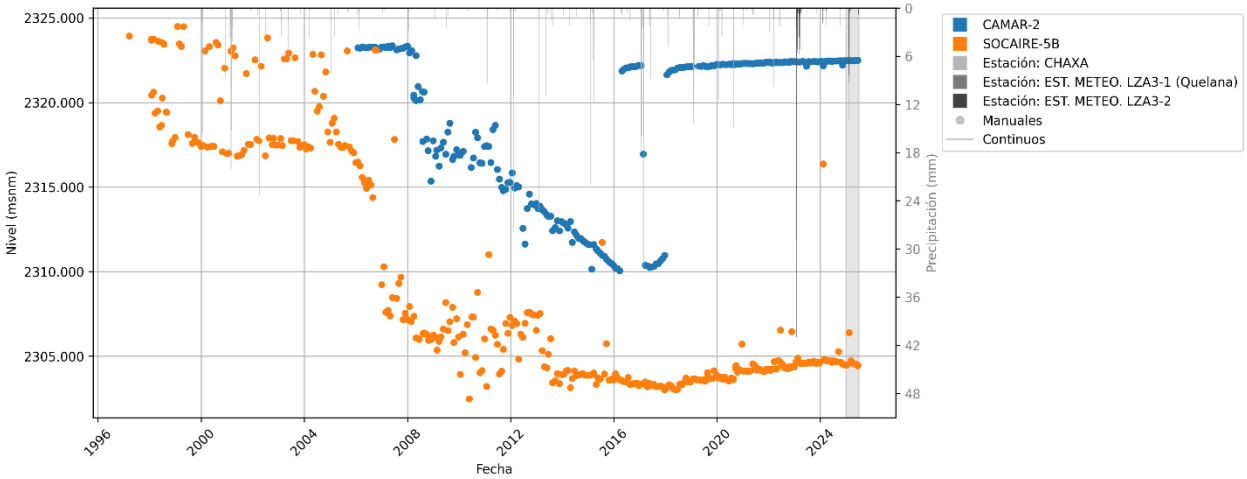
6.1.2.1.1 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

Los pozos de agua industrial presentes en el Sistema Aguas de Quelana son el Camar-2 y Socaire-5B. En la Figura 6-64 se presentan los niveles registrados históricamente en ambos puntos.

En términos generales, ambos pozos mostraron descensos continuos desde el inicio de su operación. Entre 2008 y 2018, el pozo Socaire-5B presentó una tendencia descendente con oscilaciones irregulares, correspondiente a la superposición de valores estáticos y dinámicos generados por el bombeo. A partir de 2018, esta tendencia se revirtió, registrando un aumento en el nivel con una tasa aproximada de 22 cm/año (considerando el primer semestre de 2025). Este cambio está directamente relacionado con la detención del pozo vecino Camar-2 en febrero de 2018.

Por su parte, el pozo Camar-2 mostró ascensos significativos en los niveles como respuesta a su detención durante los períodos 2016–2017 y 2018, respectivamente. Desde su desmantelamiento definitivo en 2021, los niveles se han mantenido mayormente estables sobre la cota de 2.322 m s.n.m., con una tasa de ascenso estimada en torno a 6 cm/año, calculada hasta junio de 2025.

Figura 6-64: Niveles en los pozos de agua industrial del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.2.1.2 Pozos en Zona Aluvial

Los siguientes pozos analizados en el Sistema Aguas de Quelana corresponden al acuífero aluvial y están representados por los puntos L3-2, L3-16, L5-1 y L5-2. Debido a las diferencias significativas de cota entre ellos, que dificultan la visualización conjunta de sus niveles, en la En cuanto a los puntos L5-1 y L5-2, antes de la detención definitiva del pozo Camar-2, registraban tasas de descenso promedio de 6,8 cm/año y 5,8 cm/año, respectivamente. El efecto del cese de operaciones comenzó a evidenciarse a mediados de 2019 en el punto L5-1 y a partir de 2020 en el L5-2, mostrando desde entonces una estabilización en los niveles que se mantiene hasta el primer semestre de 2025. En este último pozo, es posible notar marginalmente una componente estacional desde aproximadamente el 2021 en adelante, lo cual es indicativo de una menor influencia antrópica (bombeo) y más natural por su cercanía a la zona marginal y oscilación característica.

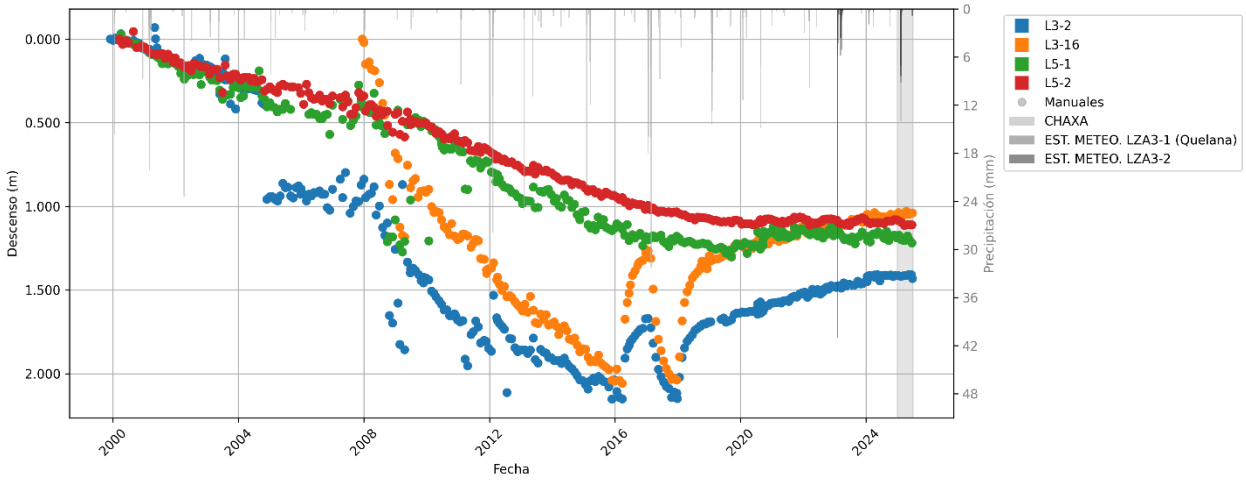
Figura 6-65 se presentan los descensos calculados individualmente para cada pozo.

Desde el inicio de su monitoreo hasta 2018, los puntos L3-2 y L3-16 —ubicados a 800 m y 350 m del pozo Camar-2, respectivamente— mostraron tasas de descenso de 15 cm/año y 20 cm/año. Posteriormente, tras la detención del pozo Camar-2 en 2016 y nuevamente en 2018, se observó un ascenso rápido y

sostenido de los niveles, con una tasa aproximada de 5 cm/año. A partir de inicios de 2024, ambos puntos presentan un patrón de estabilización con ascenso marginal en sus niveles.

En cuanto a los puntos L5-1 y L5-2, antes de la detención definitiva del pozo Camar-2, registraban tasas de descenso promedio de 6,8 cm/año y 5,8 cm/año, respectivamente. El efecto del cese de operaciones comenzó a evidenciarse a mediados de 2019 en el punto L5-1 y a partir de 2020 en el L5-2, mostrando desde entonces una estabilización en los niveles que se mantiene hasta el primer semestre de 2025. En este último pozo, es posible notar marginalmente una componente estacional desde aproximadamente el 2021 en adelante, lo cual es indicativo de una menor influencia antrópica (bombeo) y más natural por su cercanía a la zona marginal y oscilación característica.

Figura 6-65: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del Sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.2.1.3 Pozos en Zona Marginal

En esta sección se analiza el comportamiento de los puntos localizados en la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana. Tal como se ha señalado previamente en el análisis del Sistema Soncor, esta zona presenta una diversidad de comportamientos hidrogeológicos, producto de múltiples factores que modifican los niveles de forma local y diferenciada según el sector.

En el Sistema Aguas de Quelana, se identifican pozos con comportamientos representativos de distintas unidades hidrogeológicas: transicional aluvial, marginal, transicional marginal-núcleo y tipo núcleo. Cada uno de estos comportamientos se describe a continuación, considerando sus características particulares y su relación con la dinámica del sistema.

6.1.2.1.3.1 Pozos de comportamiento transicional aluvial – marginal

Los puntos más cercanos al acuífero aluvial presentan un comportamiento transicional, caracterizado por una tendencia de descenso típica del acuífero aluvial —influenciada principalmente por las extracciones de agua industrial— junto con una oscilación estacional propia de la zona marginal. Debido a las diferencias de cota entre los pozos, que dificultan la visualización conjunta de sus niveles, en la Figura 6-66 se presentan los descensos calculados individualmente para este grupo.

El punto ubicado más al norte, L2-28, ha mostrado históricamente una marcada oscilación, con una tasa de descenso promedio de 5 cm/año. Tras las lluvias de febrero de 2019, se registró un ascenso de nivel de aproximadamente 44 cm, alcanzando cotas no observadas desde 2013. Posteriormente, el nivel retomó su tendencia descendente, con una pendiente más pronunciada hasta 2022. Desde entonces, se observa una tendencia general de ascenso de aproximadamente 2 cm/año, con mínimos estacionales registrados a cotas de nivel progresivamente mayores. Este comportamiento podría estar asociado a una respuesta desfasada al cese del bombeo en el pozo Camar-2, como se ha observado en otros puntos del acuífero aluvial. Durante el primer semestre de 2025, el mínimo estacional registrado se sitúa aproximadamente 3,6 cm por encima del mínimo correspondiente al primer semestre de 2024. Este incremento podría atribuirse al aumento en los niveles ocasionado por las precipitaciones ocurridas en febrero.

El punto L13-1, ubicado inmediatamente al sur del L2-28, presenta un comportamiento análogo. Entre 2007 y 2019, mostró una tasa de descenso de 5,5 cm/año. Posteriormente, tras las precipitaciones de febrero de 2019, se evidenció una estabilización del nivel, con máximos estacionales similares entre 2021 y 2024, y mínimos que se posicionan en cotas cada vez más altas.

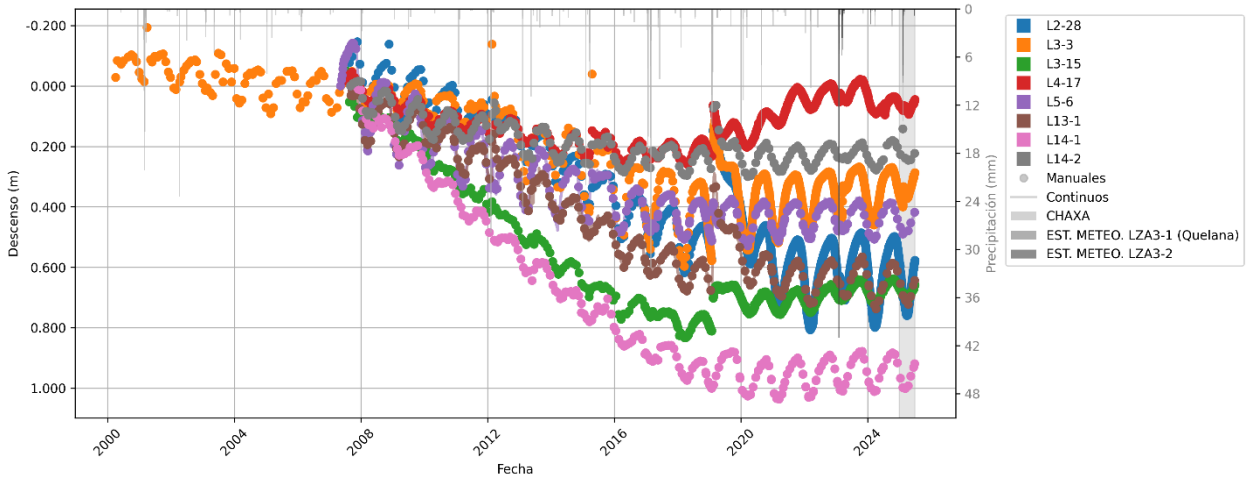
Más al sur, el punto L3-15, ubicado sobre la transecta del pozo Camar-2, mostró una clara respuesta de ascenso tras la detención del bombeo. Hasta 2019, presentaba una tasa de descenso de aproximadamente 7 cm/año, la cual se revirtió a una tasa de ascenso cercana a 1 cm/año. Este patrón también se observa en

los puntos L3-3 (ubicado 350 m aguas abajo del L3-15), L14-1 y L14-2, todos los cuales han mantenido una tendencia ascendente hasta el primer semestre de 2025.

El punto L4-17, ubicado más al sur y sobre la transecta del pozo Socaire-5B, mostró un descenso sostenido hasta febrero de 2019, con una tasa de aproximadamente 2 cm/año. Desde entonces y hasta mediados de 2024, presenta una tendencia ascendente con una tasa cercana a 4 cm/año, ascenso que se ha estabilizado manteniendo la oscilación estacional característica del pozo. A pesar de su proximidad al pozo Socaire-5B —que no ha modificado su régimen de extracción— este comportamiento sugiere una alta heterogeneidad en los parámetros hidráulicos del acuífero en el entorno distal del acuífero aluvial.

Finalmente, el punto L5-6, ubicado aún más al sur, muestra un comportamiento similar al de los puntos L2-28 y L13-1. Hasta 2018, presentaba una tasa de descenso de 4 cm/año. Desde entonces, se ha observado una estabilización del nivel, con máximos estacionales registrados en cotas similares entre 2018 y 2025 y mínimos que se posicionan levemente por encima de los años previos, lo que ha reducido la amplitud de la oscilación.

Figura 6-66: Descensos calculados de los puntos del Sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial



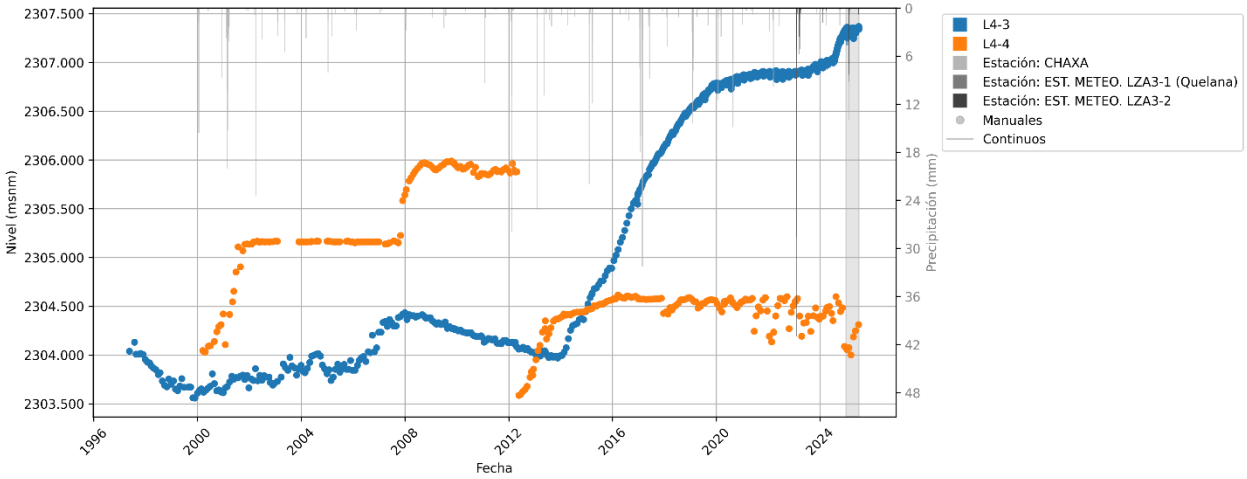
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.2.1.3.2 Pozos singulares: L4-3 y L4-4

En el entorno de los puntos descritos anteriormente se encuentran los pozos L4-3 y L4-4, los cuales presentan un comportamiento singular en comparación con los pozos vecinos. En la Figura 6-67 se muestran los niveles registrados en ambos puntos.

En el año 2012, el pozo L4-4 fue afectado por un golpe provocado por terceros, situación reportada en el Informe Nº11 del PSAH. Este evento generó un cambio abrupto en los niveles medidos, evidenciado por un aumento pronunciado en la tasa de descenso durante ese año. Posteriormente, el nivel comenzó a recuperarse, alcanzando en 2016 una cota aproximada de 2.304,55 m.s.n.m. A partir de junio de 2021, ha mostrado un comportamiento oscilatorio con una amplitud mayor a la observada entre 2017 y 2021, tendencia que se mantiene hasta noviembre de 2024. En el primer semestre de 2025, el nivel descendió y luego aumentó desde abril, alcanzando valores similares a los de julio de 2024 al final del semestre. Si bien otros puntos del sistema han evidenciado una respuesta al cese del pozo Camar-2, en el caso de L4-4 no se ha podido establecer con certeza si el cambio observado está relacionado con dicho evento.

Figura 6-67: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Por su parte, el punto L4-3 modificó su tendencia a partir de 2014, iniciando un ascenso sostenido con una tasa aproximada de 30 cm/año hasta 2020. Posteriormente, esta tasa disminuyó a cerca de 5 cm/año, para

luego incrementarse nuevamente desde el segundo semestre de 2024, alcanzando una tasa actual de ascenso del orden de 10 cm/año desde octubre de 2024 al cierre del reporte.

6.1.2.1.3.3 Pozos característicos de la Zona Marginal

El siguiente grupo de pozos analizados en esta sección corresponde a aquellos ubicados en torno a la interfaz salina, los cuales presentan el comportamiento característico de la Zona Marginal. Estos puntos se distinguen por una tasa de descenso prácticamente nula y una marcada estacionalidad. Se trata de un conjunto amplio de pozos situados entre el límite del acuífero aluvial y la zona de surgencia de los cuerpos de agua protegidos del Sistema Aguas de Quelana.

Para facilitar la visualización del comportamiento de estos pozos, se presentan directamente los descensos calculados, agrupados en distintas figuras de norte a sur:

- Series L2 (L2-27) y L13 (L13-2, L13-3 y L13-4) en la Figura 6-68
- Serie L3 (L3-5, L3-6 y L3-7) en la Figura 6-69.
- Serie L14 (L14-3 y L14-4) en la Figura 6-70.
- Serie L4 (L4-7, L4-8, L4-9 y L4-10) en la Figura 6-71.
- Serie L5 (L5-3, L5-7, L5-8 y L5-G3 Reglilla y Pozo) en la En dirección aguas abajo, el punto L5-8 presenta una menor amplitud de oscilación y una leve tendencia ascendente desde 2009, con una pendiente promedio de 0,2 cm/año. Esta tendencia se ha mantenido hasta el primer semestre de 2025.

Más al sur, el punto L5-3 muestra una tendencia descendente desde 2010, con una tasa de aproximadamente 1 cm/año y una amplitud de oscilación similar a la de L5-7. Previamente, el nivel se mantenía estable en torno a una misma cota. A partir de 2021, tras un vacío de mediciones entre febrero de 2020 y mayo de 2021, los registros muestran una tendencia mayormente estable, evidenciada en los máximos y mínimos estacionales. Durante el primer semestre de 2024 se observó un mínimo estacional histórico, situándose aproximadamente 16 cm por debajo del nivel promedio registrado en 2023. En contraste, durante el primer semestre de 2025 se evidenció una respuesta significativa a las

precipitaciones de febrero, lo que produjo un aumento en los niveles; en consecuencia, el mínimo estacional del semestre se ubicó cerca de 15 cm por encima del mínimo alcanzado en marzo de 2024.

- Figura 6-72.

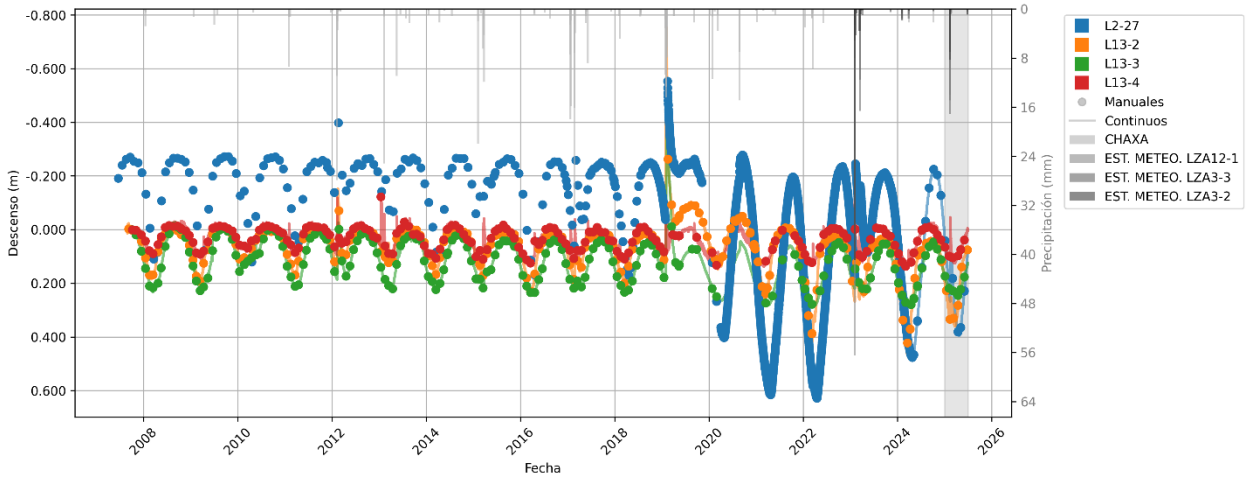
Dentro de este grupo se incluyen las reglillas utilizadas para el monitoreo de agua superficial: L13-4, L14-4, L3-7, L4-10 y L5-G3 Reglilla y Pozo. Como se observa en las figuras, estos puntos no presentan un comportamiento diferenciado respecto al resto del grupo, lo cual se explica por la dinámica particular del Sistema Aguas de Quelana. A diferencia del Sistema Soncor, donde existe una interacción directa entre cuerpos lagunares superficiales y el acuífero, en Aguas de Quelana los cuerpos de agua dispersos en superficie se originan por la surgencia del acuífero aluvial al encontrarse con el acuífero del núcleo, generando la interfaz salina. Esta interacción, junto con el relieve llano del sector (en contraste con las cotas topográficas del aluvial), favorece la somerización del acuífero y la formación de humedales en el borde este del Salar de Atacama.

En cuanto al comportamiento de los niveles, estos pozos muestran una oscilación estacional marcada y, en general, una pendiente prácticamente nula (sin tendencia clara de ascenso o descenso). Es posible que su respuesta al bombeo de los pozos industriales sea limitada, debido a la heterogeneidad de las condiciones hidráulicas del acuífero en este sector. La transmisibilidad del material litológico entre el campo de pozos y cada punto influye directamente en esta respuesta.

Las amplitudes de oscilación varían entre 1 y 12 cm, y la respuesta a eventos de lluvia depende de factores como la amplitud de la zona no saturada, la pendiente del terreno y las propiedades transmisibles de la litología.

En la Figura 6-68 destaca el punto L2-27, cuyo comportamiento es muy similar al del punto L1-17 del Sistema Soncor (6.1.1.1.5). Desde 2019, L2-27 ha mostrado un aumento notable en la amplitud de oscilación y el registro de mínimos históricos. Tal como se ha señalado para L1-17, este cambio podría estar relacionado con las extracciones de agua industrial desde el acuífero aluvial. La activación de los pozos del Borde Este, incluyendo L1-17, ha sido atribuida principalmente a dichas extracciones.

Figura 6-68: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13)



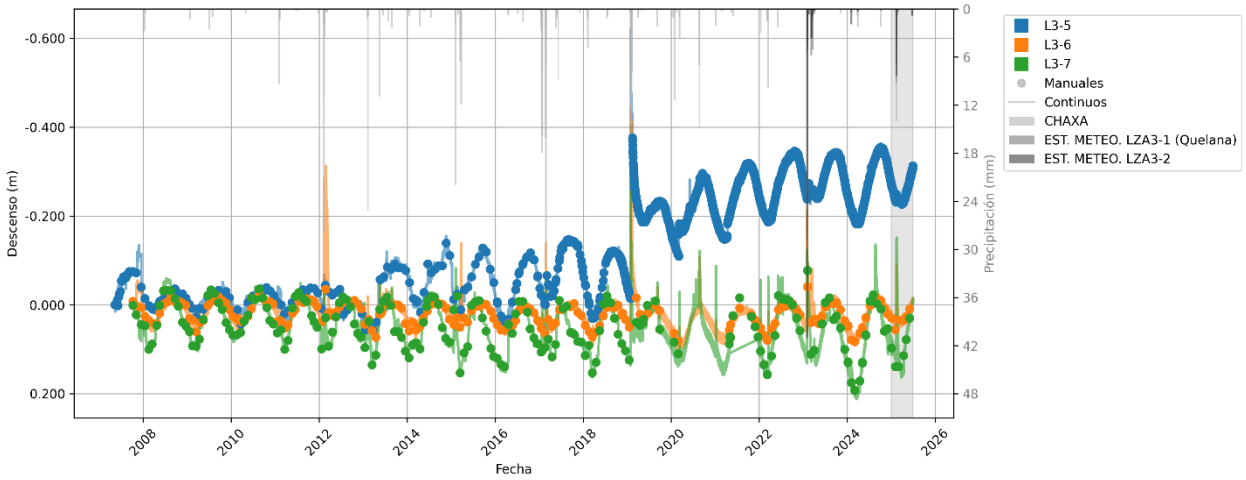
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Dentro del subgrupo de pozos asociados a la interfaz salina, se inicia el análisis con el punto L3-5 (serie L3, Figura 6-69), situado justo aguas abajo del pozo Camar-2. Entre 2007 y 2012, este pozo mostró una oscilación estable de unos 8 cm, que aumentó hasta cerca de 16 cm entre 2013 y 2018, principalmente debido a lluvias recurrentes.

El año 2019 marcó un cambio importante tras el aluvión registrado en el sector, L3-5 empezó a mostrar un ascenso sostenido y oscilatorio. La tasa de aumento general fue de aproximadamente 3,5 cm/año hasta el primer semestre de 2025, generando máximos estacionales consecutivos.

Este nuevo comportamiento de L3-5 está vinculado tanto a la reducción de las extracciones en el acuífero como al impacto directo del aluvión de 2019, que permitió el ascenso del agua en zonas antes sin suelo.

Figura 6-69: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (series L3)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

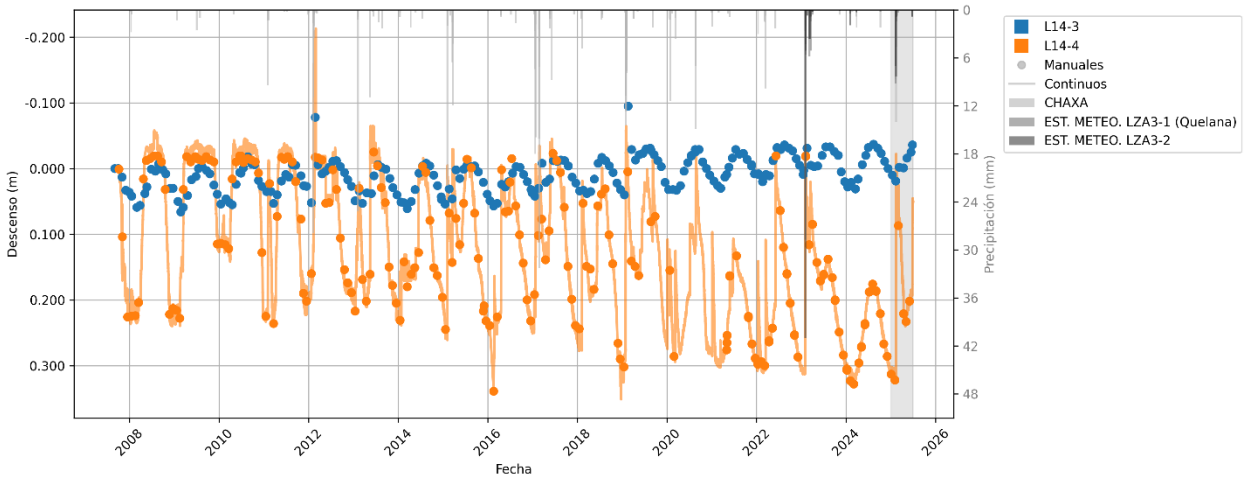
En contraste, los puntos L3-6 y L3-7, también pertenecientes a la serie L3 pero ubicados más alejados del acuífero aluvial, han mantenido un comportamiento estable a lo largo de todo el período de monitoreo. Estos pozos han oscilado en torno a cotas constantes, sin evidenciar efectos atribuibles a la extracción o reducción de extracción de agua industrial. No obstante, en el caso de L3-7, se registró a inicios de 2024 un mínimo estacional que se ubicó aproximadamente 15 cm por debajo de la tendencia general, lo que podría indicar una anomalía puntual o un cambio incipiente en su comportamiento. En el primer semestre de 2025, el mínimo estacional es similar al de 2022 y casi 5 cm superior al de 2024.

Sobre la transecta L14 (Figura 6-70) se encuentra el punto L14-4, una de las reglillas del Sistema Aguas de Quelana. Este punto presenta una amplitud de oscilación superior a la de su vecino L14-3, alcanzando aproximadamente 24 cm. Esta diferencia se atribuye principalmente al efecto de la evaporación, ya que el agua en el L14-4 se encuentra en superficie y, por tanto, está más expuesta a las condiciones climáticas. Durante el primer semestre de 2025 el pozo mostró un ascenso de nivel en respuesta a las precipitaciones ocurridas en febrero y continúa oscilando en torno a una cota estable, sin mostrar una tendencia definida (ni ascendente ni descendente).

En contraste, el punto L14-3 muestra un cambio en su comportamiento a partir del año 2016. Mientras que en años anteriores el nivel se mantenía estable, desde 2016 se observa un ascenso sostenido,

manteniendo la misma amplitud de oscilación estacional. La tasa de ascenso registrada es de aproximadamente 0,3 cm/año, lo que indica una evolución gradual pero constante en los niveles del acuífero en este sector.

Figura 6-70: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (L14)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

En la Figura 6-71 se presentan los puntos de la transecta L4, ubicados aguas abajo del pozo Socaire-5B. Los puntos L4-8 y L4-7, localizados más próximos al acuífero aluvial, muestran una oscilación estable, sin tendencia definida (ni ascendente ni descendente), y con una amplitud reducida, del orden de 3 cm.

Por otro lado, los puntos L4-9 y L4-10 (este último correspondiente a una reglilla) presentan una amplitud de oscilación mayor, cercana a los 7 cm, en comparación con los puntos anteriores de la misma serie. En términos generales, ambos se mantienen estables en torno a sus cotas históricas, comportamiento que también se ha mantenido durante el primer semestre de 2025.

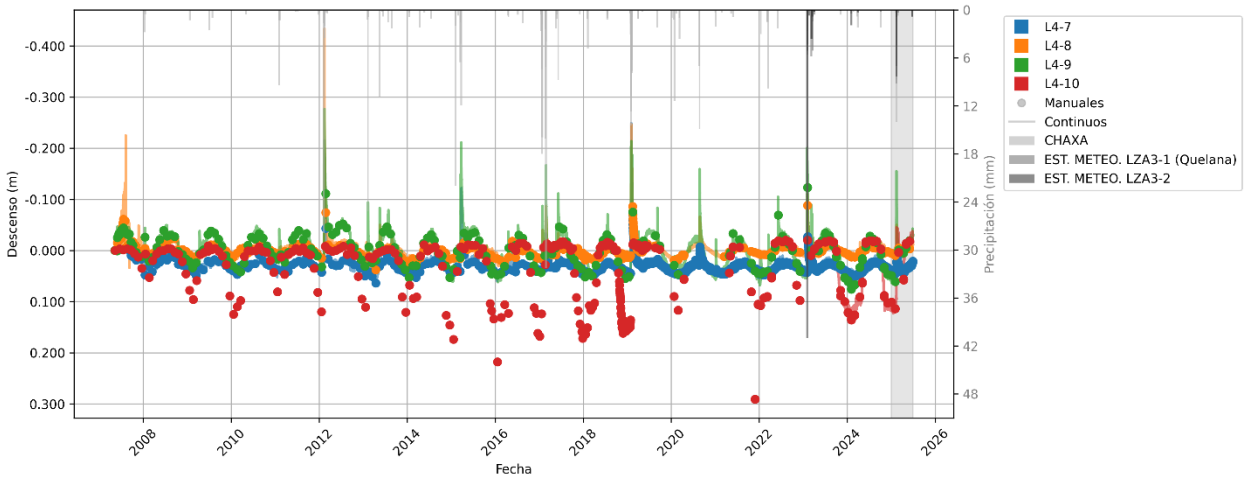
En la En dirección aguas abajo, el punto L5-8 presenta una menor amplitud de oscilación y una leve tendencia ascendente desde 2009, con una pendiente promedio de 0,2 cm/año. Esta tendencia se ha mantenido hasta el primer semestre de 2025.

Más al sur, el punto L5-3 muestra una tendencia descendente desde 2010, con una tasa de aproximadamente 1 cm/año y una amplitud de oscilación similar a la de L5-7. Previamente, el nivel se

mantenía estable en torno a una misma cota. A partir de 2021, tras un vacío de mediciones entre febrero de 2020 y mayo de 2021, los registros muestran una tendencia mayormente estable, evidenciada en los máximos y mínimos estacionales. Durante el primer semestre de 2024 se observó un mínimo estacional histórico, situándose aproximadamente 16 cm por debajo del nivel promedio registrado en 2023. En contraste, durante el primer semestre de 2025 se evidenció una respuesta significativa a las precipitaciones de febrero, lo que produjo un aumento en los niveles; en consecuencia, el mínimo estacional del semestre se ubicó cerca de 15 cm por encima del mínimo alcanzado en marzo de 2024.

Figura 6-72 se presentan los descensos registrados en los puntos de la transecta L5, ubicada al sur del pozo Socaire-5B. El punto más cercano al acuífero aluvial es L5-7, el cual muestra un comportamiento oscilante con una tendencia descendente desde el inicio de los registros (2007) hasta 2018, con una tasa de aproximadamente 1,5 cm/año. A partir de esa fecha, y en concordancia con la detención definitiva del pozo Camar-2, se observa un cambio en la tendencia hacia una estabilización y posterior ascenso, más evidente en los mínimos estacionales. Entre 2018 y primer semestre de 2025, los niveles se han mantenido estables, con mínimos estacionales similares.

Figura 6-71: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (L4)

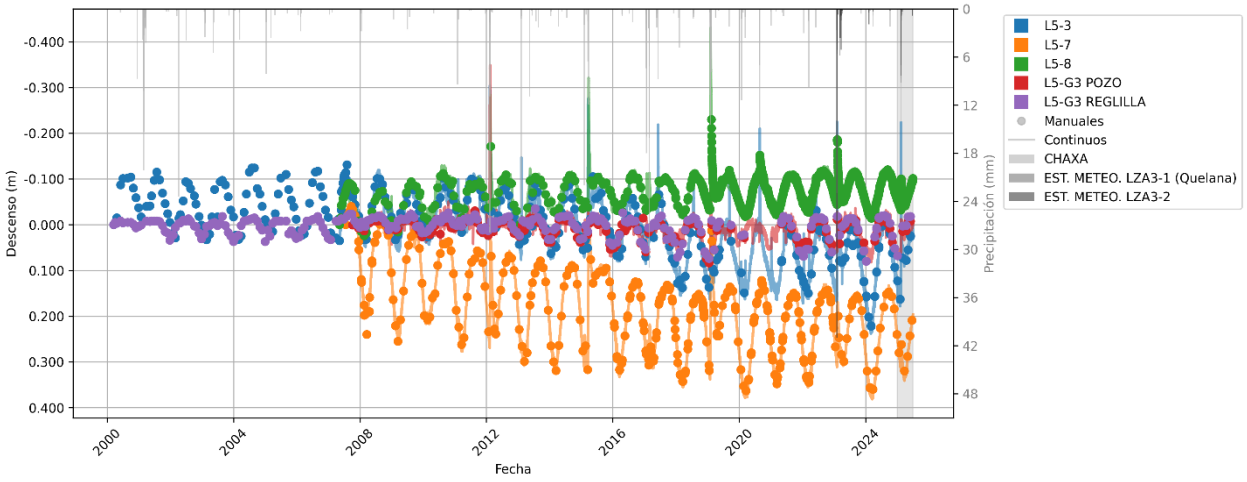


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

En dirección aguas abajo, el punto L5-8 presenta una menor amplitud de oscilación y una leve tendencia ascendente desde 2009, con una pendiente promedio de 0,2 cm/año. Esta tendencia se ha mantenido hasta el primer semestre de 2025.

Más al sur, el punto L5-3 muestra una tendencia descendente desde 2010, con una tasa de aproximadamente 1 cm/año y una amplitud de oscilación similar a la de L5-7. Previamente, el nivel se mantenía estable en torno a una misma cota. A partir de 2021, tras un vacío de mediciones entre febrero de 2020 y mayo de 2021, los registros muestran una tendencia mayormente estable, evidenciada en los máximos y mínimos estacionales. Durante el primer semestre de 2024 se observó un mínimo estacional histórico, situándose aproximadamente 16 cm por debajo del nivel promedio registrado en 2023. En contraste, durante el primer semestre de 2025 se evidenció una respuesta significativa a las precipitaciones de febrero, lo que produjo un aumento en los niveles; en consecuencia, el mínimo estacional del semestre se ubicó cerca de 15 cm por encima del mínimo alcanzado en marzo de 2024.

Figura 6-72: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la Zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana (series L5)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-847

Finalmente, la reglilla L5-G3 (Reglilla y Pozo) ha mostrado máximos estacionales en torno a cotas similares durante todo el período registrado, mientras que los mínimos han variado. Entre 2001 y 2007, los mínimos se mantuvieron estables; sin embargo, entre 2008 y 2019, estos alcanzaron cotas progresivamente más bajas, lo que incrementó la amplitud de la oscilación. Tras un período sin registros entre febrero de 2020

y mayo de 2021, los datos posteriores muestran una estabilización de los mínimos estacionales, tendencia que se mantiene hasta el primer semestre de 2025.

6.1.2.1.3.4 Pozos de comportamiento transicional marginal – núcleo

El siguiente grupo de pozos abarca el sector comprendido entre los cuerpos de agua superficiales y la dirección oeste, y presenta un comportamiento transicional entre lo observado en la Zona Marginal y el Núcleo (descrito en la sección 6.1.6). Dado el número de puntos incluidos, los descensos calculados se presentan distribuidos en varias figuras, organizadas de norte a sur para facilitar la identificación de patrones espaciales:

- Serie L13 (L13-5, L13-6, L13-7) en Figura 6-73
- Serie L3 (L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14) en la Figura 6-74
- Serie L14 (L14-5, L14-6, L14-7) en la Figura 6-75.
- Serie L4 (L4-5, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14, L4-15) en la Figura 6-76.
- Serie L5 (L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15) en la Figura 6-78.

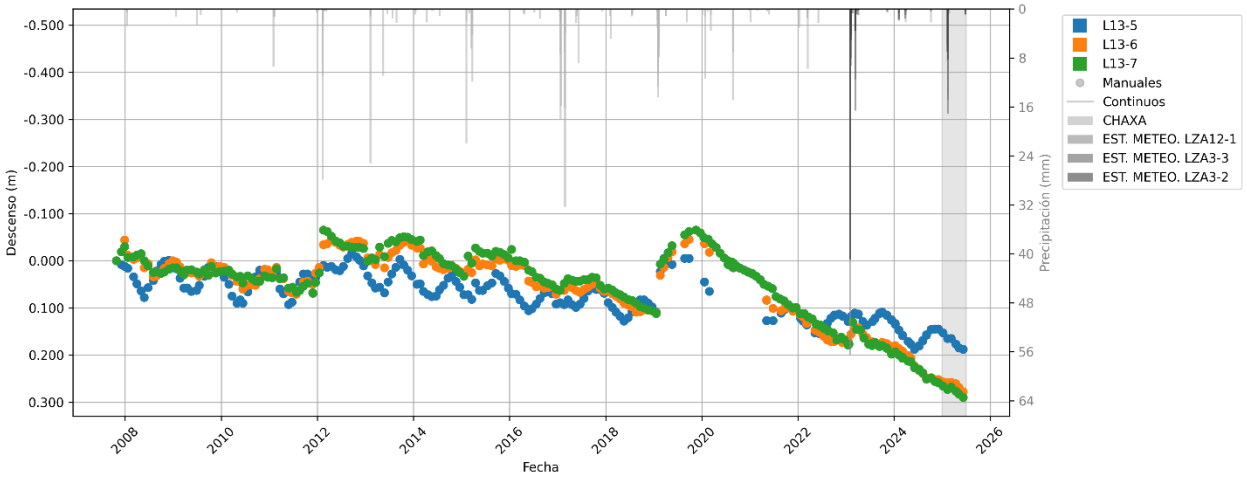
En general, estos puntos presentan oscilaciones estacionales residuales, con menor amplitud y regularidad que las observadas en la Zona Marginal, e incluso con desfases temporales en algunos casos. Todos los pozos muestran una tendencia descendente, cuya pendiente se incrementa conforme se aproximan al núcleo.

Los puntos ubicados a una distancia de hasta 2 km de los cuerpos de agua superficiales presentan un patrón oscilatorio, reproduciendo máximos estacionales. En cambio, aquellos más alejados de este umbral mantienen una pendiente de descenso promedio. Esto sugiere que el efecto estacional se extiende hasta aproximadamente 2 km desde los cuerpos de agua, como se observa en las series L13 (Figura 6-73) y L3 (Figura 6-74).

Todos los puntos de este grupo han mostrado respuesta a eventos de precipitación. Los pozos que evidencian una mayor magnitud de ascenso son L4-5 y L5-9. Por ejemplo, durante las lluvias de febrero de

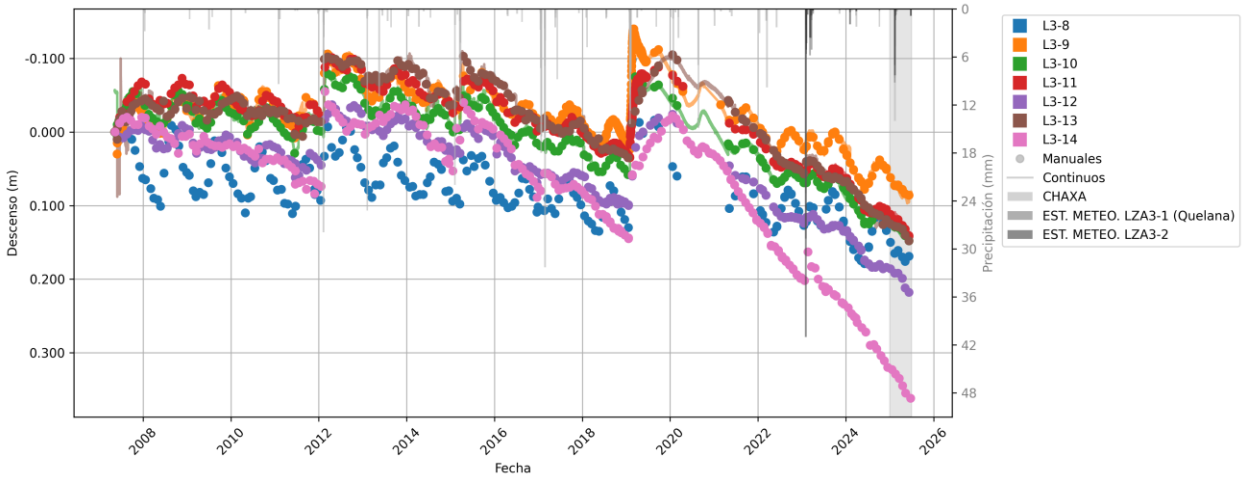
2023, el punto L4-5 registró un ascenso de 43 cm, mientras que L5-9 alcanzó un ascenso de 40 cm, siendo este último el único de su serie con una respuesta tan marcada.

Figura 6-73: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L13)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Figura 6-74: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L3)

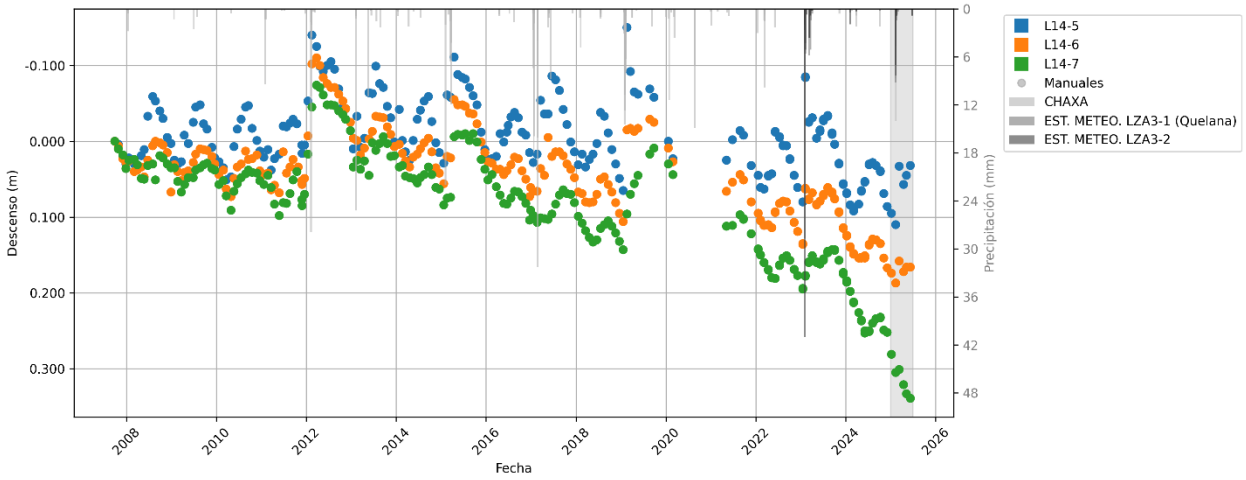


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Este comportamiento confirma la dinámica del sector central del Sistema Aguas de Quelana, donde los cuerpos de agua superficiales, aunque pequeños, se mantienen estables durante el año y actúan como

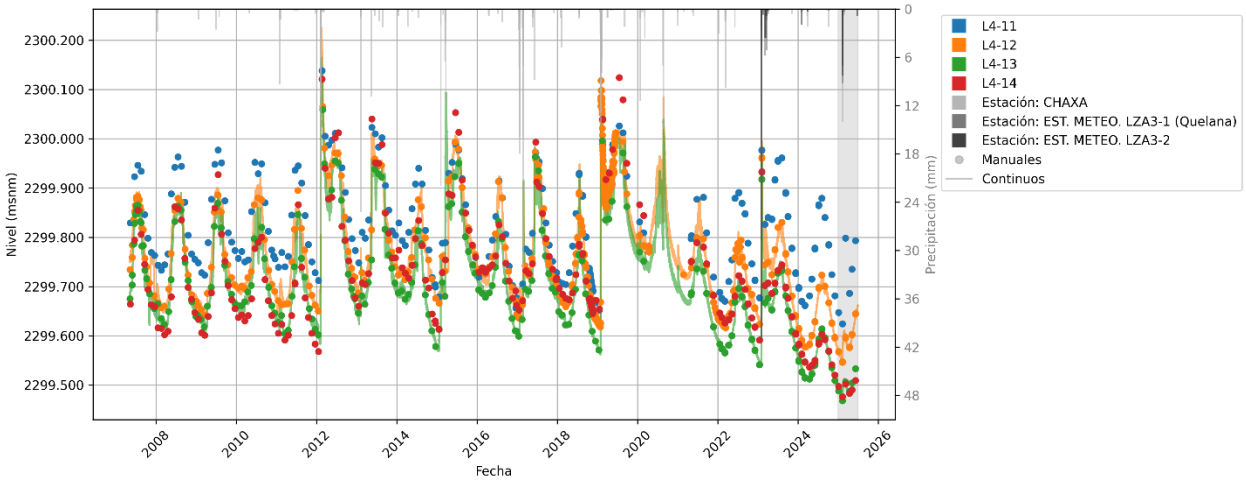
zonas de descarga hacia el núcleo durante eventos de lluvia. Esta interacción genera una recarga rápida, evidenciada en los registros de niveles de estos pozos.

Figura 6-75: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L14)



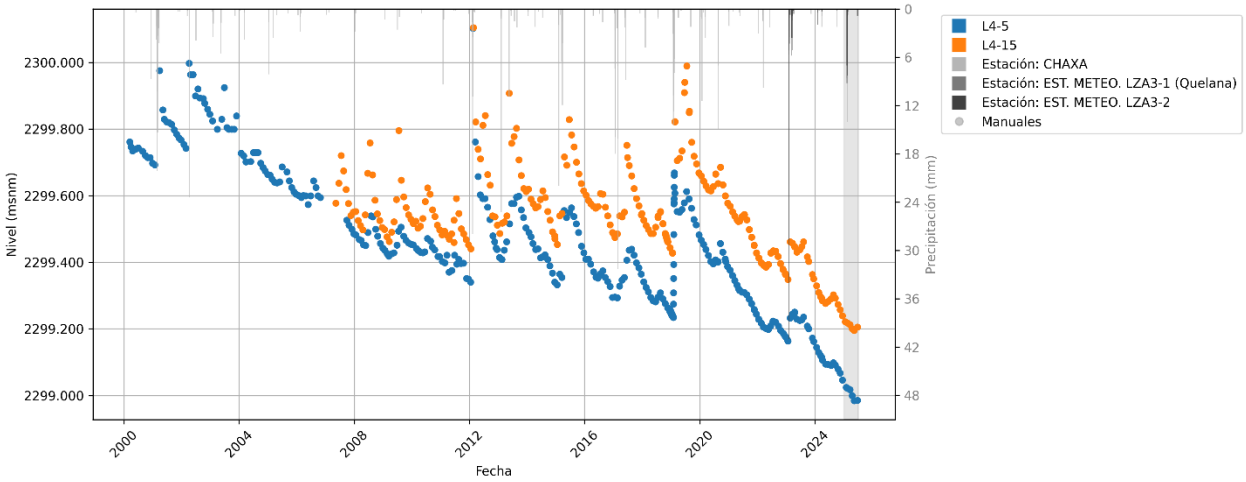
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Figura 6-76: Nivel en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L4)



Fuente: Elaboración propia

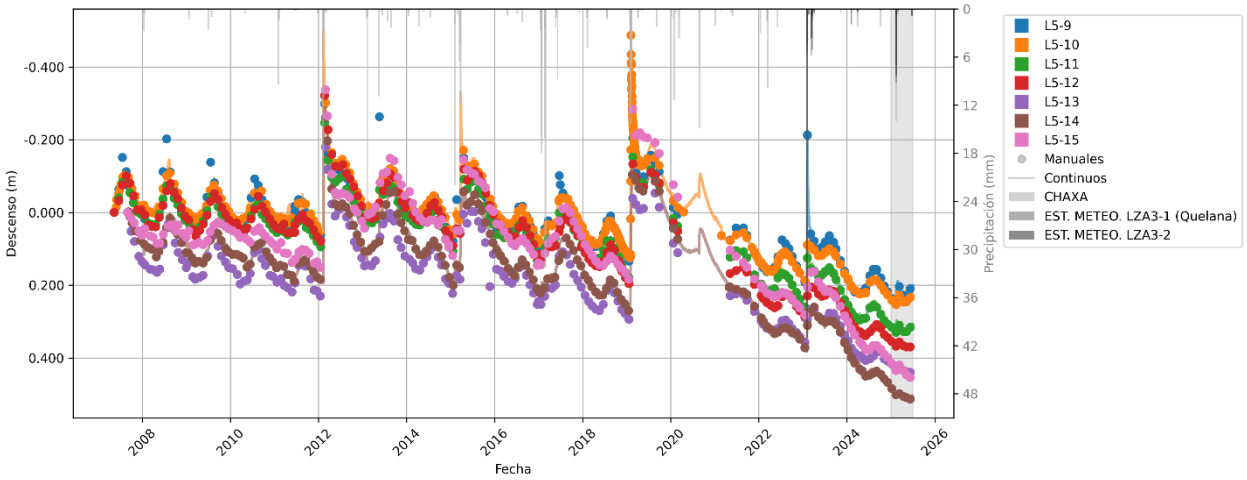
Figura 6-77: Nivel en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L4 - continuación)



En definitiva, el análisis de los niveles históricos junto con los registros obtenidos durante el primer semestre de 2025 permite concluir que el sistema se mantiene dentro de las variaciones esperadas según el tipo de comportamiento hidrogeológico identificado.

La detención del pozo Camar-2 ha generado un ascenso en los niveles de diversos puntos, no solo en su entorno inmediato, sino también en sectores ubicados más al sur, próximos al pozo Socaire-5B. Sin embargo, este efecto ha sido más evidente en el acuífero aluvial y en las zonas de transición hacia la Zona Marginal.

Figura 6-78: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre Zona Marginal y Núcleo del Sistema Aguas de Quelana (serie L5)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Por el contrario, en el objeto de protección no se ha observado una respuesta de ascenso. Tampoco se han identificado tendencias de descenso que pudieran atribuirse a un efecto histórico de las extracciones industriales. Esto sugiere que el objeto de protección mantiene su patrón de oscilación habitual y que no se espera una variación significativa en su comportamiento como consecuencia de las operaciones en el acuífero aluvial.

6.1.2.1.3.5 Pozos de comportamiento de tipo núcleo

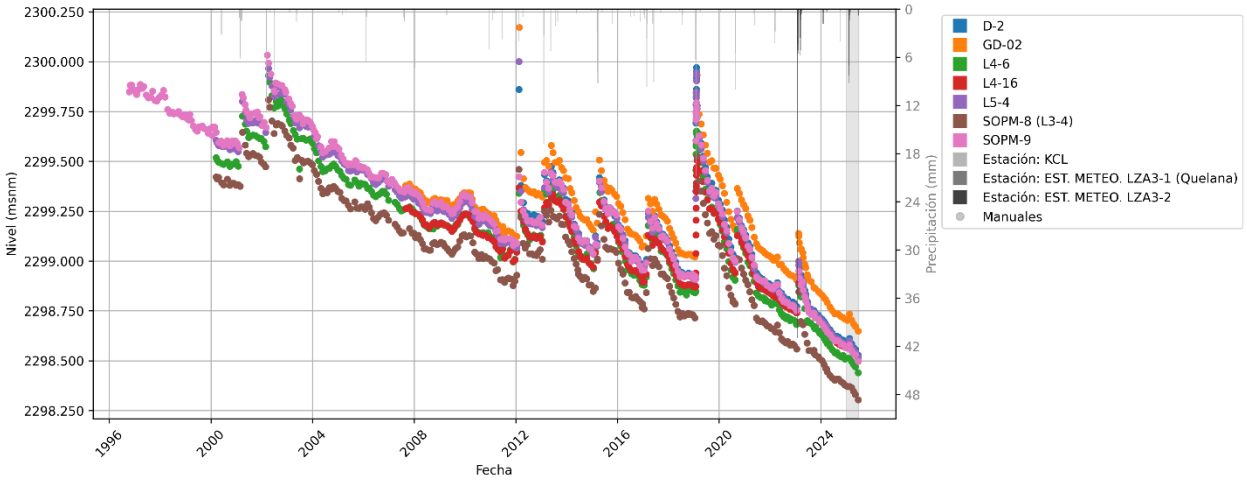
Este grupo de pozos presenta un comportamiento característico del Núcleo, tal como se describe en la sección 6.1.6. Se trata de siete puntos ubicados en el extremo oeste del Sistema Aguas de Quelana.

Como se muestra en la Figura 6-79, estos pozos exhiben oscilaciones estacionales con menor amplitud y regularidad en comparación con los puntos asociados a la Zona Marginal. Además, presentan un desfase temporal, registrando los mínimos estacionales generalmente en el mes de abril.

Todos los pozos de este grupo muestran una tendencia descendente desde el inicio de sus registros hasta el primer semestre de 2025, a pesar de responder rápidamente a eventos de precipitación. Este patrón sugiere que, si bien existe una conexión hidráulica con los eventos climáticos, el comportamiento general

está dominado por una pérdida progresiva de nivel, posiblemente asociada a la dinámica interna del núcleo del sistema.

Figura 6-79: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al Núcleo en el Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

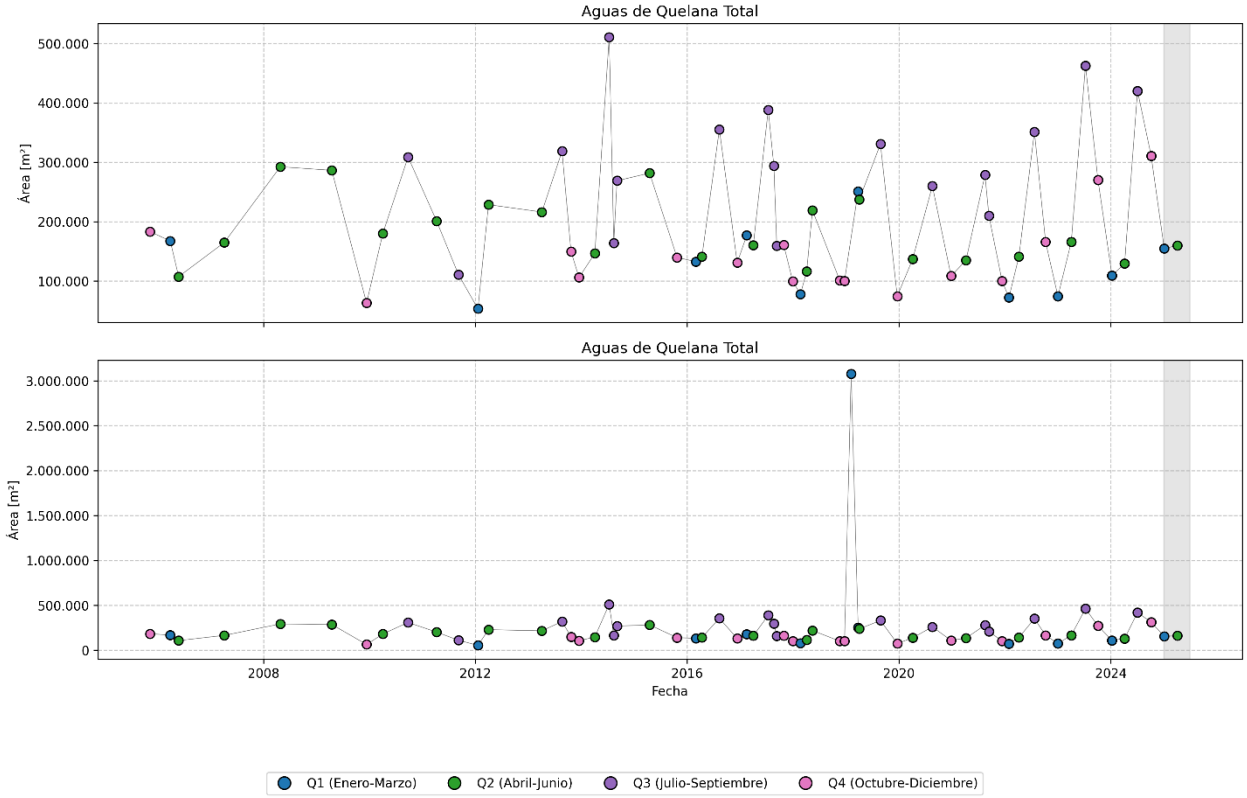
6.1.2.2 Superficie lacustre

El sistema lacustre de Aguas de Quelana comprende cuerpos de agua heterogéneos, dinámicos y poco profundos. Se encuentra emplazado sobre la zona de transición, lugar donde existe un encuentro entre agua dulce y salmuera, generando humedales y una serie de lagunas distribuidas principalmente en dirección norte-sur, paralelas a la interfaz y con elongaciones en general perpendiculares a esta estructura, debido probablemente a eventos puntuales de desborde. En estas zonas es en donde se producen las mayores tasas de evaporación de la cuenca producto de la poca profundidad de niveles piezométricos del acuífero (evaporación desde el suelo), factor que ocasiona una elevada variabilidad de extensión lacustre a escala estacional.

Para este sistema las mediciones de superficie lacustre se realizaron mediante imágenes satelitales, y no se considera el uso de técnicas como las estacas y levantamiento perimetral debido a la dispersión, reducido tamaño y alta variación espacial en los cuerpos de agua. Además, estas últimas técnicas no forman parte del compromiso definido en el PdC.

La Figura 6-80 muestra los resultados de esta serie de tiempo actualizada hasta el primer semestre de 2025. Se aprecia que la superficie lacustre de este sistema muestra una disminución del 29,3% si se comparan los registros de enero de 2024 y 2025, al comparar los meses de abril en los mismos años, se observa una mayor disminución, equivalente al 38,2%.

Figura 6-80: Serie de tiempo de extensión lagunar en sistema lacustre de Aguas de Quelana empleando imágenes de alta resolución espacial.



Nota: El gráfico superior no incluye el dato del 5 de febrero de 2019. Fuente: elaboración propia

El gráfico superior de la Figura 6-80 muestra la totalidad de los datos con excepción del correspondiente al 5 de febrero de 2019, el cual se encuentra fuertemente afectado por la precipitación ocurrida a fines de enero del mismo año. Se diferencian las áreas considerando el trimestre de captura satelital, donde se observa que los máximos de extensión lacustre en general ocurren en el tercer trimestre (julio, agosto y septiembre), mientras que los mínimos ocurren a fines del cuarto trimestre (octubre, noviembre y diciembre) y principios del primer trimestre (enero, febrero y marzo), evidenciando así una marcada tendencia estacional. Este comportamiento se ha mantenido a lo largo del tiempo, evidenciando la

influencia de la evaporación y los aportes hídricos estacionales en la variabilidad de la superficie lacustre. La superficie promedio en período analizado es de aproximadamente 220.000 m2.

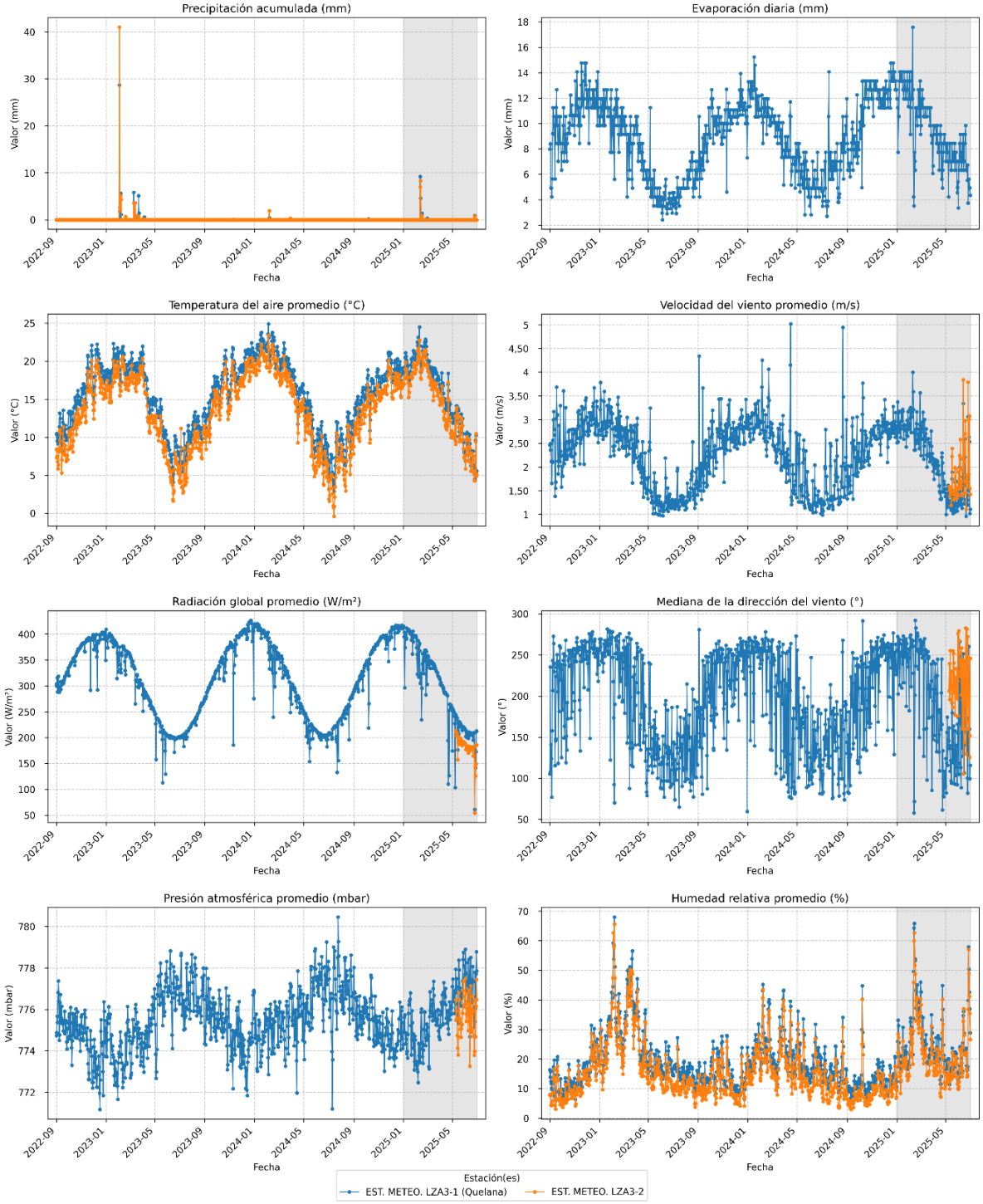
6.1.2.3 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de las estaciones LZA3-1 (Quelana) y LZA3-2 considera la medición de los parámetros de precipitación acumulada, humedad relativa, temperatura del aire, presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento, desde aproximadamente octubre de 2022 a la fecha. Adicionalmente, en la estación meteorológica LZA3-1 (Quelana) se registra la evaporación diaria mediante bandeja de evaporación. Las series históricas correspondientes a estas variables se presentan en la Figura 6-81.

Las series de precipitación histórica en ambas estaciones meteorológicas indican que el período con mayor cantidad de eventos correspondió al primer semestre del año 2023, destacando un evento extremo en la estación LZA3-2 que alcanzó una precipitación diaria del orden de 43 mm. En el primer semestre de 2025, si bien no se registraron eventos de esa magnitud, se observaron acumulaciones relevantes durante febrero, mes en el que la estación LZA3-1 (Quelana) totalizó 15,8 mm y la estación LZA3-2, 17,4 mm. Estas precipitaciones se concentraron en episodios breves y aislados a lo largo del mes. En junio, ambas estaciones registraron lluvias puntuales el día 25, con 0,9 mm en LZA3-1 y 0,8 mm en LZA3-2. En general, las precipitaciones del semestre se caracterizaron por su distribución acotada y su baja frecuencia, sin eventos de alta intensidad como los observados en años anteriores.

Durante el primer semestre de 2025, varias variables meteorológicas en las estaciones LZA3-1 (Quelana) y LZA3-2 se mantuvieron dentro de los rangos históricos. En LZA3-1 (Quelana), la presión atmosférica promedio fue de 775,8 mbar, muy cercana al valor histórico de 775,4 mbar, mientras que la velocidad del viento promedió 2,2 m/s, apenas por debajo del histórico de 2,3 m/s, lo que representa una diferencia no significativa. La mediana de la dirección del viento también se mantuvo estable, con 199,2° para el semestre frente a los 203,1° históricos. En LZA3-2, no se cuenta con registros históricos previos para estas variables, ya que comenzaron a medirse a partir del primer semestre de 2025.

Figura 6-81: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas del Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2025



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las variables que mostraron aumentos, ambas estaciones registraron un alza en la temperatura y la humedad relativa. En LZA3-1, la temperatura promedio fue de 15,6 °C, levemente superior al histórico de 15,4 °C, mientras que la humedad relativa alcanzó 24,9 %, superando ampliamente el promedio histórico de 18,7 %. En LZA3-2, la temperatura promedio fue de 14,2 °C, superior al histórico de 13,4 °C, y la humedad relativa aumentó a 21,52 %, en comparación con el valor histórico de 15 %. Este incremento en la humedad puede atribuirse tanto a la ocurrencia de eventos de precipitación durante el semestre como a la estacionalidad propia de la variable. Además, en LZA3-1 se observó un aumento en la evaporación diaria, con un valor de 9,4 mm/día frente a los 8,8 mm/día históricos.

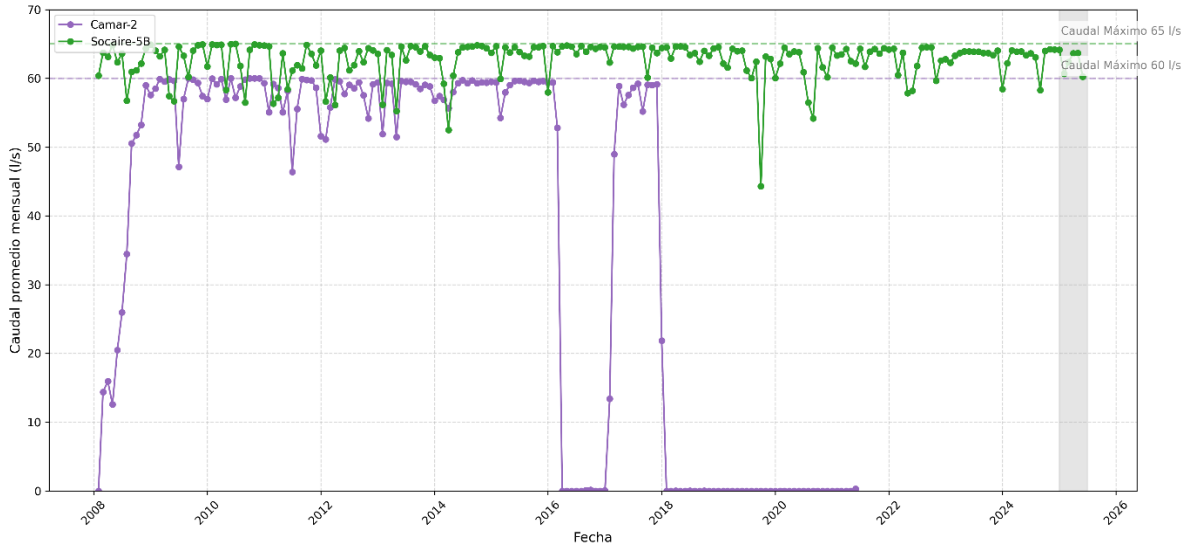
Por otro lado, la única variable que mostró una disminución fue la radiación global en LZA3-1, que promedió 293,7 W/m², por debajo del valor histórico de 314,3 W/m². Esta diferencia puede explicarse por la estacionalidad de la variable, ya que el primer semestre del año incluye meses con menor intensidad de radiación solar.

6.1.2.4 Caudal bombeado agua

La evolución histórica de los caudales extraídos desde los pozos Camar-2 y Socaire-5B se presenta en la Figura 6.76. El pozo Camar-2 inició su operación en marzo de 2008, permaneciendo inactivo entre abril de 2016 y enero de 2017, periodo tras el cual fue reactivado con una extracción promedio de 53,2 L/s. En enero de 2018 cesó su operación definitivamente, siendo desmantelado en 2021. Durante todo su periodo de funcionamiento, el caudal extraído se mantuvo por debajo del derecho de aprovechamiento autorizado (60 L/s).

Por su parte, el pozo Socaire-5B operó en 2007 con un caudal promedio de 53,8 L/s. Desde 2008 hasta 2023, mantuvo una operación continua con un caudal promedio de 62,6 L/s, sin superar el límite de extracción autorizado (65 L/s). Esta condición se mantiene al primer semestre de 2025, con un caudal promedio semestral de 62,45 L/s, confirmando que la operación histórica del pozo se ha mantenido dentro del umbral permitido.

Figura 6-82: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.1.2.5 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad de agua realizado durante el primer semestre de 2025 en el Sistema Aguas de Quelana, abarcando tanto aguas superficiales como subterráneas, desde el acuífero aluvial, pasando por la zona marginal, hasta el núcleo ubicado al oeste. Este análisis se realiza en comparación con la evolución histórica de los parámetros evaluados.

La sección se divide en dos subsecciones, según las características de los puntos de monitoreo:

- Pozos y reglillas de monitoreo (agua subterránea)
- Pozos de agua industrial (agua subterránea)

Para una correcta interpretación de las series históricas de los parámetros analizados, se deben considerar las siguientes observaciones:

- Los valores correspondientes a los Límites de Detección (LD) o Límites de Cuantificación (LQ) se indican explícitamente en los gráficos.
- Los puntos de monitoreo de cada sector se agrupan en un mismo gráfico, con el objetivo de facilitar la visualización de las tendencias.
- Los valores validados se presentan con resalte para diferenciarlos claramente de los registros no validados.

- Se muestran gráficamente aquellos resultados dentro del rango del máximo y mínimo registro validado, más y menos una desviación estándar respectivamente.

6.1.2.5.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

Los registros históricos de calidad de agua en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana corresponden a los puntos L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10. Espacialmente, estos puntos abarcan desde el acuífero aluvial (L4-3), pasando por la zona marginal (L5-3, L4-8, L4-9, Reglilla L4-10 y L4-12), hasta el núcleo ubicado al oeste (L4-6). Los resultados de calidad de agua históricos se presentan desde la Figura 6-83 a Figura 6-91[14, 15].

Los menores valores de conductividad eléctrica se encuentran en el punto más al sur, L5-3, con valores en el rango entre 2.480-8.690 µS/cm (considerando conductividad de terreno y laboratorio). Además, presenta un pH terreno con valores entre 7,31 y 8,19 valores de densidad de terreno promedio de 1,002 g/mL, un contenido de sólidos totales inferior a 7.460 mg/L y sólidos disueltos totales inferiores a 5.718 mg/L. Los parámetros con registros históricos para este punto se muestran relativamente estables respecto al promedio histórico observado.

El resto de los puntos de monitoreo se alinean según una transecta E-W en la cual los valores de conductividad eléctrica de terreno aumentan a medida que se avanza hacia el núcleo, los valores en el aluvial (L4-3) tienen valores menores a 22.700 µS/cm, aumentando hacia la zona marginal (L4-8 y L4-9) con registros promedio en torno a 84.854 µS/cm en el pozo L4-8 y 119.678 µS/cm en el pozo L4-9. Adicionalmente, la conductividad eléctrica aumenta a medida que se avanza al oeste, con un valor de 146.133 µS/cm promedio en el punto L4-12, hasta valores cercanos a 236.353 µS/cm para el punto L4-6. Misma relación se observa para los parámetros densidad, densidad de terreno, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y sólidos totales, adquiriendo características de salmuera

[14] En el Informe Nº 5 del PSAH se identificaron errores en las mediciones de conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) en muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A. hasta julio de 2008. El informe incluye una carta explicativa emitida por el laboratorio, junto con un breve análisis técnico que detalla las inconsistencias detectadas.

[15] En el Informe Nº 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST en aguas subterráneas con alta CE, atribuidos a fallas en la toma de alícuota por parte del laboratorio ALS. El análisis técnico fue presentado en el Anexo 10.3, y la carta de respuesta de ALS se incluye en el Anexo 10.2.

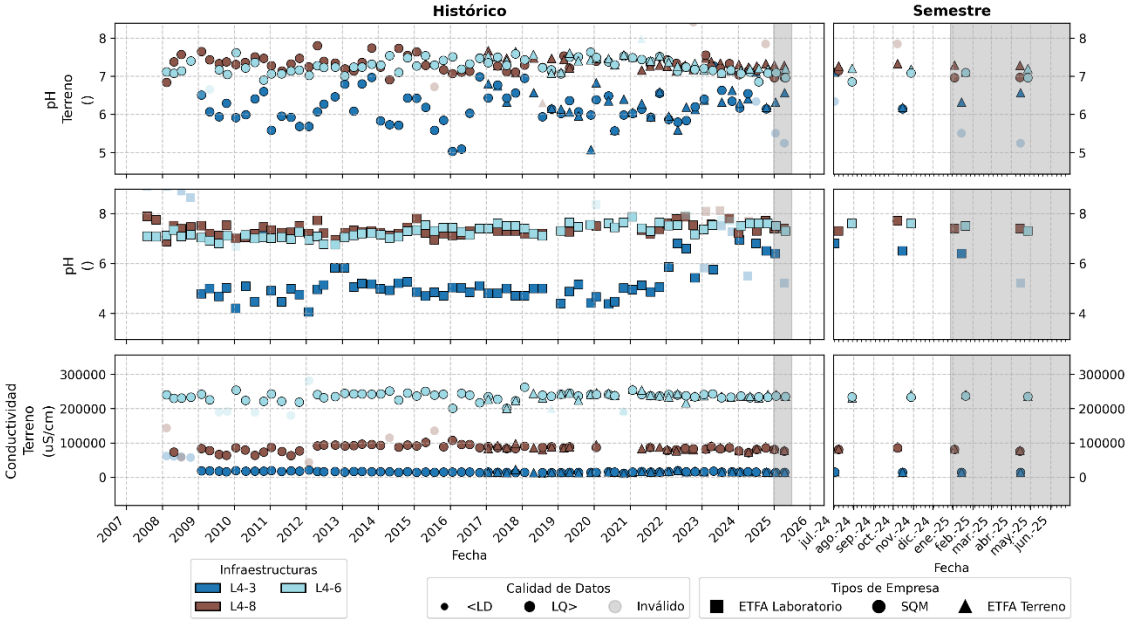
hacia el oeste. Se destaca la tendencia al descenso para este parámetro en el punto L4-12, el cual en agosto de 2021 reportó valores de 150.400 µS/cm y a abril de 2025, registra valores de 91.000 µS/cm.

El pH terreno para los puntos L4-6, L4-8, L4-9 y L4-12 presenta valores entre 6,84 y 8,46. Por otra parte, el pozo L4-3, ubicado en la zona aluvial, presenta valores de pH de terreno entre 5,03-7,27. Adicionalmente, presenta un contenido de sólidos totales y sólidos disueltos totales en general inferior a 13.125 mg/L y 12.760 mg/L, respectivamente, y una densidad de terreno y laboratorio en torno 0,98-1,10 g/mL.

El pozo L4-6, ubicado en el núcleo, muestra una alta conductividad eléctrica de terreno (promedio 236.353 µS/cm), contenido de sólidos disueltos totales (promedio 262.617 mg/L) y sólidos totales (promedio 277.769 mg/L) y densidad terreno promedio del orden de 1,216 g/mL, correspondiente a un fluido tipo salmuera.

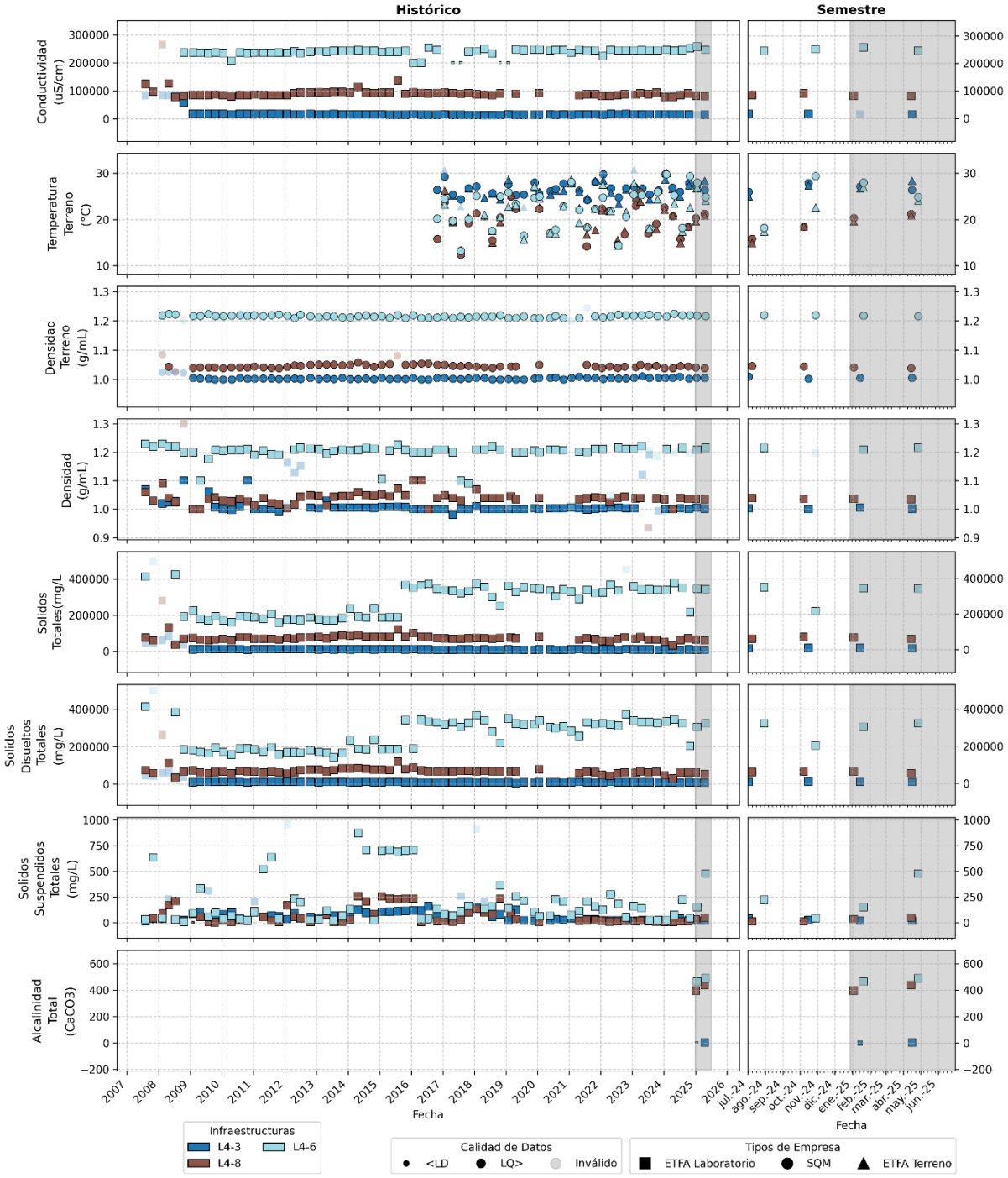
La Reglilla L4-10 presenta como principal característica una marcada estacionalidad, como consecuencia de la evaporación, oscilando su conductividad eléctrica entre valores en torno a 19.100 y 242.200 µS/cm, entre invierno y verano, respectivamente. Respecto a los parámetros adicionales que se reportan del punto L4-10 (ver Tabla 4-2 y Tabla 4-3) se muestran estables respecto al promedio histórico observado.

Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8



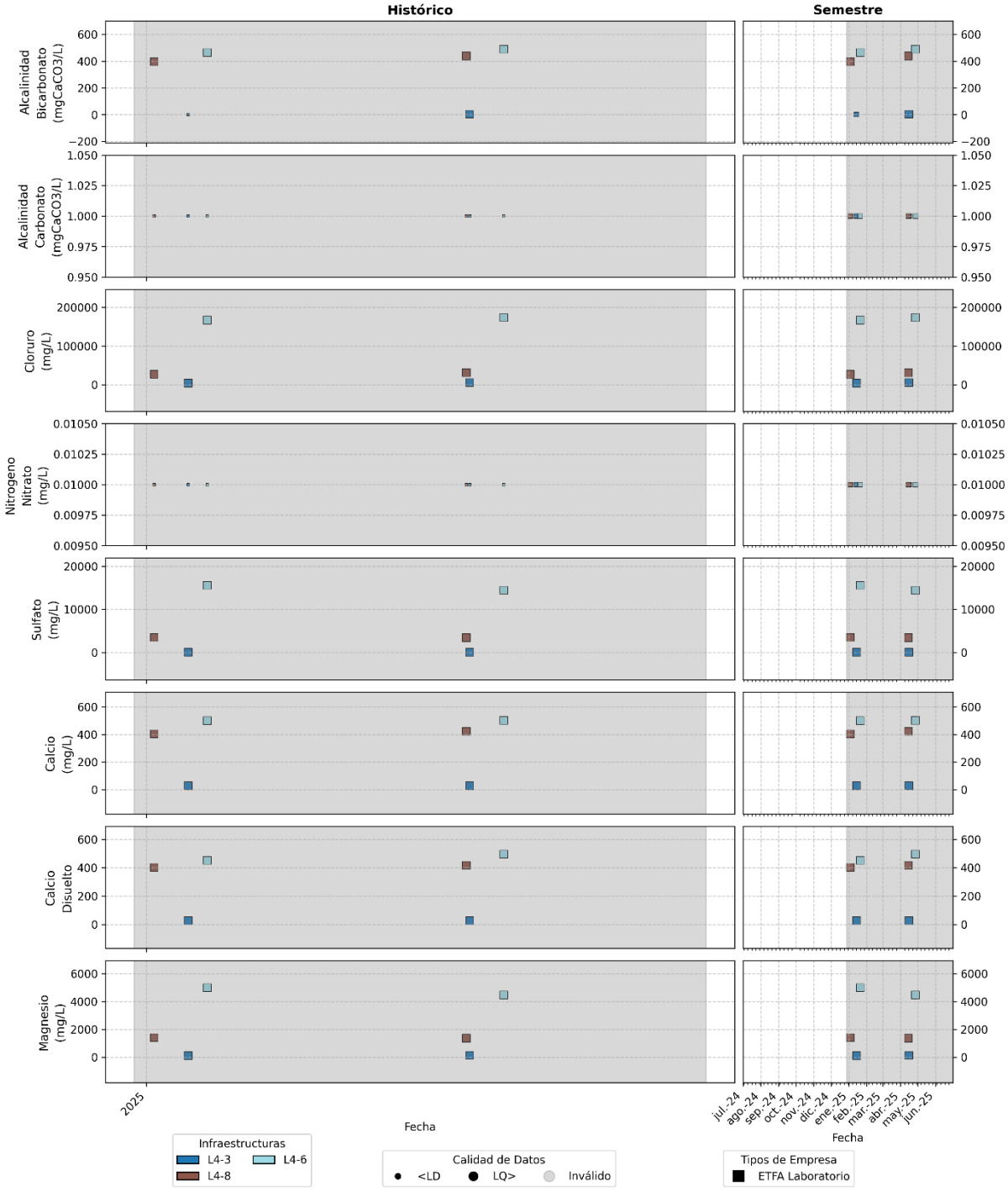
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 (continuación)



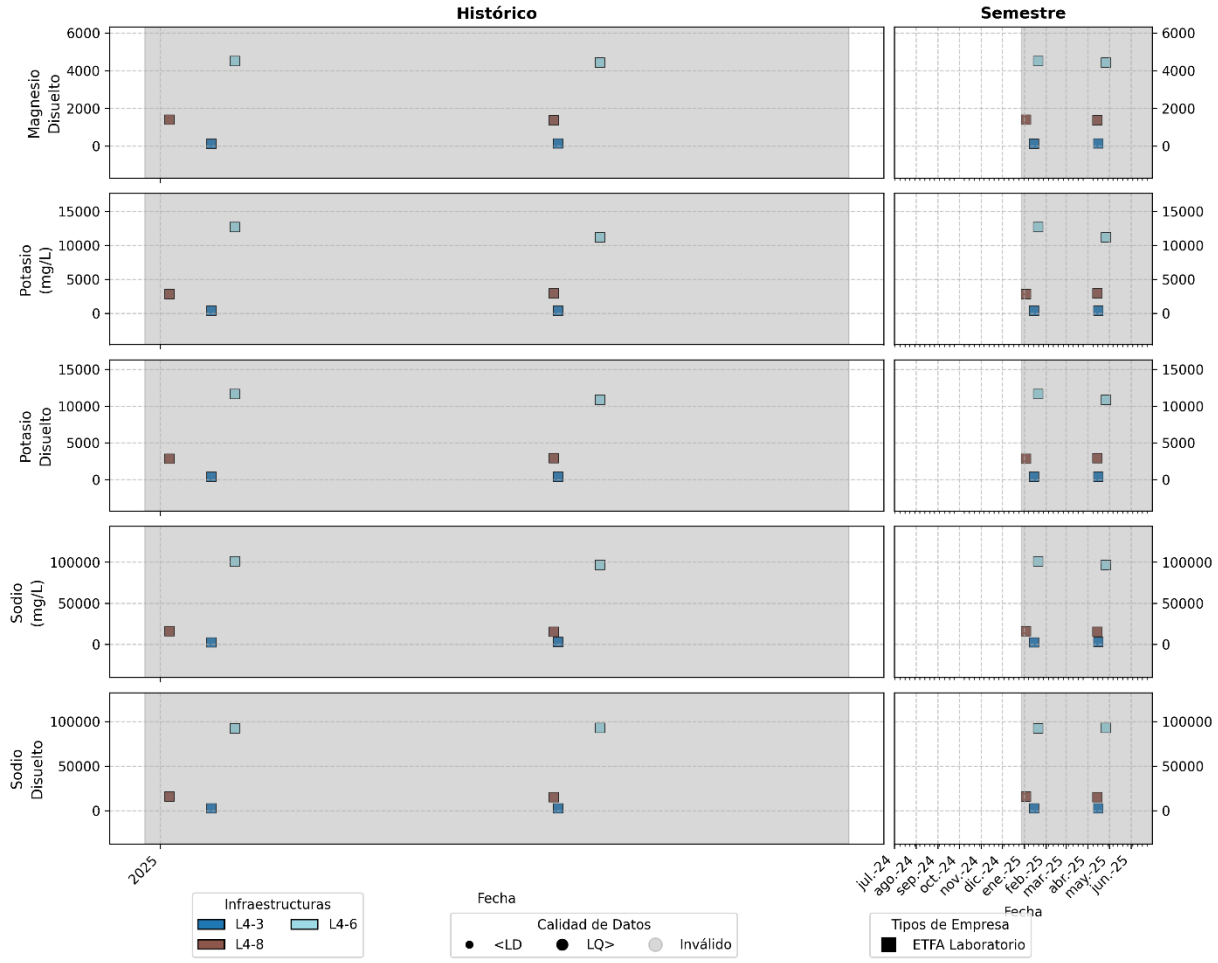
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-85: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 (continuación)



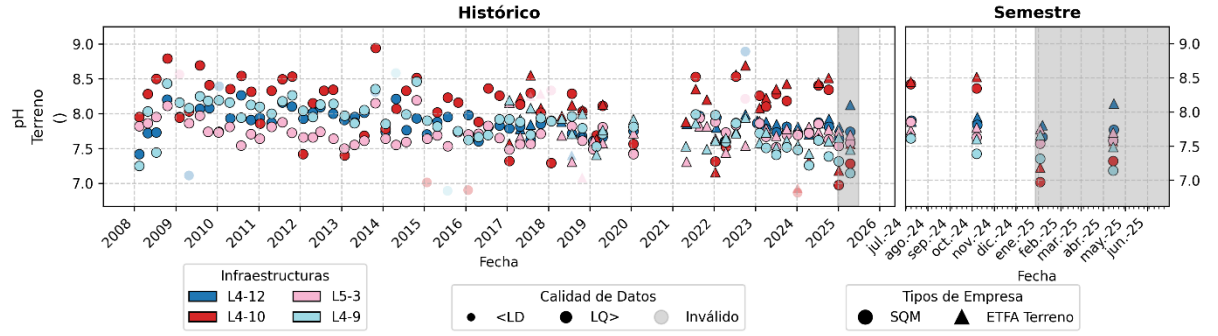
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-86: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos L4-3, L4-6 y L4-8 (continuación)



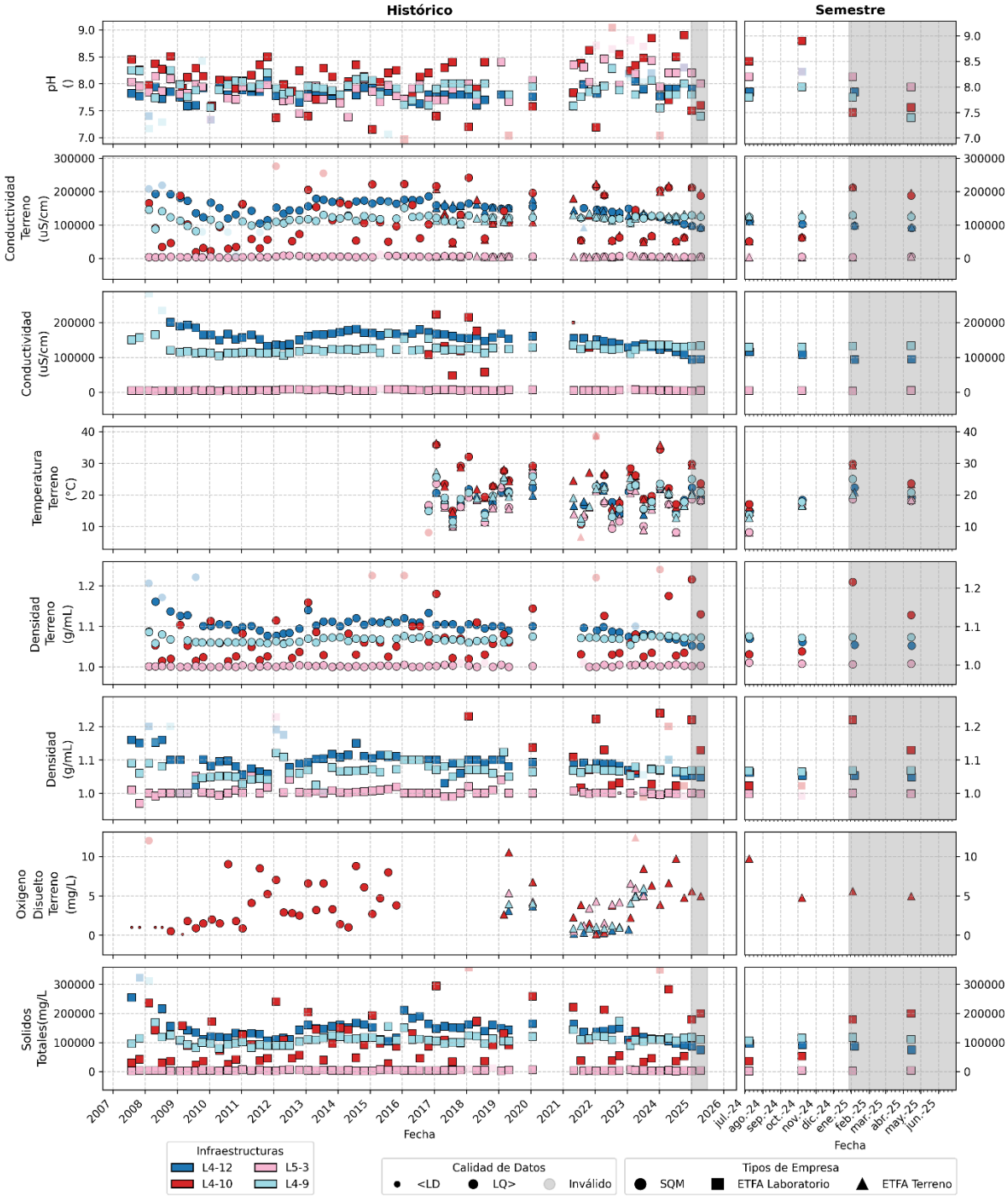
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-87: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9



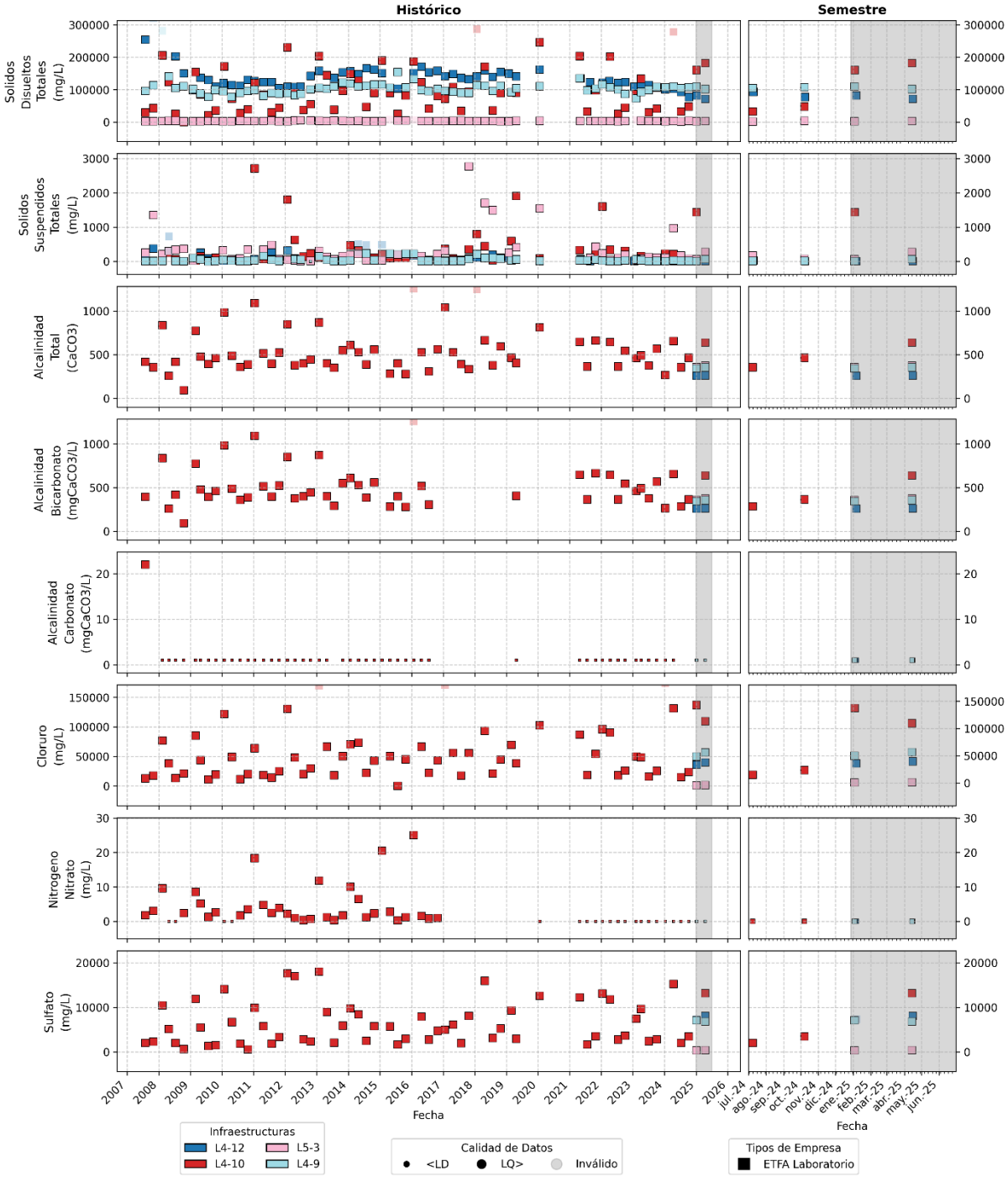
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-88: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 (continuación)



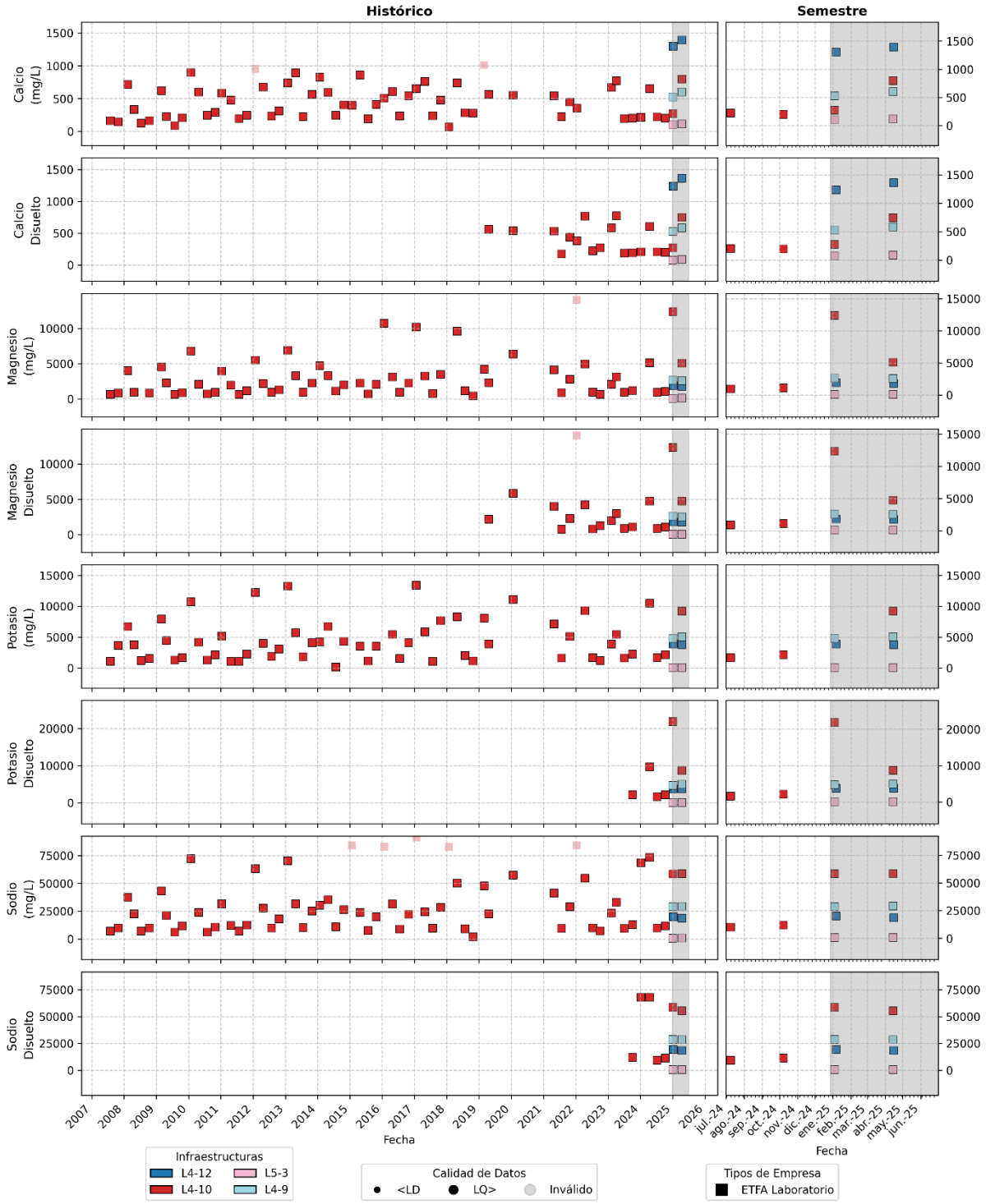
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-89: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 (continuación)



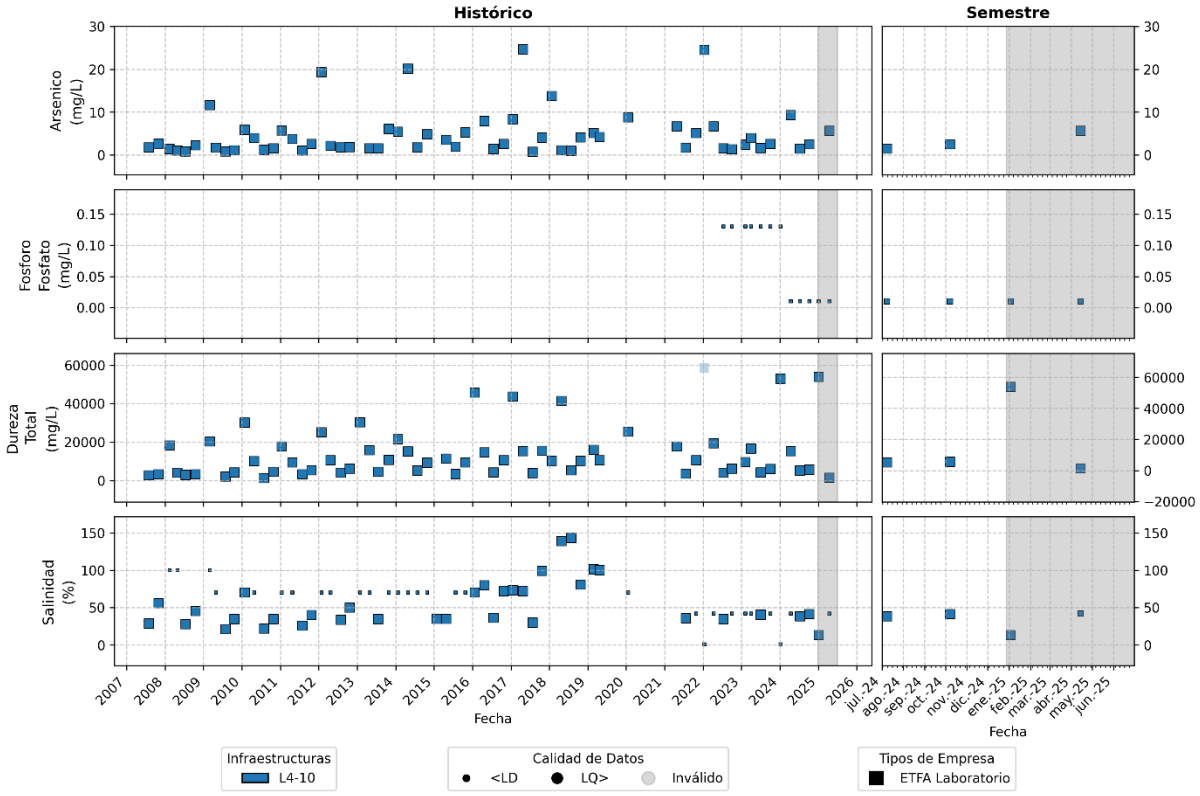
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-90: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L4-12, L4-10, L5-3 y L4-9 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

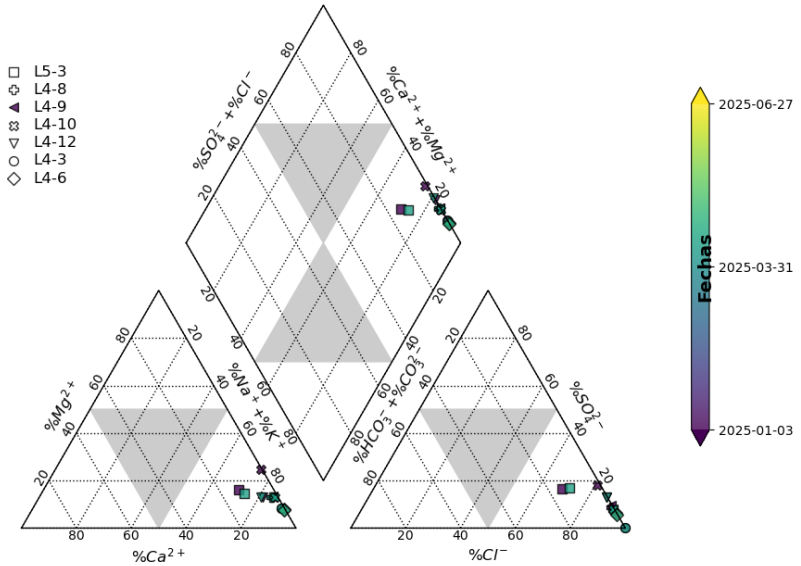
Figura 6-91: Evolución histórica calidad del agua en pozo L4-10



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

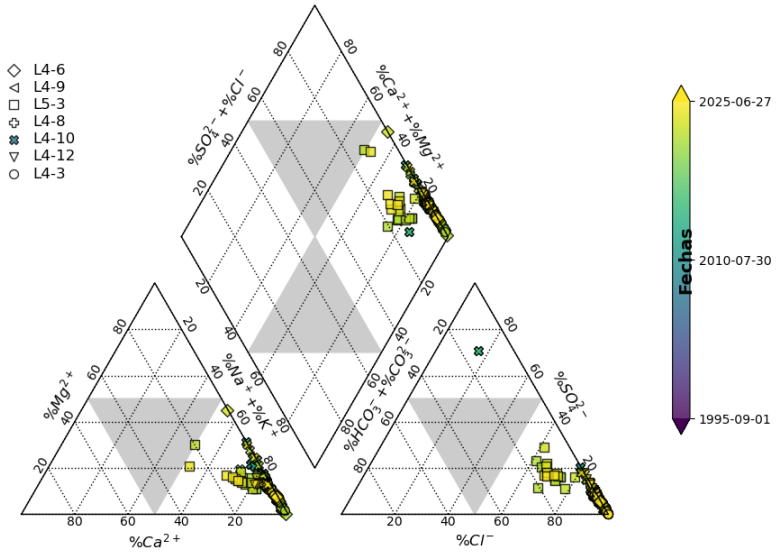
En la Figura 6-92 se observa el diagrama de Piper para las muestras de los pozos y reglillas del Sistema Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este con valores correspondientes al primer semestre de 2025 y en Figura 6-93 registro histórico (con BI total < 10%). Puede observarse que todas las muestras son cloruradas sódicas

Figura 6-92: Diagrama Piper para el primer semestre 2025 de pozos y reglillas del Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Figura 6-93: Diagrama Piper histórico de pozos y reglillas del Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

6.1.2.5.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

La evolución histórica de la calidad del agua (calidad 4; ver Tablas 4-2 y 4-3) en los pozos de extracción industrial Camar-2 y Socaire-5B se muestra desde la Figura 6-94 a Figura 6-97.

Ambos pozos se ubican en el acuífero aluvial que alimenta la zona marginal y presentan un pH neutro, cercano a 7,0. Tras la detención del pozo Camar-2 en 2018, se observa un incremento en el pH del agua, alcanzando valores cercanos a 8,0. Este cambio se atribuye a la modificación de las condiciones geoquímicas provocadas por el estancamiento del agua. Como consecuencia, también se registró un aumento en los valores promedio de parámetros como conductividad eléctrica, hierro, manganeso, cloruro, sodio, sólidos suspendidos totales y magnesio.

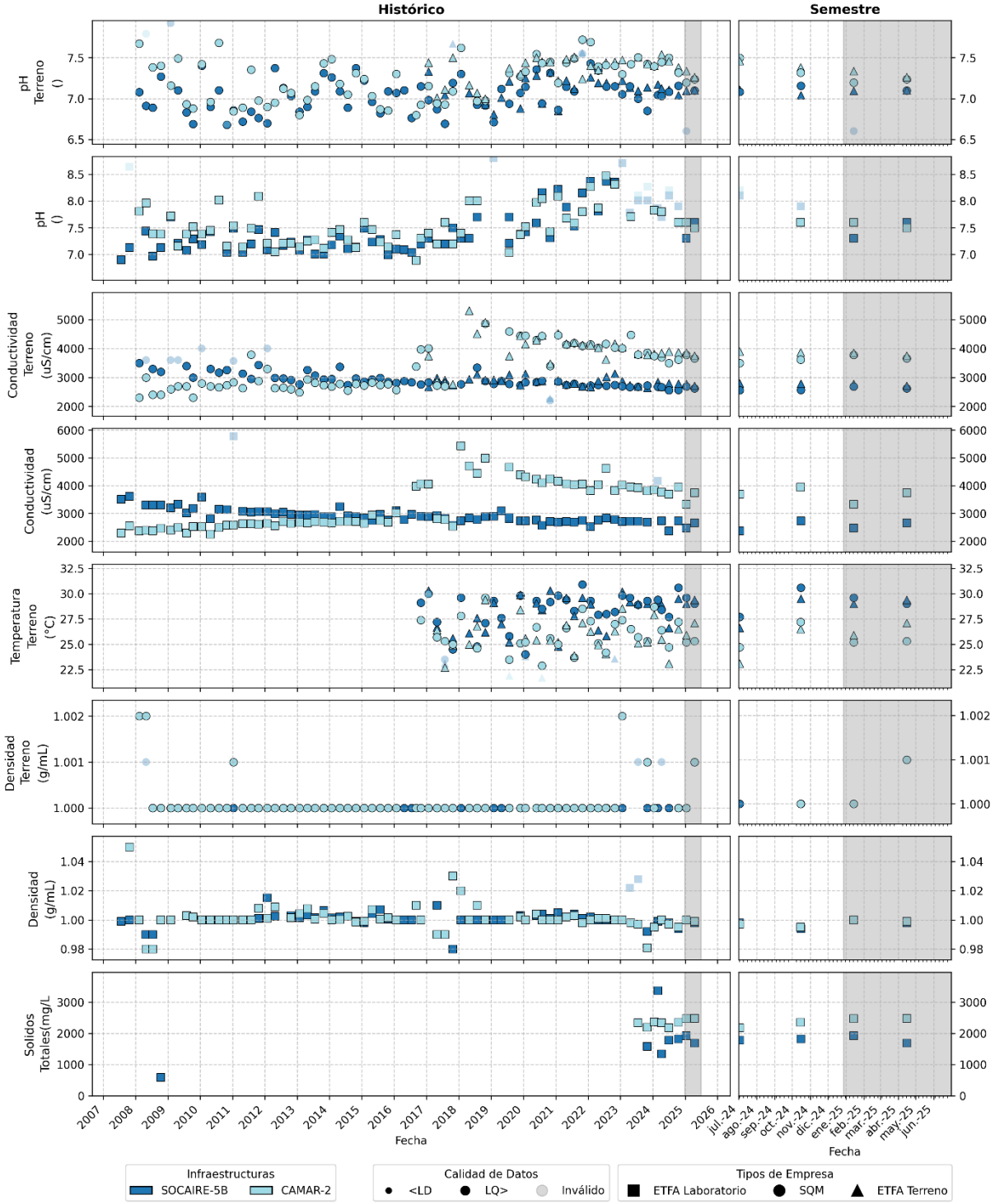
En contraste, el pozo Socaire-5B muestra una evolución gradual del pH dentro del rango histórico. Según los valores promedio de sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y densidad, ambos pozos clasifican como agua dulce. Aunque desde 2018 se ha observado un aumento en la conductividad eléctrica en Camar-2, los valores se mantienen en torno a 4.000 µS/cm, sin modificar su clasificación. Esta condición se mantuvo durante el primer semestre de 2025.

Hasta inicios de 2018, las concentraciones de hierro y manganeso en ambos pozos no presentaban variaciones significativas. Posteriormente, coincidiendo con la detención del bombeo en Camar-2, se registró un aumento considerable en ambas concentraciones, asociado al ascenso del nivel freático y a condiciones geoquímicas reductoras. En años recientes, se ha observado una disminución en la conductividad eléctrica, cloruro y sodio en Camar-2, tendencia que también se refleja en Socaire-5B, con una recuperación progresiva de sus niveles previos.

El resto de los parámetros analizados durante el primer semestre de 2025 se mantienen dentro del rango histórico.

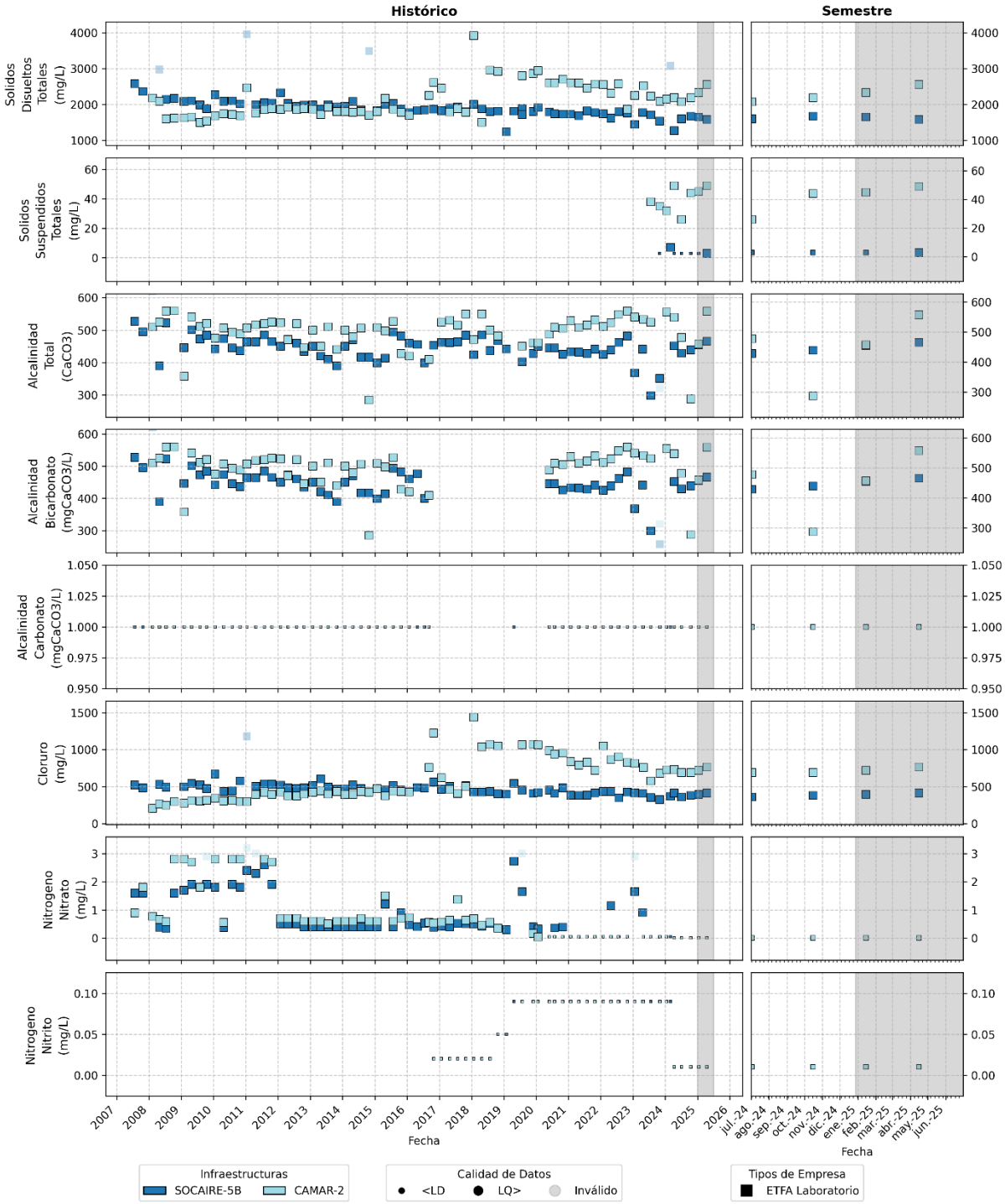
La Figura 6-98 y Figura 6-99 presenta el diagrama de Piper semestral e histórico para ambos pozos. En Camar-2 se evidencia una evolución hacia una composición clorurada sódica. Socaire-5B conserva su perfil geoquímico sulfatado-clorurado sódico. Estas aguas representan la recarga que alcanza la zona marginal y los sistemas lagunares, donde las concentraciones son menores que en los pozos y reglillas de la zona marginal y núcleo. La mayor parte de esta agua se evapora en la zona marginal.

Figura 6-94: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B



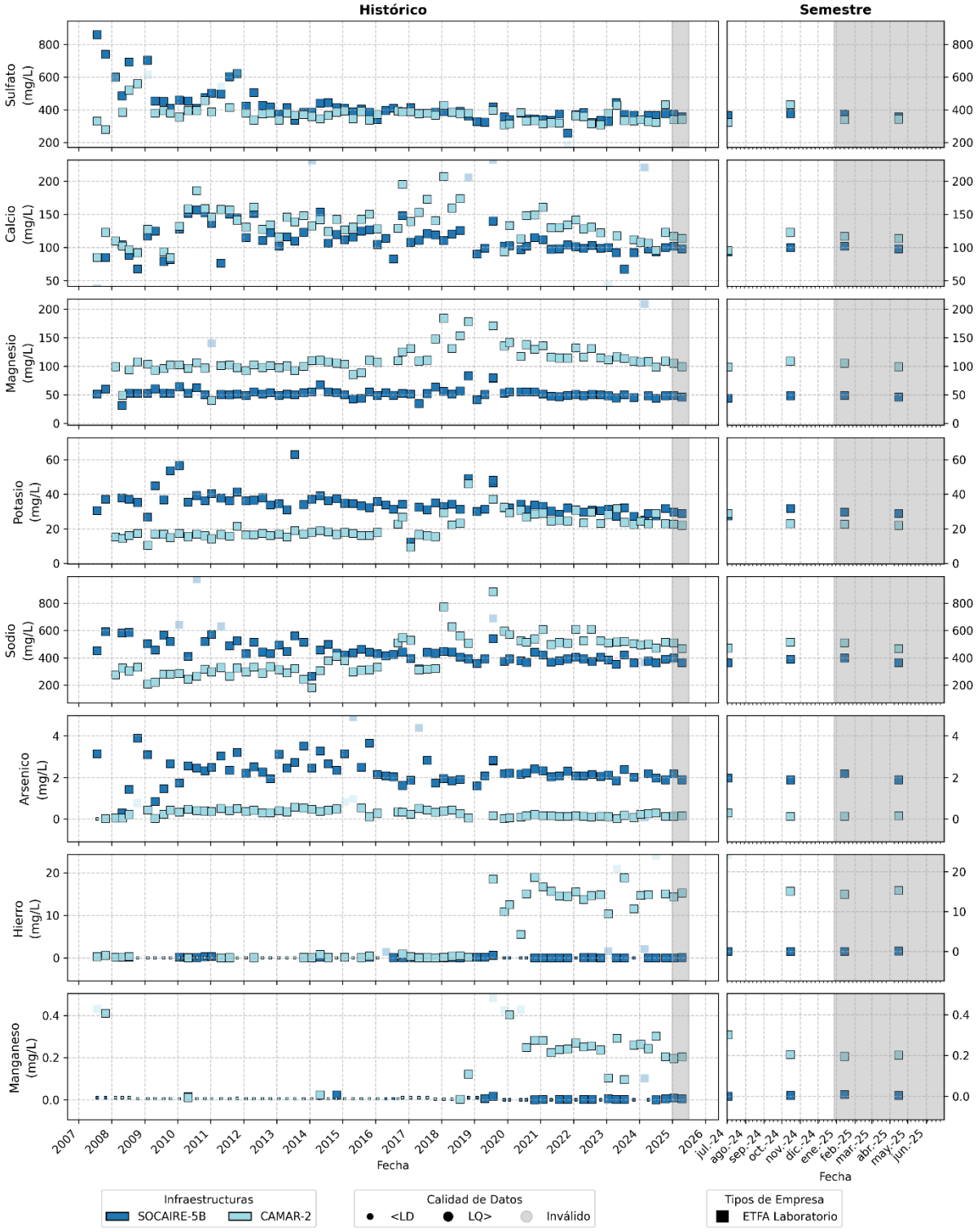
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-95: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B



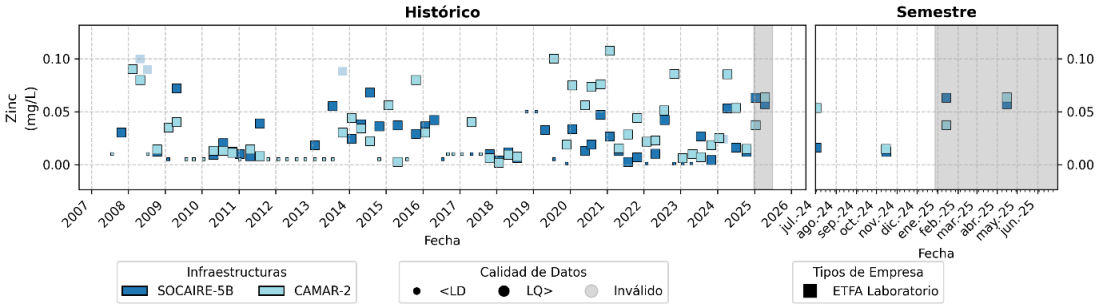
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-96: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B



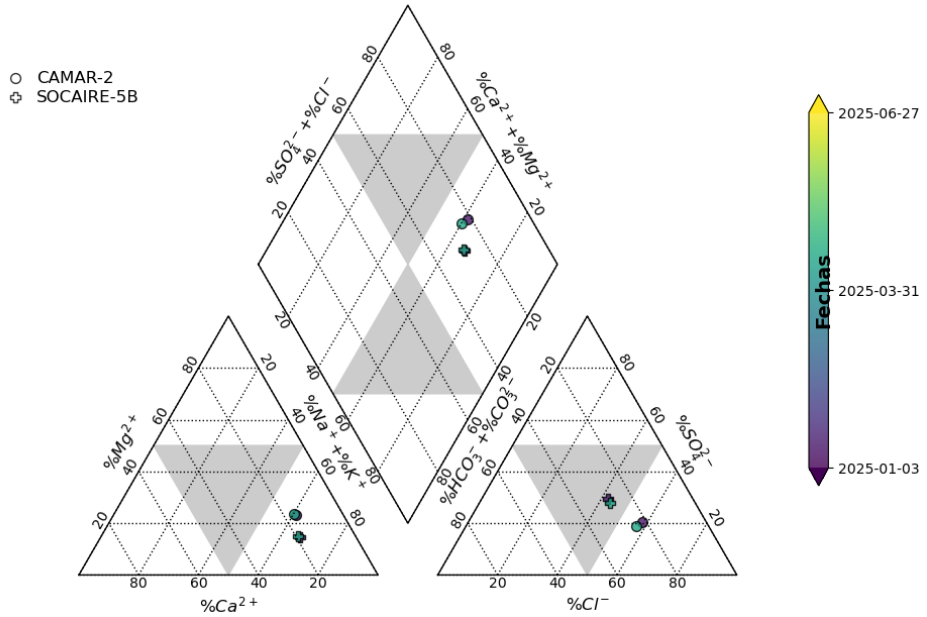
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-97: Evolución histórica calidad del agua pozos de extracción Camar-2 y Socaire-5B



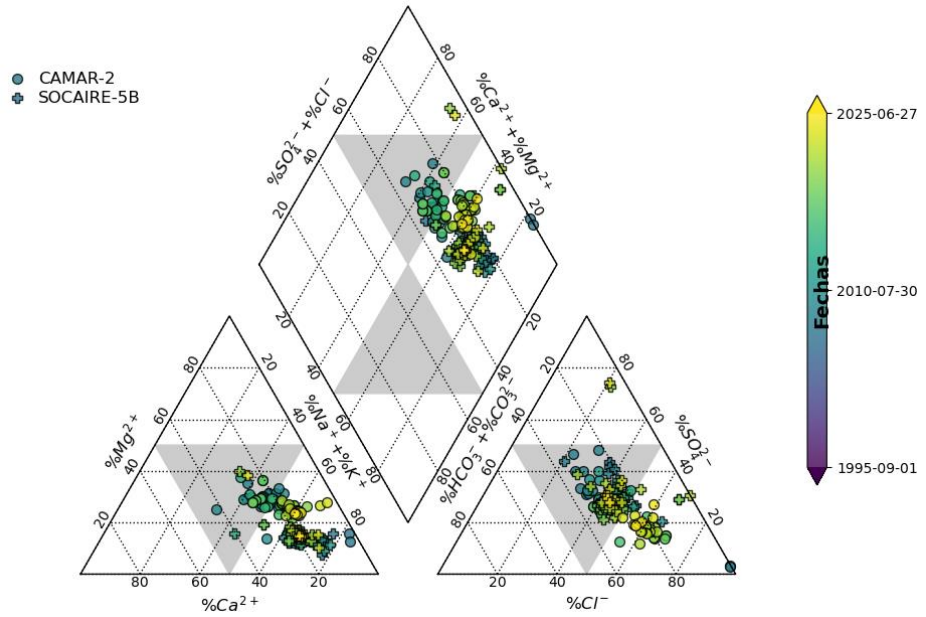
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-98: Diagrama de Piper para el primer semestre 2025 de Camar-2 y Socaire-5B



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

Figura 6-99: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B

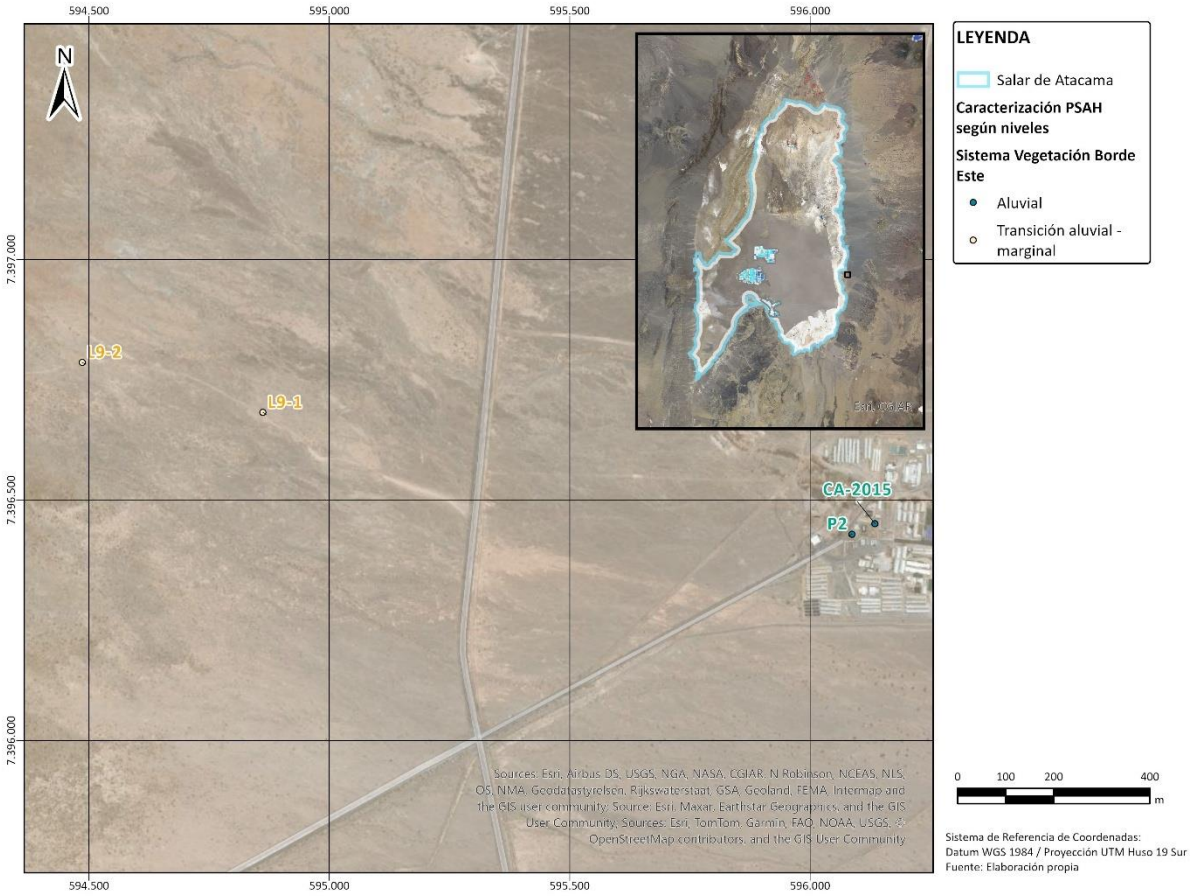


Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

6.1.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE – SECTOR POZO CA-2015

A continuación, se analiza el comportamiento histórico de los pozos pertenecientes al Sistema Vegetación Borde Este. Como ya se ha indicado al inicio de este capítulo, se han descrito los puntos separados en función del sistema hídrico (sistema Soncor o sistema Aguas de Quelana) (Figura 6-100). Esto ha permitido poder describir y entender de mejor manera la dinámica hidrogeológica de estos sistemas. En este apartado, queda entonces por describir la zona inmediata al pozo de agua industrial CA-2015, que consta de los puntos P2, L9-1 y L9-2.

Figura 6-100: Infraestructura presente en el sistema Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles



Fuente: Elaboración propia.

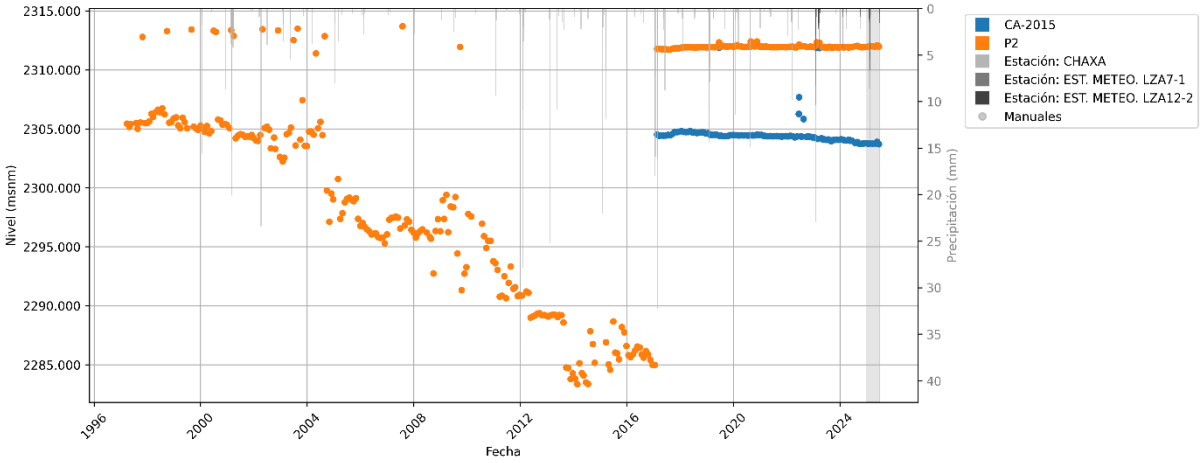
6.1.3.1 Niveles de agua subterránea

En esta sección se presenta un análisis de los niveles registrados en el Sistema Borde Este – Sector pozo CA-2015, con énfasis en la comparación entre las mediciones obtenidas durante el primer semestre de 2025 respecto al registro histórico.

6.1.3.1.1 Nivel en pozo de bombeo de agua industrial

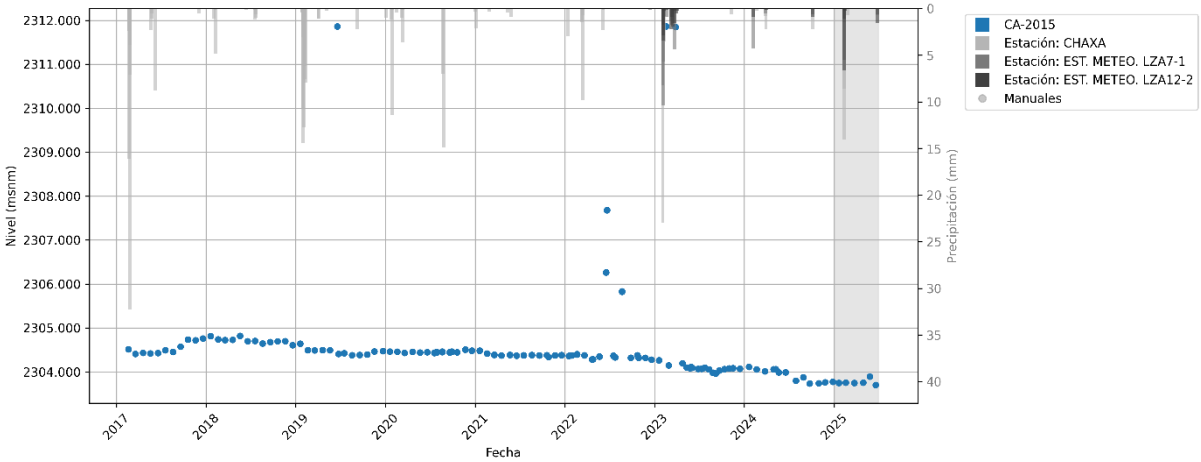
El Sistema Vegetación Borde Este cuenta con el pozo de agua industrial CA-2015, el cual reemplazó al pozo P2 a partir de febrero de 2017, conforme a lo establecido en la Resolución Exenta Nº296/2016 de la DGA. En la Figura 6-101 se presentan los niveles registrados en ambas infraestructuras, mientras que la Figura 6-102 muestra en detalle el comportamiento reciente del pozo CA-2015.

Figura 6-101: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al Sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-102: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al Sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Históricamente, el pozo P2 presentó un descenso continuo del nivel. Tras su detención en 2017, se registró un ascenso de aproximadamente 26 m, alcanzando una cota superior a los 2.311,70 m s.n.m., como se observa en la Figura 6-101. Posteriormente, en enero de 2018, el nivel alcanzó los 2.311,90 m s.n.m., manteniéndose estable en torno a esa cota hasta diciembre de 2024.

Por su parte, el pozo CA-2015 ha mostrado una tendencia descendente desde el inicio de su operación, con una tasa promedio de 10 cm/año. Su régimen de extracción se ha mantenido por debajo del caudal autorizado (35 L/s), con un promedio de 31,1 L/s. A junio de 2025, el nivel se sitúa en 2.303,697 m

s.n.m. A pesar de esta tendencia general, se han observado picos en los niveles, atribuibles al manejo operacional y a variaciones en el régimen de extracción.

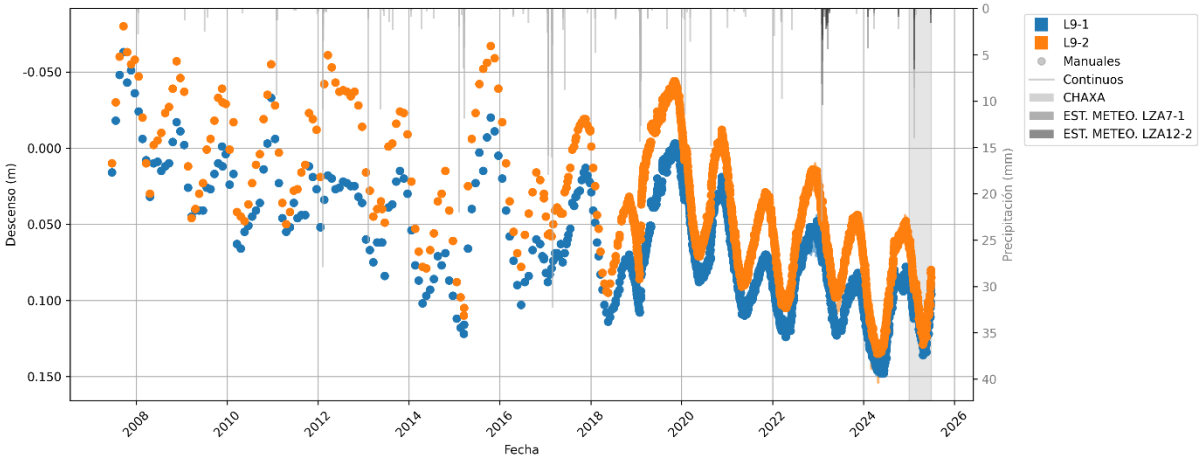
6.1.3.1.2 Pozos en Zona Aluvial y Marginal

El análisis del Sistema Vegetación Borde Este incluye los pozos L9-1 y L9-2, ubicados en un sector con menor densidad de puntos de control en comparación con el resto de los sistemas. Esta limitación impide observar todos los tipos de comportamiento hidrogeológico descritos en apartados anteriores.

Los niveles registrados en los puntos L9-1 y L9-2 (Figura 6-103) muestran un comportamiento definido previamente como transicional entre la Zona Marginal y el acuífero aluvial. Este se caracteriza por una oscilación estacional combinada con una tendencia de descenso sostenido, evidenciada en mínimos estacionales cada vez más bajos.

Ambos pozos cuentan con mediciones diarias desde 2018, lo que ha permitido observar con mayor precisión la regularidad del efecto estacional en la variación de sus niveles. La tasa de descenso promedio registrada desde 2018 a diciembre 2024 es de aproximadamente 1,6 cm/año. En el primer semestre de 2025, los pozos aumentaron su nivel por las lluvias de febrero, alcanzando un mínimo estacional más alto que en el segundo semestre de 2024.

Figura 6-103: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del Sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

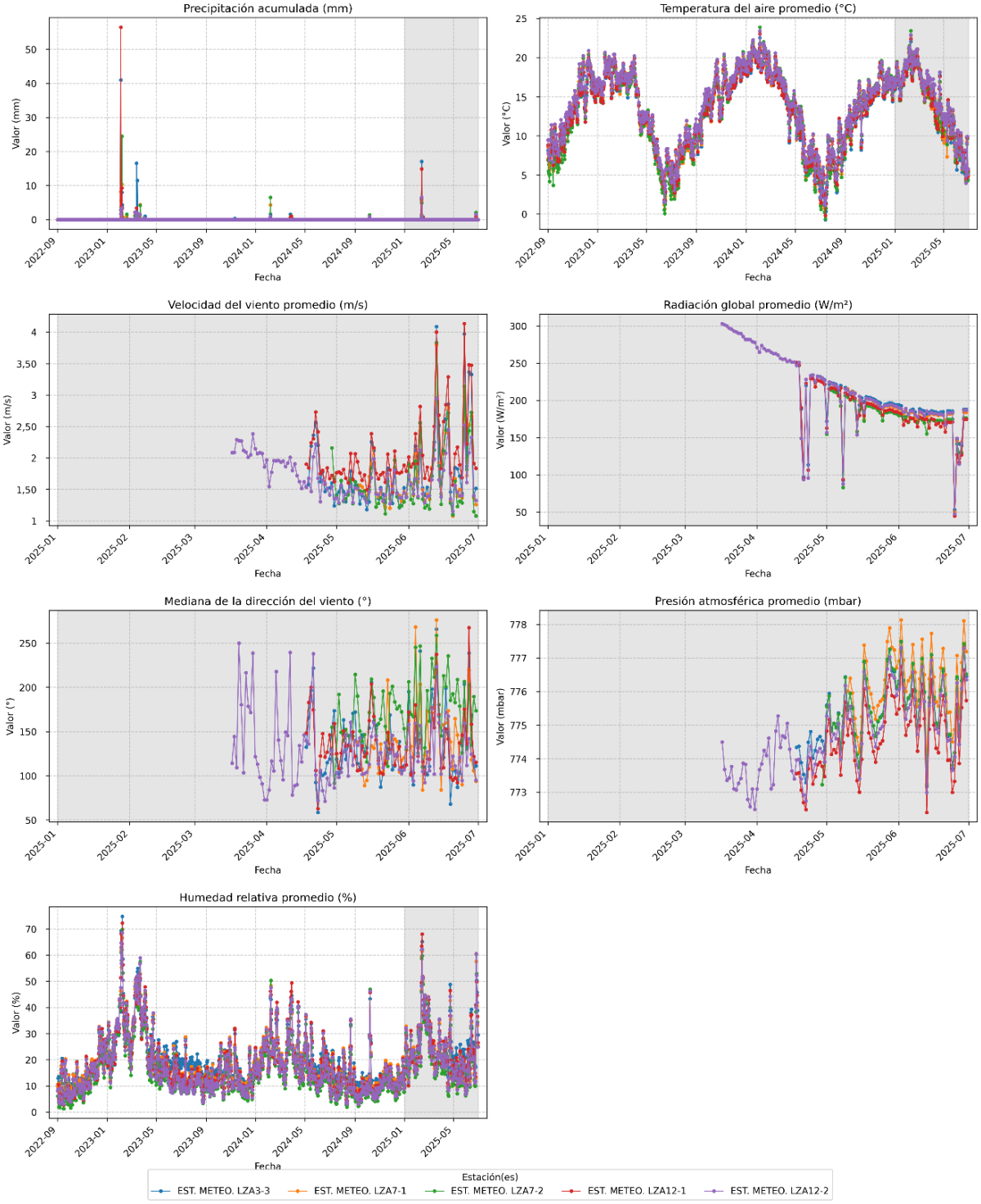
6.1.3.2 Meteorología

El análisis histórico de las condiciones meteorológicas en las estaciones LZA3-3, LZA7-1, LZA7-2, LZA12-1 y LZA12-2 contempla la medición de los parámetros de precipitación acumulada, temperatura promedio del aire y humedad relativa promedio desde aproximadamente octubre de 2022, cuyas series históricas se ilustran en la Figura 6-104. Por otro lado, debido a que el monitoreo de las variables radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento inició en el primer semestre de 2025, dichas variables quedan excluidas de este análisis.

Durante el primer semestre de 2025, las estaciones LZA3-3, LZA7-1, LZA7-2, LZA12-1 y LZA12-2 registraron un incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos de precipitación en comparación con el segundo semestre de 2024. En este último período, únicamente se reportaron eventos aislados en octubre, con acumulados inferiores a 1,5 mm. En contraste, el primer semestre de 2025 presentó precipitaciones más frecuentes y de mayor magnitud, destacando el mes de febrero, cuando las estaciones LZA3-3 y LZA12-1 acumularon 23,4 mm y 22 mm, respectivamente, mientras que LZA7-1, LZA7-2 y LZA12-2 registraron valores entre 6,3 mm y 7,9 mm. Adicionalmente, en junio todas las estaciones reportaron registros de precipitación, sobresaliendo un máximo diario de 2,1 mm en LZA7-2. Este comportamiento pluviométrico, concentrado en los primeros meses del año, corresponde al denominado invierno altiplánico, fenómeno climático típico del altiplano andino, que se manifiesta habitualmente entre enero y marzo, aportando humedad desde el este del continente hacia el norte de Chile.

En el primer semestre de 2025, todas las estaciones registraron aumentos respecto a sus promedios históricos en temperatura del aire y humedad relativa. La temperatura subió entre 0,9 °C y 1,2 °C según la estación, indicando condiciones más cálidas. La humedad relativa también aumentó significativamente: LZA3-3 alcanzó 24,9 % (más de 5 puntos sobre su valor histórico), mientras que las otras estaciones reportaron incrementos similares. Este aumento está relacionado con factores estacionales y lluvias durante el periodo.

Figura 6-104: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas del Sistema Vegetación Borde Este durante el primer semestre de 2025

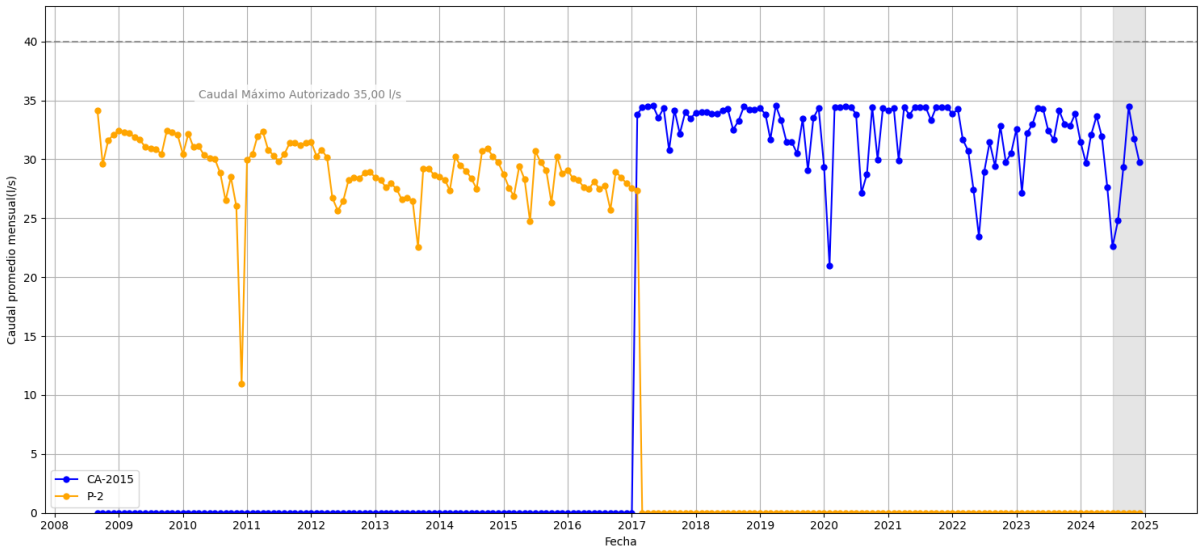


En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia

6.1.3.3 Caudal bombeado agua

El registro de los caudales históricos extraídos desde el pozo P2 (posteriormente reemplazado por el pozo CA-2015) se presenta en la Figura 6-105. Durante el período comprendido entre 2007 y 2017, el pozo P2 operó con un caudal promedio de 29,3 L/s, con un máximo de 34,5 L/s. Posteriormente, en enero de 2017, el pozo P2 inició su operación como CA-2015 y aumentó su caudal promedio a 32,6 L/s. A lo largo de todo el período de extracción, el caudal no ha sobrepasado los derechos de aprovechamiento autorizados (35 L/s).

Figura 6-105: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Al cierre del primer semestre de 2025, el caudal de extracción promedio fue de 27,52 L/s, manteniendo el régimen de extracción regular de los últimos meses.

6.1.3.4 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el primer semestre de 2025 en el Sistema Vegetación Borde Este, en comparación con su evolución histórica. Como se indicó en la sección 5, no existen límites normativos ni de línea base para los parámetros monitoreados. Por lo tanto, esta sección se enfoca exclusivamente en describir su comportamiento y evolución desde el inicio del registro.

El monitoreo se lleva a cabo en los pozos L2-4, L4-3, L7-3 y en el pozo de extracción de agua industrial CA-2015, que reemplaza al antiguo pozo P2. Los tres primeros también forman parte del monitoreo de otros sistemas, como se detalló en secciones anteriores (ver pozos L2-4 y L7-3 en el Sistema Soncor, y pozo L4-3 en el Sistema Aguas de Quelana). En esta sección, se presenta gráficamente la evolución histórica de la calidad del agua en el pozo P2 (desde 2008 hasta marzo de 2017) y en el pozo CA-2015 (desde abril de 2017 hasta el primer semestre de 2025) desde la Figura 6-98 a la Figura 6-109, con los parámetros de calidad 4 (ver Tabla 4-2 y Tabla 4-3).

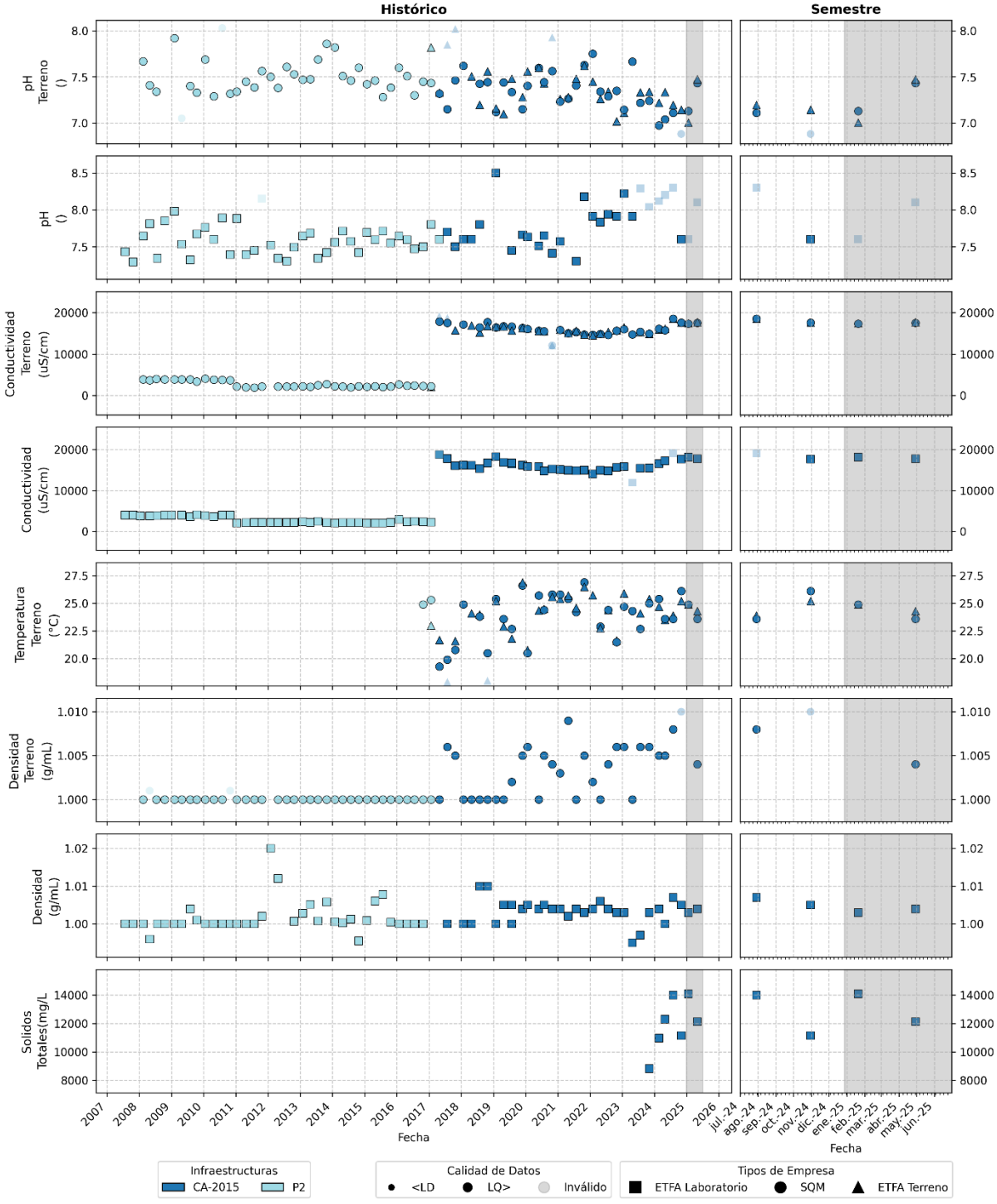
En general, todos los parámetros se mantienen dentro del rango histórico durante el periodo a reportar. Los registros del pozo P2 (hasta fines de 2016) muestran baja conductividad eléctrica de terreno (<4.100 µS/cm) y bajas concentraciones de sólidos disueltos totales y cloruros (promedio de 2.167 mg/L y máximo de 1.221 mg/L, respectivamente), lo que refleja su ubicación en el acuífero aluvial, fuente de recarga para la zona marginal. A partir de 2017, con el reemplazo por el pozo CA-2015, se observa un aumento de 3 a 4 veces en las concentraciones de estos parámetros, alcanzando máximos de 13.650 mg/L para sólidos disueltos totales y 6.540 mg/L para cloruros. Esto se atribuye a que el pozo CA-2015 capta aguas más profundas, con mayor influencia de la interfaz salina.

Este patrón también se refleja en las concentraciones de sulfato, magnesio y sodio. La densidad se mantiene históricamente en torno a 1,00 g/mL, y el pH (terreno y laboratorio) entre 6,9 y 8,5.

Para la correcta interpretación de las series históricas, se deben considerar las siguientes observaciones:

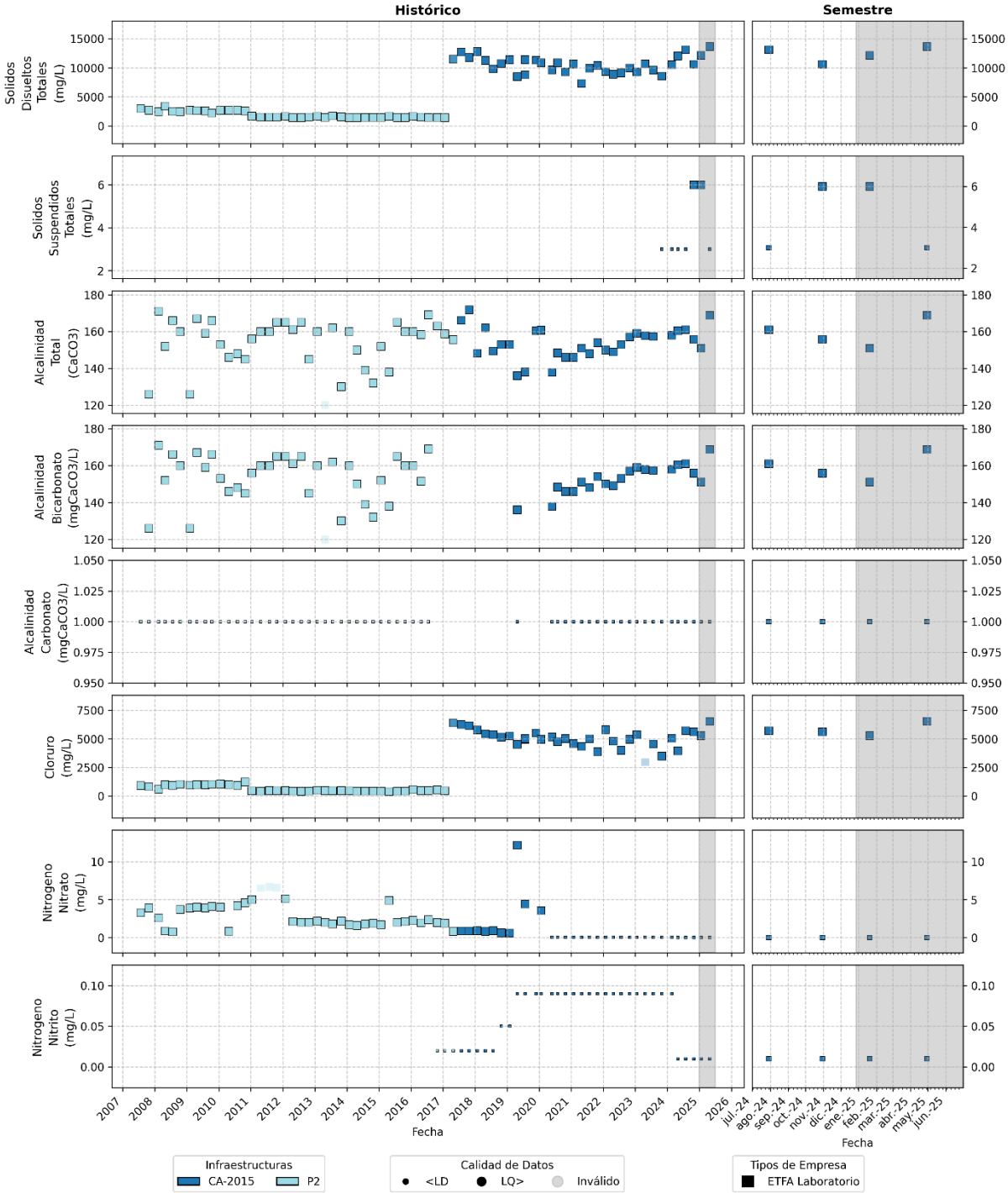
- Los valores correspondientes a Límites de Detección (LD) o Límites de Cuantificación (LQ) se indican en los gráficos.
- Los puntos de monitoreo se agrupan por sector en un mismo gráfico para facilitar la visualización de tendencias.
- Los valores validados se presentan con resalte.
- Se muestran gráficamente aquellos resultados dentro del rango del máximo y mínimo registro validado, más y menos una desviación estándar respectivamente.

Figura 6-106: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015



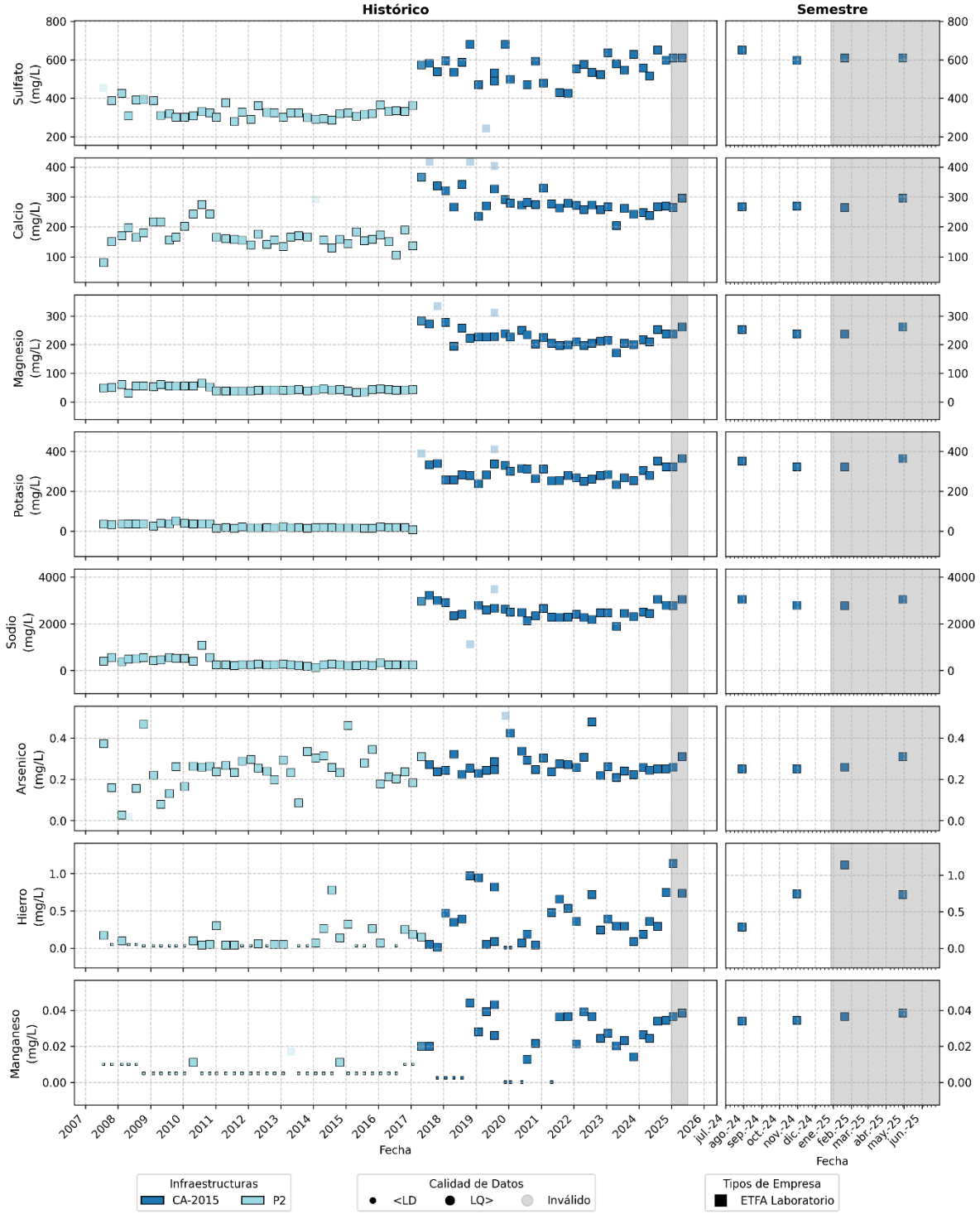
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-107: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (continuación)



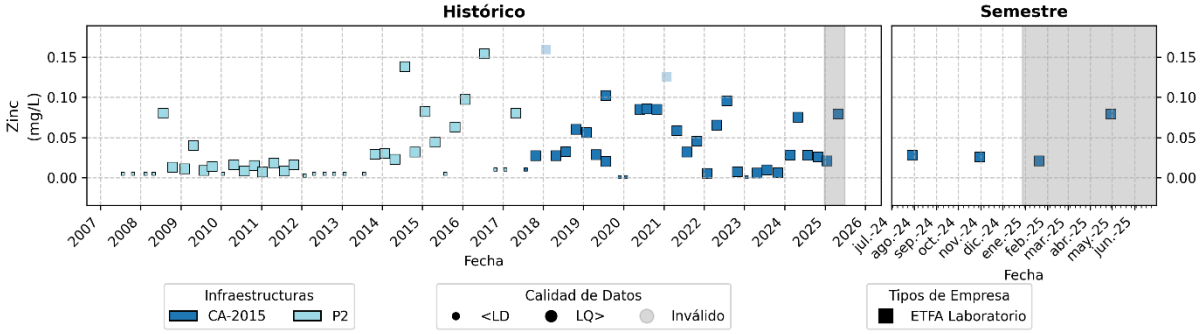
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-108: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

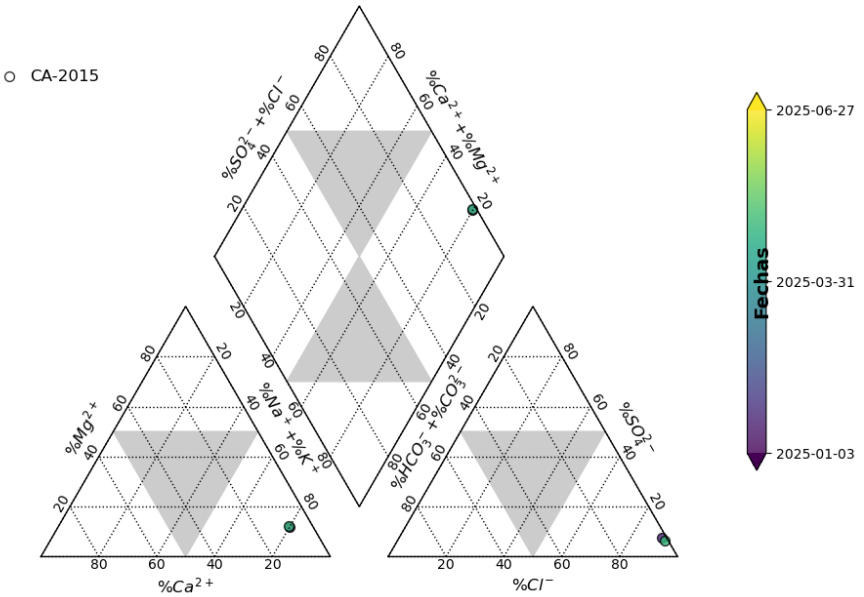
Figura 6-109: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

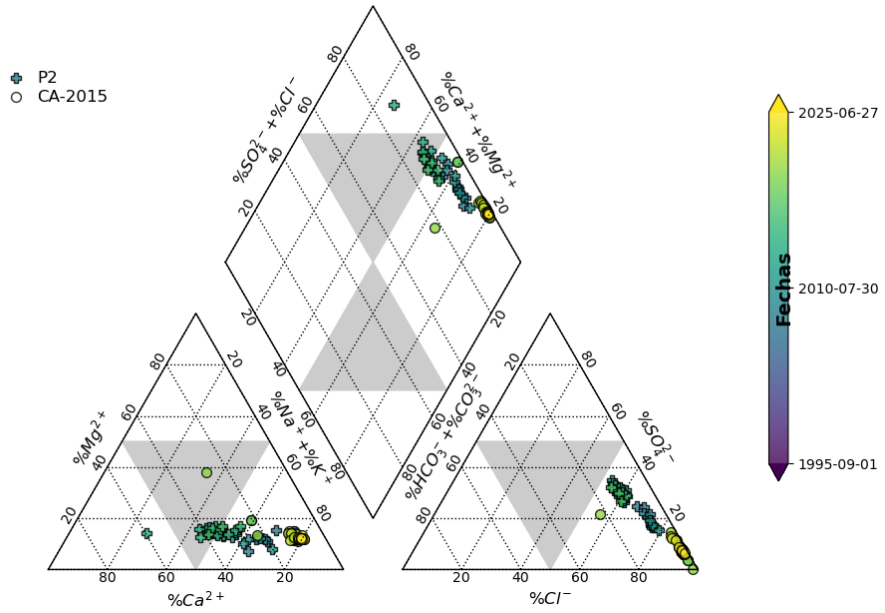
La Figura 6-110 presenta el diagrama de Piper con los registros para el primer semestre de 2025 y la Figura 6-111 los registros históricos para los pozos CA-2015 y P2 (con registros hasta enero de 2017), considerando únicamente aquellas con balance iónico inferior al 10%. Las aguas del punto CA-2015 mantienen una composición clorurada sódica, en concordancia con la tendencia observada en campañas anteriores.

Figura 6-110: Diagrama de Piper para el primer semestre de 2025 de CA-2015 y P2



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

Figura 6-111: Diagrama de Piper histórico de CA-2015 y P2



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

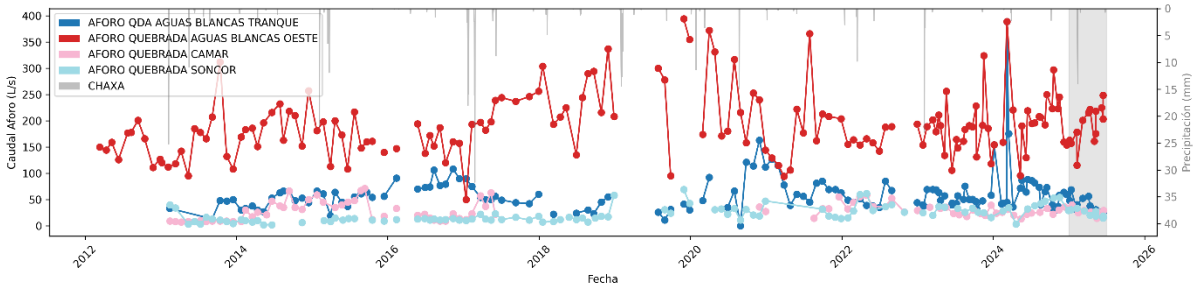
En cuanto a las tendencias del sector, se identifican leves disminuciones en algunos parámetros del punto CA-2015, como pH de terreno, conductividad eléctrica de terreno, sólidos disueltos totales y cloruro. Esta variación podría estar relacionada con la disminución progresiva de eventos de precipitación, los cuales fueron más intensos en 2019, favoreciendo en ese momento la disolución de sales y, por ende, un incremento en la conductividad eléctrica del agua.

Sin embargo, entre el segundo semestre de 2024 y el periodo a reportar se registraron valores más elevados de conductividad eléctrica de terreno, sólidos disueltos totales y cloruro, superando la tendencia observada en los últimos años.

6.1.3.5 Caudal de agua superficial (aforos)

En el sistema Vegetación Borde Este, se dispone de cuatro puntos de aforo de caudal de agua superficial: Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor. En la Figura 6-112 se muestra el registro histórico del punto de los aforos en el sector Vegetación Borde Este, junto con la precipitación.

Figura 6-112 Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Vegetación Borde Este



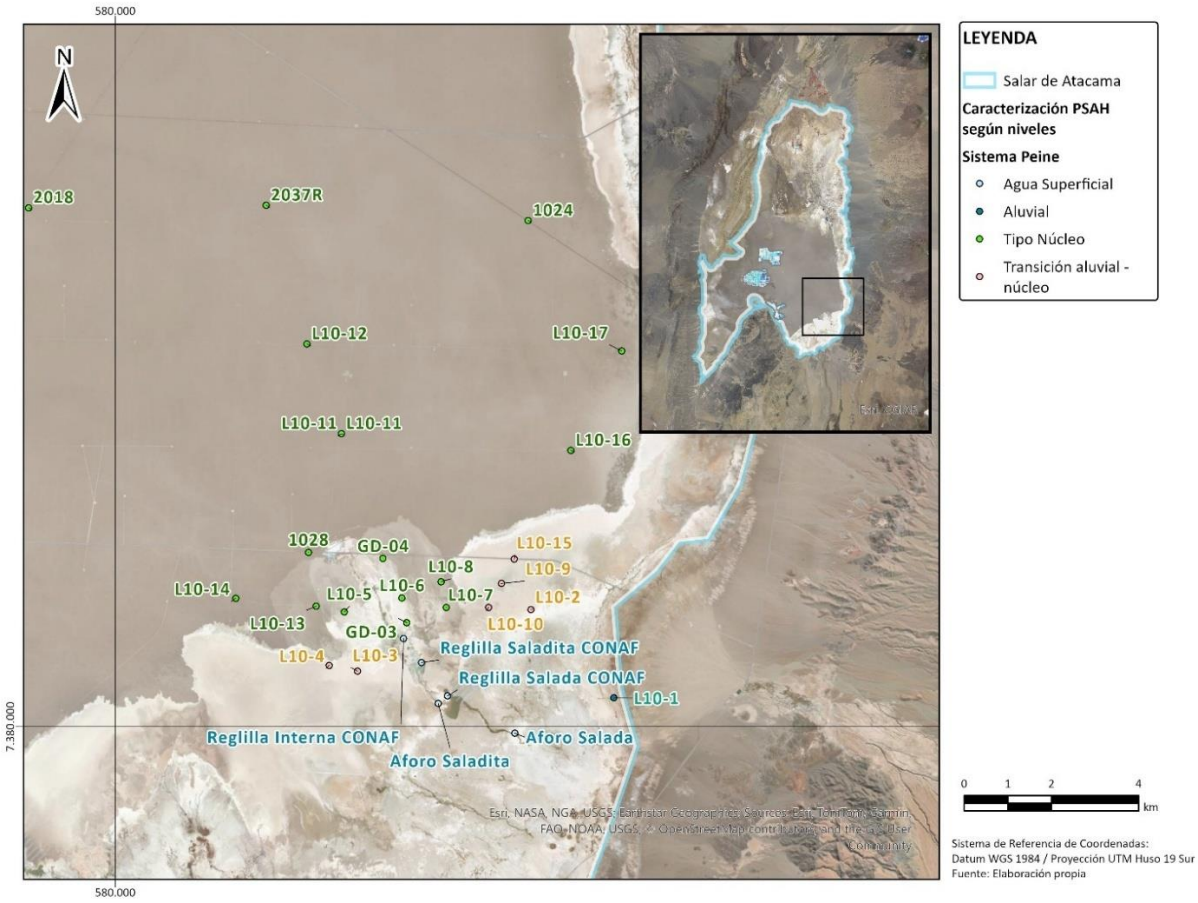
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las cuatro estaciones, Quebrada Aguas Blancas Oeste continúa siendo la que presenta los mayores caudales, alcanzando valores cercanos a los 400 L/s en eventos puntuales como en julio de 2021 y noviembre de 2024. En contraste, las estaciones Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Camar y Quebrada Soncor mantienen caudales significativamente menores, en torno a los 50 L/s. Durante el primer semestre de 2025, los caudales muestran un descenso leve en todas las estaciones con excepción a la Quebrada Aguas Blancas Oeste la cual muestra una tendencia al ascenso durante el periodo a reportar. Se confirma que los picos de caudal no siempre están precedidos por eventos de precipitación, lo que sugiere la influencia de otros factores como descargas subterráneas o liberaciones aguas arriba. En general, los máximos caudales tienden a concentrarse a inicios del segundo semestre de cada año, patrón que no se ha manifestado aún en el periodo analizado de 2025.

6.1.4 SISTEMA PEINE

A continuación, se analiza el comportamiento de los monitoreos asociados a los puntos de control pertenecientes al sistema Peine, es decir aquellos cercanos a las lagunas Salada, Saladita y el Desborde de Laguna Interna (Figura 6-113). Cabe recordar que esta última unidad corresponde al Desborde de este sistema de lagunas y, por lo tanto, presenta un comportamiento variable distinto de un cuerpo lagunar estable.

Figura 6-113: Infraestructura presente en el sistema Peine y clasificada según comportamiento de los niveles



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

6.1.4.1 Niveles de agua subterránea y superficial

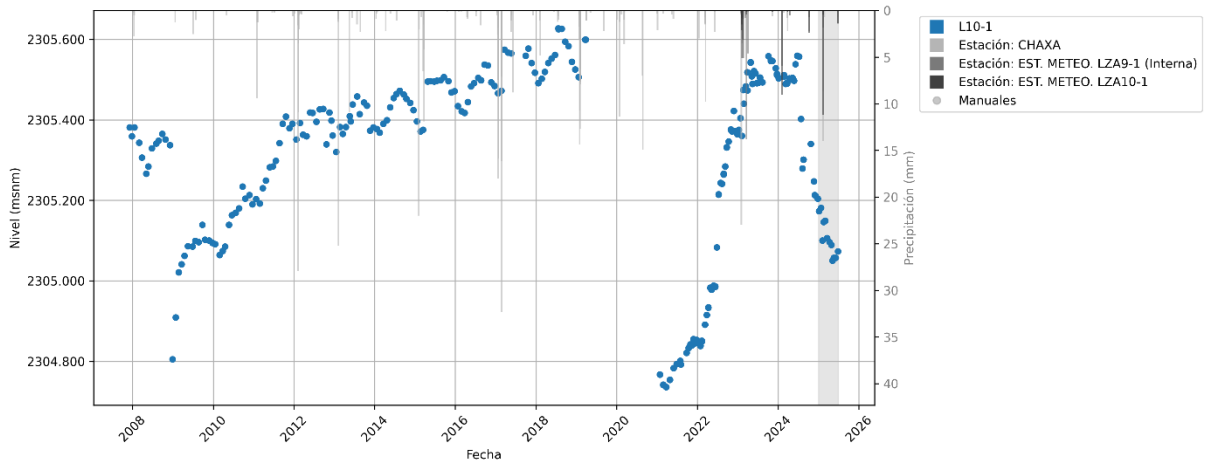
En esta sección se presenta un análisis de los niveles registrados en el Sistema Peine, con énfasis en la comparación entre las mediciones obtenidas durante el primer semestre de 2025 respecto al registro histórico.

6.1.4.1.1 Pozos en Zona Aluvial

En el Sistema Peine, el único punto ubicado en la zona aluvial es L10-1, localizado en el límite entre las zonas marginal y aluvial. Aunque este punto está asociado al monitoreo de la Zona Marginal, su comportamiento difiere de lo esperado para dicha zona, mostrando una estrecha relación con los ciclos estacionales de evaporación.

La Figura 6-114 presenta los niveles históricos registrados en este pozo. La tendencia general ha sido ascendente desde enero de 2009, con una tasa promedio de 3 cm/año, calculada entre junio de 2011 y diciembre de 2018. Al retomarse las mediciones en enero de 2021, el nivel se encontraba en una cota mínima histórica, 83 cm por debajo de la última medición registrada en 2019. Este descenso podría estar relacionado con el manejo operacional de extracciones en el acuífero aluvial aguas arriba del pozo L10-1.

Figura 6-114: Niveles medidos en la Zona Aluvial del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Un aspecto destacable es la ausencia de respuesta a los eventos de precipitación, lo que refuerza la singularidad del comportamiento de este punto. Los registros correspondientes al primer semestre de 2025 muestran una tendencia descendente enero, alcanzando una cota de 2.305,073 m s.n.m. en junio de 2025.

6.1.4.1.2 Pozos en Zona Marginal

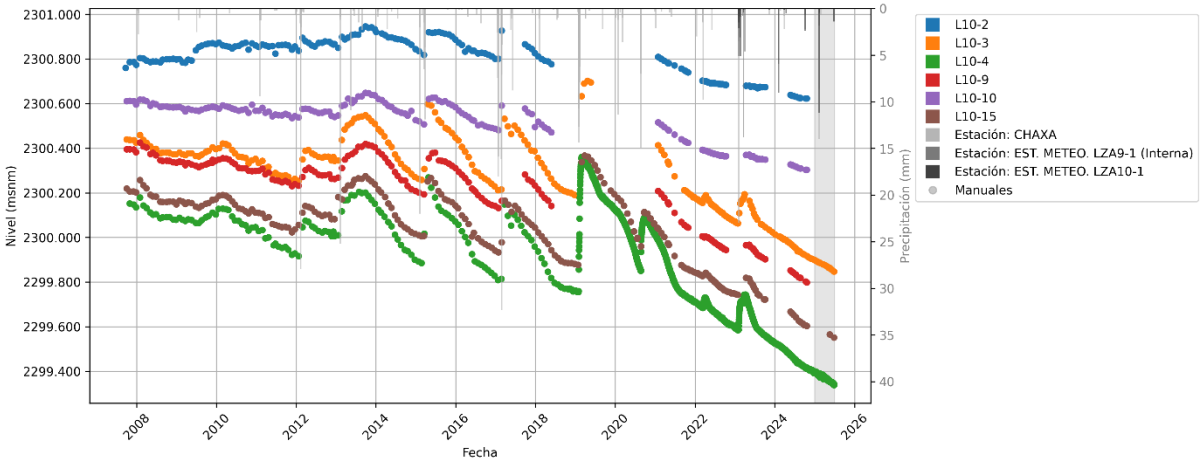
Desde la Zona Aluvial y en dirección noroeste, siguiendo el flujo subterráneo, se encuentra la Zona Marginal del Sistema Peine, donde los niveles muestran un comportamiento transicional entre lo observado en el punto L10-1 y el comportamiento típico del núcleo. Esta zona incluye los puntos L10-2, L10-3, L10-4, L10-9, L10-10 y L10-15, los cuales se presentan en la Figura 6-115.

Estos pozos no exhiben la oscilación regular asociada a los ciclos estacionales de evaporación, y su comportamiento se mantiene como transicional. Los puntos más cercanos al acuífero aluvial, como L10-2, conservan algunos rasgos similares a los observados en L10-1. Sin embargo, a medida que se

avanza hacia el núcleo, estos rasgos se atenúan y los niveles comienzan a reflejar características más propias de dicha zona.

Durante el primer semestre de 2025, se mantiene la tendencia general de descenso en los niveles que no contaron con restricción de acceso, atribuida a la baja recarga y a la producción de salmuera. La pendiente basal varía según la ubicación del pozo: por ejemplo, L10-2, más próximo al acuífero aluvial, presenta una tasa de descenso de aproximadamente 3,3 cm/año, mientras que L10-4, más cercano al núcleo, muestra una pendiente más pronunciada, del orden de 12,7 cm/año.

Figura 6-115: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el Núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tal como se ha descrito, en la Zona Marginal del Sistema Peine se encuentran los objetos de protección definidos para este sistema. Sin embargo, para evaluar los potenciales riesgos que enfrentan estos cuerpos de agua superficiales, es necesario considerar que el comportamiento de los niveles en esta zona no es análogo al observado en otros sistemas, como Soncor o Aguas de Quelana. En particular, no se evidencian las características típicas de oscilación estacional asociadas a la evaporación, ni variaciones de nivel en torno a una cota estable (sin tendencia de ascenso o descenso).

En cambio, los niveles en la Zona Marginal del Sistema Peine reflejan una transición entre el acuífero aluvial y el núcleo, lo que implica que el Sistema de Lagunas Salada–Saladita discurre prácticamente de forma aislada sobre el terreno. Esta condición se debe a la baja conductividad hidráulica en la base de estos cuerpos de agua, lo que impide una interacción significativa con el acuífero subyacente.

A partir de esta condición hidrogeológica, se establece que el análisis del estado actual de los objetos de protección debe considerar tanto los niveles registrados como la evolución de la extensión lacustre, abordada en la sección 6.1.4.2.

El monitoreo de los niveles superficiales de las lagunas del Sistema Peine se realiza mediante las reglillas Salada, Saladita e Interna, cuyos registros fueron históricamente levantados por CONAF en el marco del convenio establecido en la RCA Nº226/2006. A partir de enero de 2019, y tras el término del convenio, la responsabilidad de estas mediciones fue asumida por SQM, integrándose sus registros a la serie histórica.

Los niveles medidos hasta la fecha se presentan en la Figura 6-116. Si bien la frecuencia trimestral de medición limita el detalle respecto a las variaciones estacionales, se observa cierta oscilación, especialmente en las reglillas Salada y Saladita.

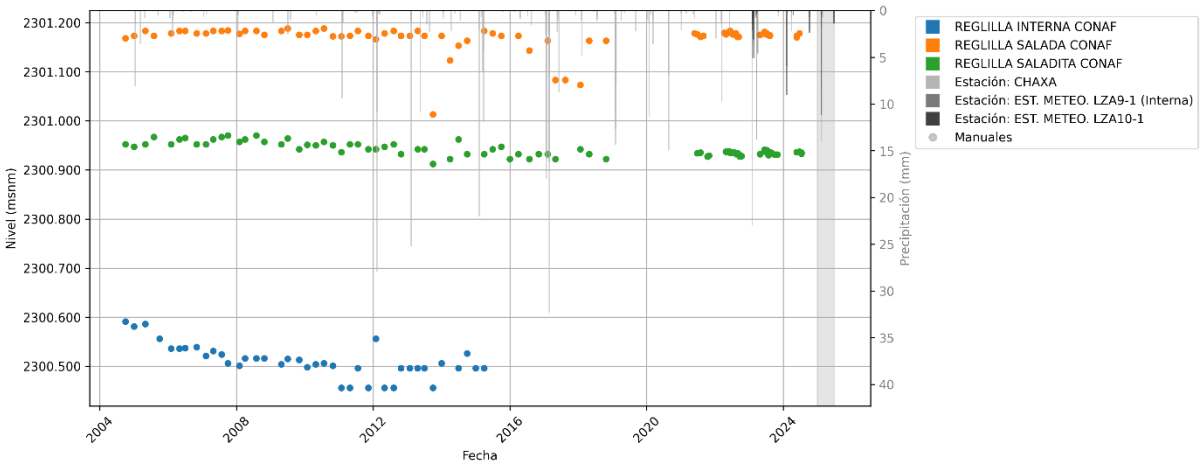
En términos generales, la Reglilla Salada ha mostrado registros estables durante todo el período de monitoreo. Algunas mediciones puntuales, como la de octubre de 2013 o varias entre 2017 y 2018, se encuentran por debajo del rango histórico de variabilidad. No obstante, estas no representan cambios significativos en la dinámica de la laguna, sino que reflejan variaciones en los bordes del cuerpo de agua, posiblemente asociadas a procesos de sedimentación o precipitación de sales. La identificación de patrones se ve dificultada por la existencia de largos períodos sin información, como entre octubre de 2018 y mayo de 2021, y durante los cierres anuales por reproducción o nidificación de flamencos. En el período actual, no se cuentan con mediciones. El detalle sobre la restricción de acceso se presenta en la sección 5.1.1

En la Reglilla Saladita, desde el inicio de los registros en 2005 hasta 2013, se observa una tendencia descendente con una tasa promedio de 0,3 cm/año. Posteriormente, entre 2015 y 2018, los niveles se estabilizan, oscilando en torno a una cota constante. Tras un período sin mediciones entre octubre de 2018 y junio de 2021, los registros posteriores muestran una oscilación en torno a la misma cota, lo que sugiere que el nivel de la Laguna Saladita se ha mantenido estable. En este punto, no se cuentan con mediciones de nivel desde el segundo semestre de 2024. El detalle sobre la restricción de acceso se presenta en la sección 5.1

Finalmente, en la Reglilla Interna no se han registrado niveles desde abril de 2015, ya que el área de descarga no ha alcanzado la ubicación del punto de monitoreo.

Cabe señalar que, debido a restricciones de acceso durante el período reproductivo de flamencos o accesos al sector, no se cuenta con registros recientes para las tres reglillas durante algunos tramos del período de monitoreo.

Figura 6-116: Niveles en las reglillas de agua superficial del Sistema Peine



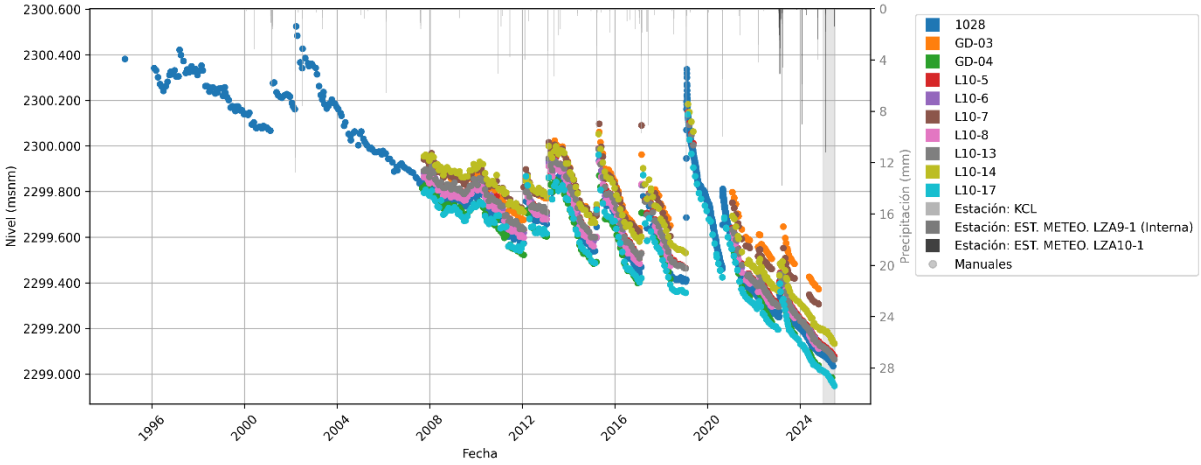
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.4.1.3 Pozos en Zona Núcleo

En la Zona Núcleo del Sistema Peine se ha observado el mismo patrón tipo Núcleo reconocido en otros sectores del Salar, como Soncor, Aguas de Quelana y Tilopozo (este último se describe más adelante). Este patrón se caracteriza por una alta sensibilidad a eventos de precipitación directa sobre el núcleo, con respuestas inmediatas ante eventos significativos y una posterior recuperación de la tendencia original una vez transcurrido el evento.

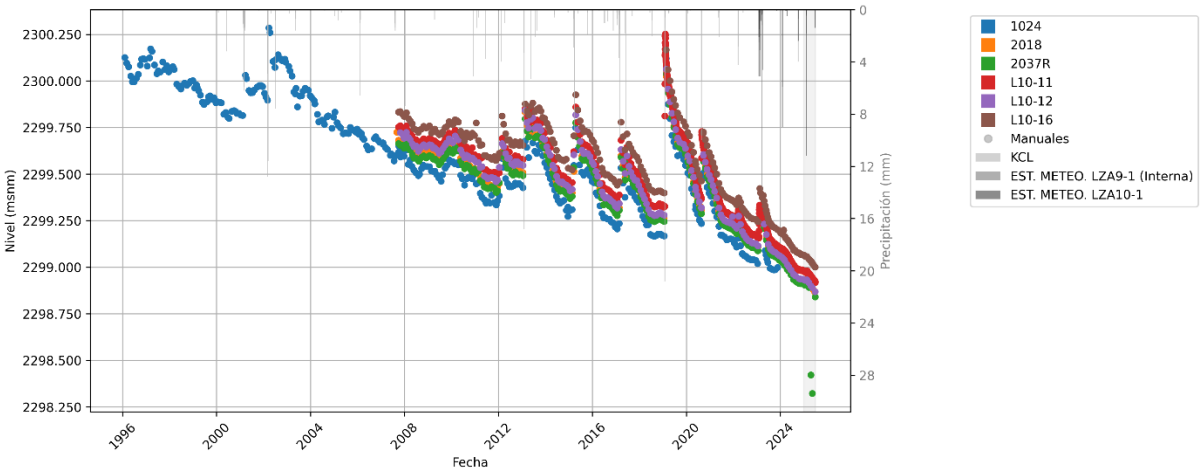
Los pozos de esta zona muestran escasa variabilidad en la cota piezométrica entre ellos, lo que evidencia la planitud de la superficie piezométrica en el acuífero del núcleo. Los niveles medidos se presentan en la Figura 6-117 y Figura 6-118, donde se observa un comportamiento sin oscilación estacional y con una clara tendencia descendente.

Figura 6-117: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el Núcleo, para el Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-118: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el Núcleo, para el Sistema Peine (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

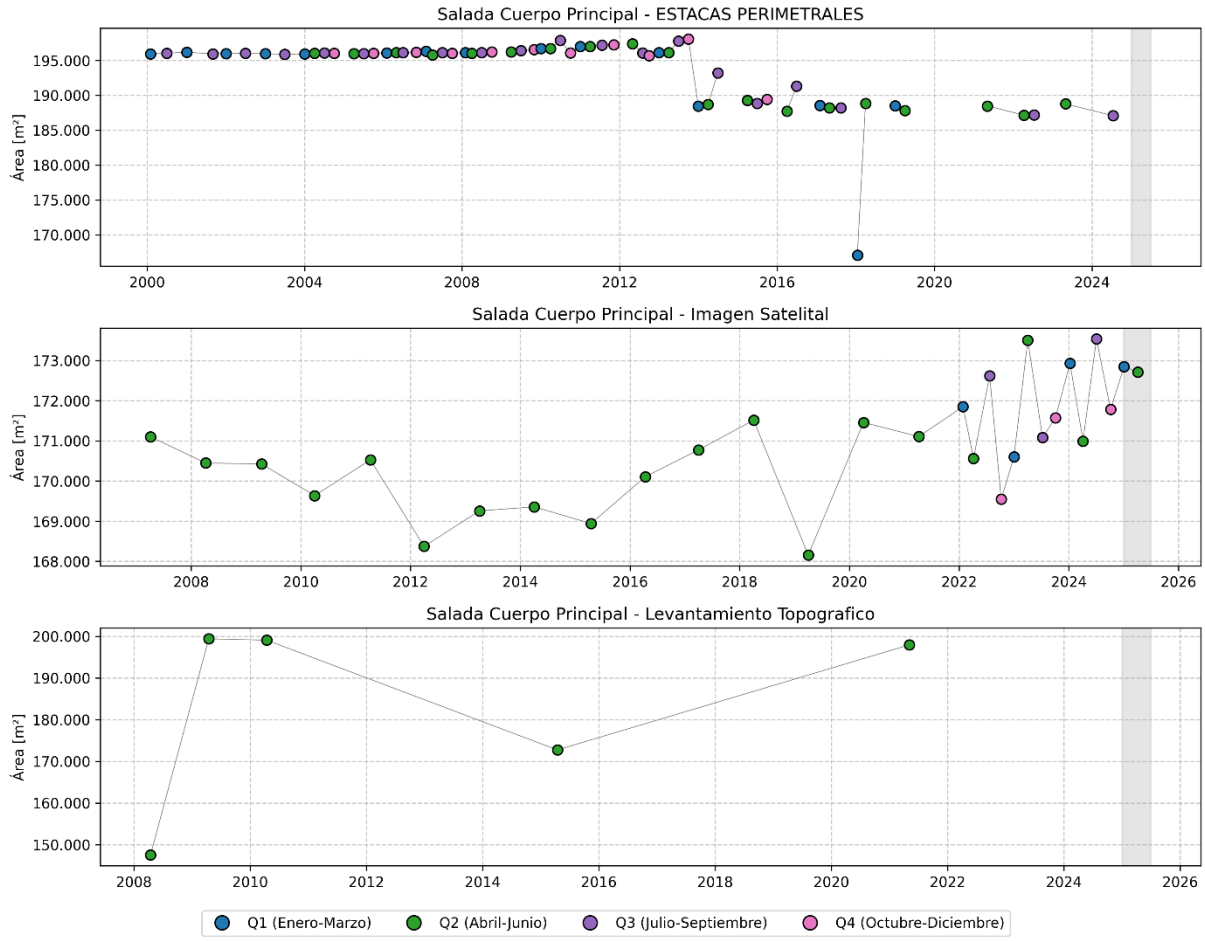
El descenso promedio de los niveles en este grupo de pozos ha sido del orden de 10 cm/año entre 2012 y junio de 2025. Este comportamiento refuerza la interpretación de que, en el núcleo del Salar, las variaciones de nivel están dominadas por la dinámica interna del sistema y no por influencias externas como la evaporación o la interacción con cuerpos de agua superficiales.

6.1.4.2 Superficie lacustre

El sistema lacustre de Peine es alimentado por un canal que es el resultado de un afloramiento natural de agua subterránea ubicado al sureste del área. Las lagunas que componen este sistema son Salada, Saladita y Desborde Laguna Interna. Esta última está formada por los desbordes de la Laguna Saladita, y su morfología es altamente dinámica y relacionada con eventos puntuales de precipitación.

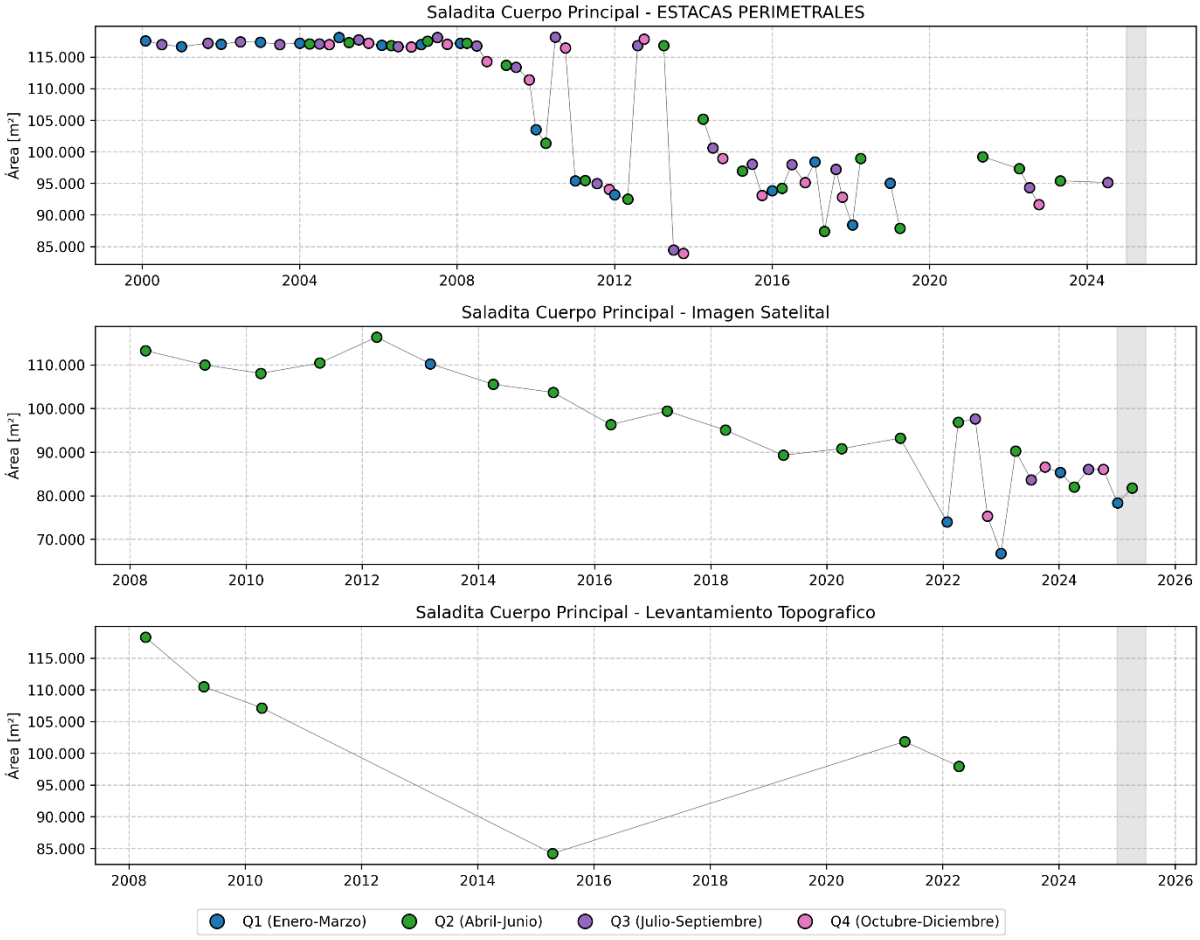
La Figura 6-119 a Figura 6-121 presentan las series de tiempo de área para cada una de las lagunas de Salada, Saladita y el Desborde Laguna Interna, respectivamente. Es necesario destacar que, la medición de estacas perimetrales no aplica para el caso de Desborde Laguna Interna.

Figura 6-119: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Salada.



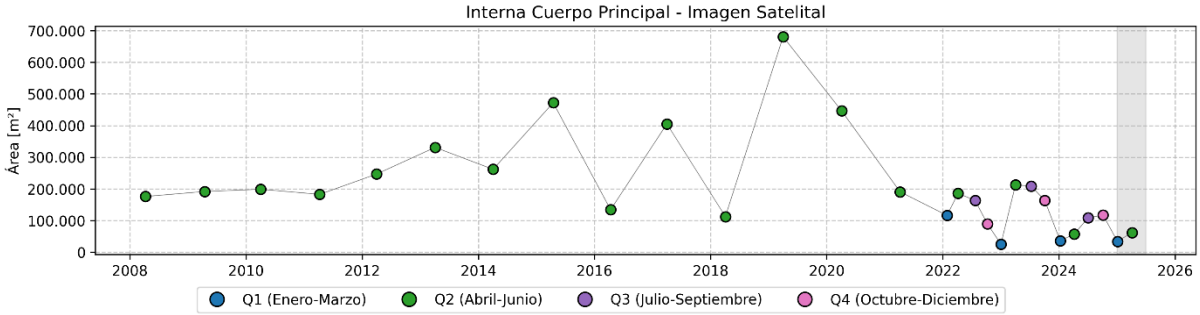
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-120: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Saladita.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-121: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia.

Los datos satelitales correspondientes al primer semestre de 2025 indican una disminución del 0,07% en el área del cuerpo principal de Salada entre enero y abril de 2025. Al comparar la medición de enero

de 2024 con la de enero de 2025, se registra una disminución de 0,05% en el área, mientras que la comparación de abril de 2024 con la de abril 2025 revela un aumento de 1% en el área.

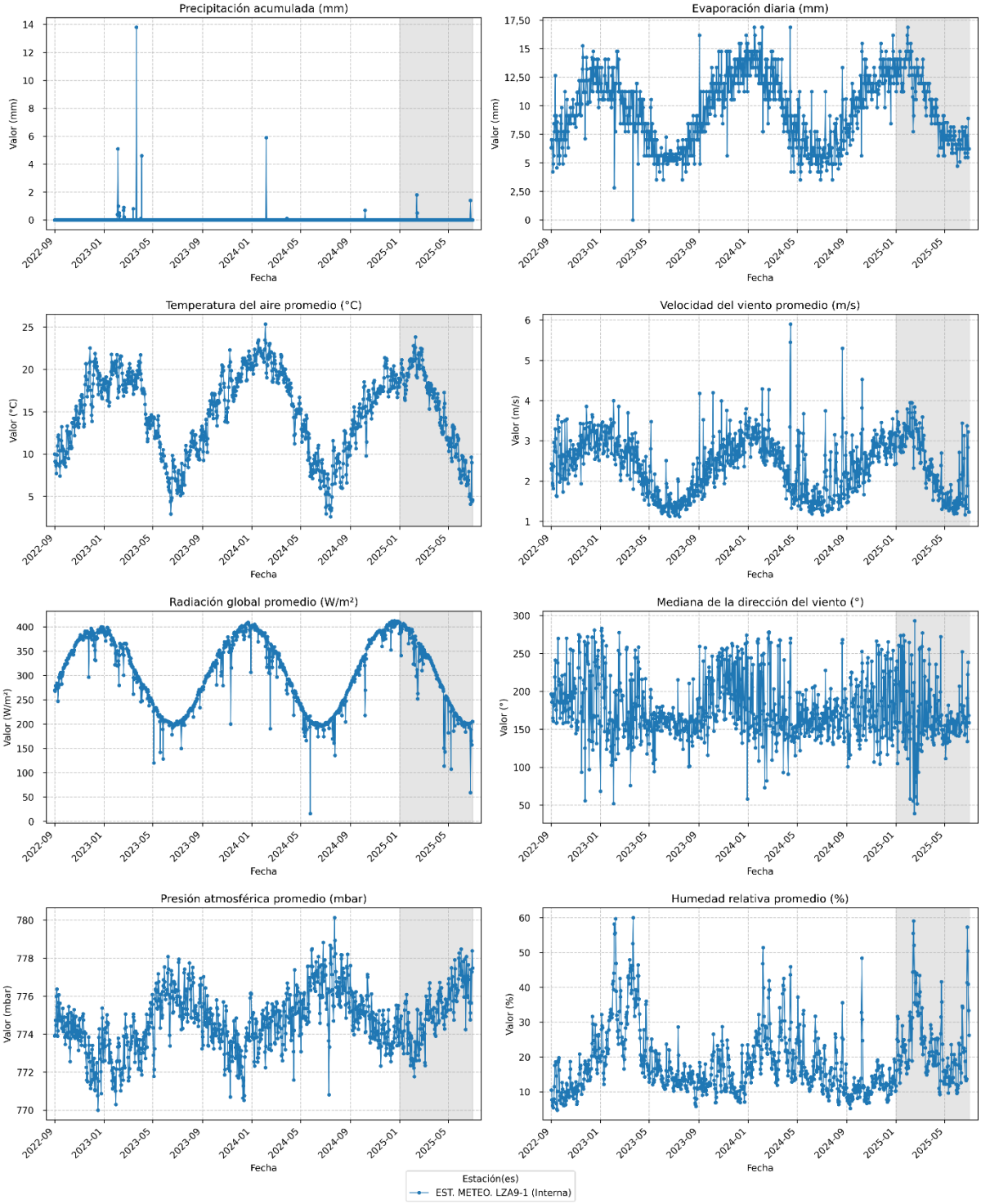
Por otro lado, se observa un aumento de 4,4% en el área del cuerpo principal de Saladita entre enero y abril de 2025. Al comparar la medición de enero de 2024 con la de enero de 2025, se registra una disminución de 8,2% en el área, mientras que la comparación de abril de 2024 con la de abril 2025 revela una disminución de 0,3% en el área.

Finalmente, se puede observar un aumento del 81,9% en el área del cuerpo principal en laguna interna entre enero y abril del 2025. Al comparar la medición de enero de 2024 con la de enero de 2025, se registra una disminución de 4,5% en el área, mientras que la comparación de abril de 2024 con la de abril 2025 revela un aumento de 9% en el área.

6.1.4.3 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la estación LZA9-1 (Interna) considera la medición de los parámetros de precipitación acumulada, evaporación promedio, velocidad y dirección del viento promedio, temperatura promedio, radiación global promedio, presión atmosférica promedio y humedad relativa promedio desde aproximadamente octubre de 2022. Las series históricas correspondientes se presentan en la Figura 6-122.

Figura 6-122: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica LZA9-1 (Interna) durante el primer semestre de 2025.



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia

La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos registrados. El primer periodo, entre enero y abril de 2023, puede considerarse una época húmeda, con múltiples eventos de precipitación y un máximo del orden de 14 mm. Posteriormente, los eventos fueron más esporádicos. Durante el primer semestre de 2025 se observaron precipitaciones puntuales los días 12 y 13 de febrero, con un acumulado total de 2,3 mm, y un nuevo evento el 25 de junio con 1,4 mm.

Respecto a la radiación global, temperatura y evaporación, estas variables mantienen una oscilación estacional marcada, con máximos en verano (enero a marzo) y mínimos en invierno (julio a septiembre). En el primer semestre de 2025, la radiación global promedio fue de 289,3 W/m², valor levemente inferior al histórico de 306,7 W/m², lo que puede atribuirse a una mayor cobertura nubosa asociada a los eventos de lluvia. La temperatura promedio fue de 15 °C, superior al promedio histórico de 14,9 °C, mientras que la evaporación diaria alcanzó 9,90 mm/día, también por encima del valor histórico de 9,6 mm/día.

En cuanto a la velocidad y dirección del viento, se mantuvo la estacionalidad observada en años anteriores, con mayores valores en los meses de verano. La velocidad promedio fue de 2,4 m/s, muy cercana al histórico de 2,4 m/s, mientras que la mediana de la dirección del viento fue de 158,7°, en línea con el valor histórico de 167,2°.

Finalmente, la humedad relativa presentó un incremento significativo en comparación con el semestre anterior. Mientras que el promedio histórico hasta junio de 2024 se situaba en 18,8 %, y durante el segundo semestre de 2024 había descendido a 12,8 %, en el primer semestre de 2025 se registró un valor promedio de 23 %. Este repunte puede atribuirse tanto a la estacionalidad propia de la variable como a la ocurrencia de eventos de precipitación durante el periodo evaluado.

6.1.4.4 Calidad química

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el primer semestre de 2025 en el Sistema Peine, abarcando tanto el agua superficial como el agua subterránea, en comparación con su evolución histórica. Tal como se indicó en la sección 5, no existen límites normativos ni de línea base establecidos para los parámetros monitoreados.

Esta sección se organiza en dos subsecciones, según las características de los puntos de monitoreo: la primera aborda la calidad del agua en pozos de monitoreo (subterránea) y la segunda, la calidad del agua en los sistemas lacustres (superficial).

Para la correcta interpretación de las series históricas de los parámetros analizados, se deben considerar las siguientes observaciones:

- Los valores correspondientes a los Límites de Detección (LD) o Límites de Cuantificación (LQ) se indican en los gráficos.
- Los puntos de monitoreo se agrupan por sector en un mismo gráfico, con el fin de facilitar la visualización de las tendencias.
- Los valores validados se presentan con resalte.
- Se muestran gráficamente aquellos resultados dentro del rango del máximo y mínimo registro validado, más y menos una desviación estándar respectivamente.

6.1.4.4.1 Calidad del agua en pozos de monitoreo

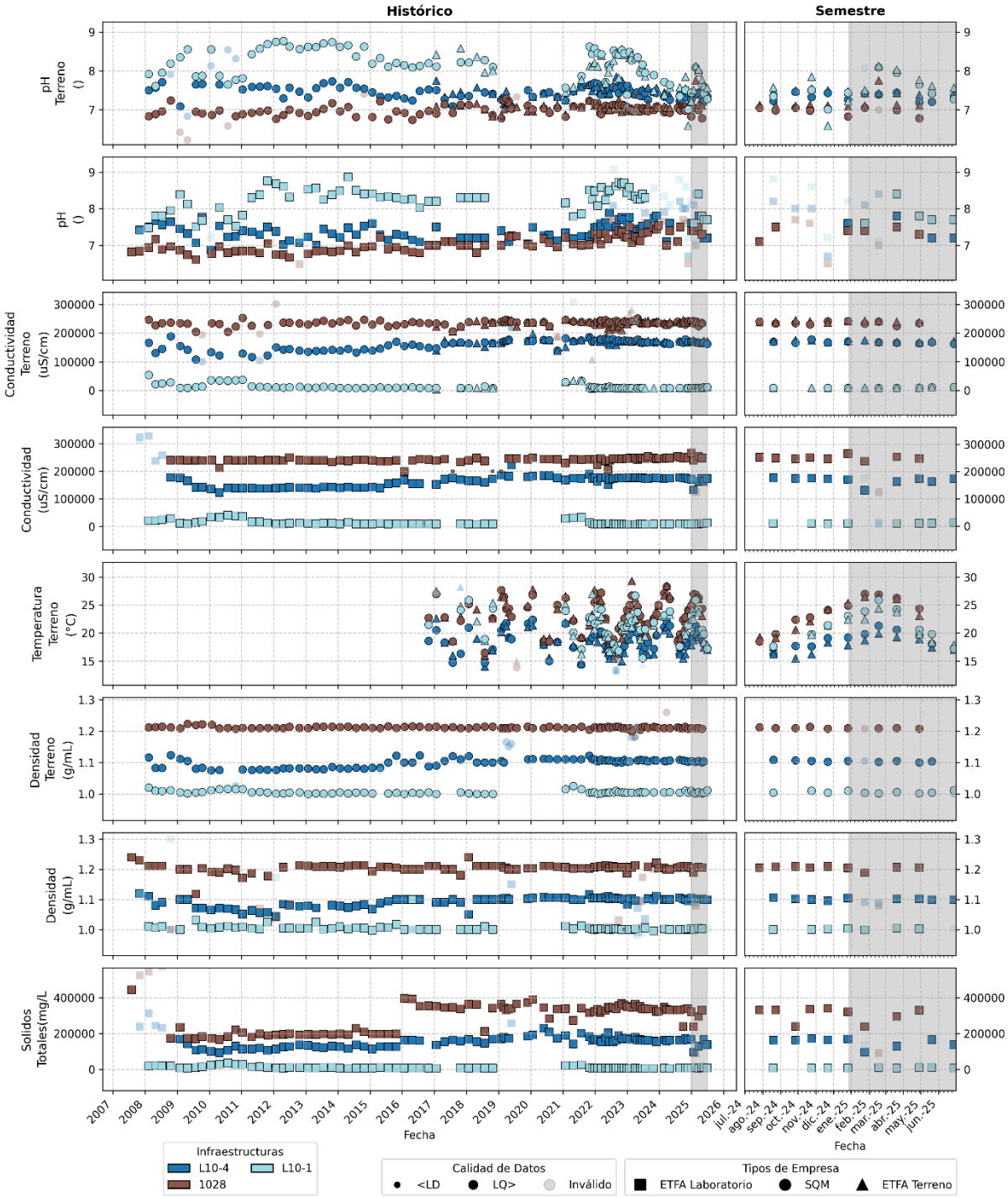
La calidad química del agua subterránea en el sistema Peine es monitoreada en los pozos L10-1, L10-4 y 1028; la evolución histórica de los distintos parámetros en estos pozos se muestra desde la Figura 6-123 aFigura 6-125[16,17]. Los resultados del primer semestre de 2025 para los pozos y parámetros analizados se encuentran dentro del rango histórico registrado.

En cuanto al análisis histórico, los tres pozos presentan distintas características, de acuerdo con su ubicación respecto del núcleo del Salar de Atacama dentro del Sistema Peine, donde el pozo L10-1 se ubica al comienzo de la zona marginal, el pozo L10-4 en la zona marginal al oeste de las lagunas, y el pozo 1028 en el límite norte de la zona marginal con el núcleo.

[16]En el Informe Nº 5 del PSAH se identificaron errores en las mediciones de conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) en muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A. hasta julio de 2008. El informe incluy e una carta explicativa emitida por el laboratorio, junto con un breve análisis técnico que detalla las inconsistencias detectadas.

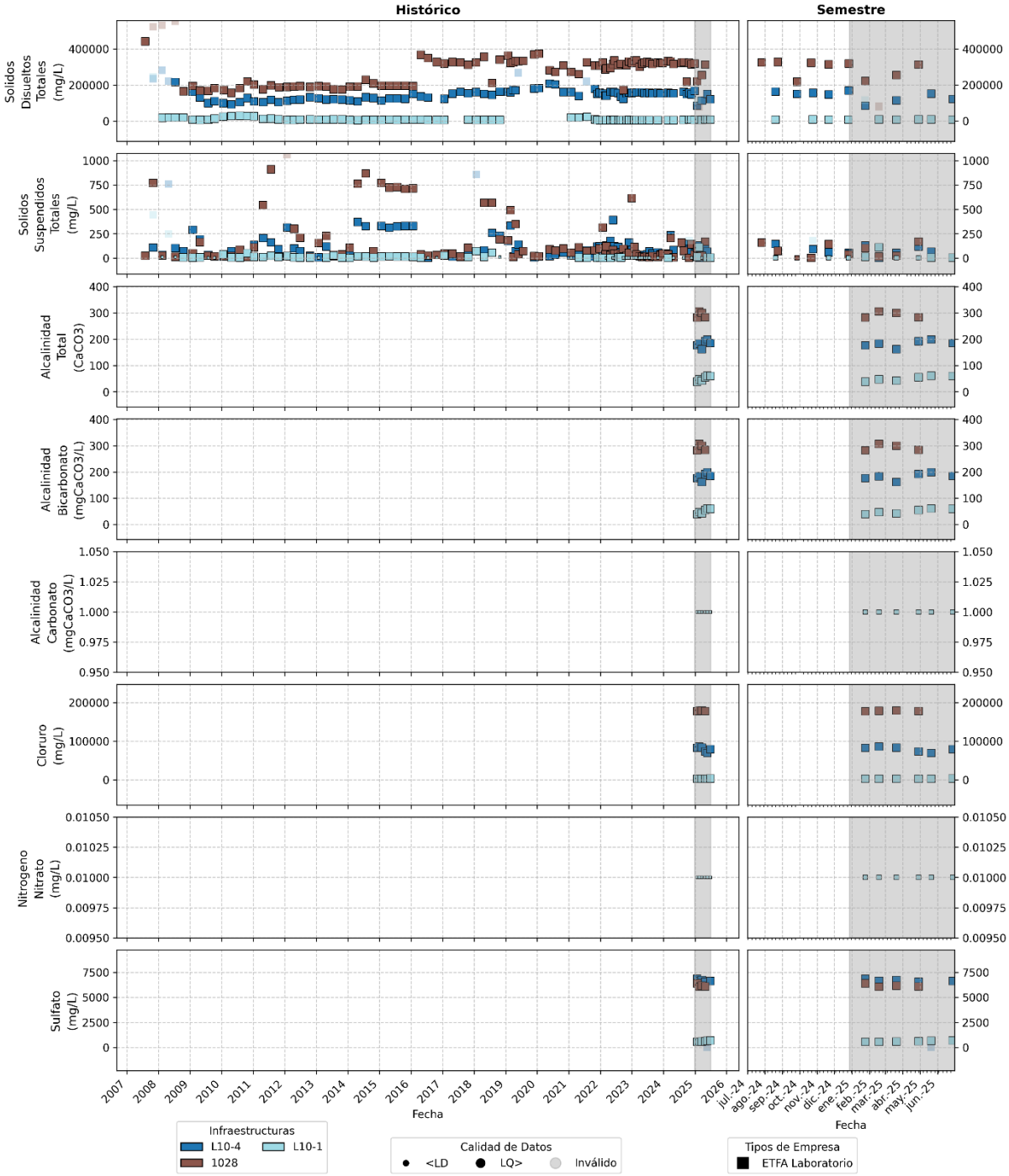
[17]En el Informe Nº 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST en aguas subterráneas con alta CE, atribuidos a fallas e n la toma de alícuota por parte del laboratorio ALS. El análisis técnico fue presentado en el Anexo 10.3, y la carta de respuesta de ALS se inc luye en el Anexo 10.2.

Figura 6-123: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L10-4, 1028 y L10-1



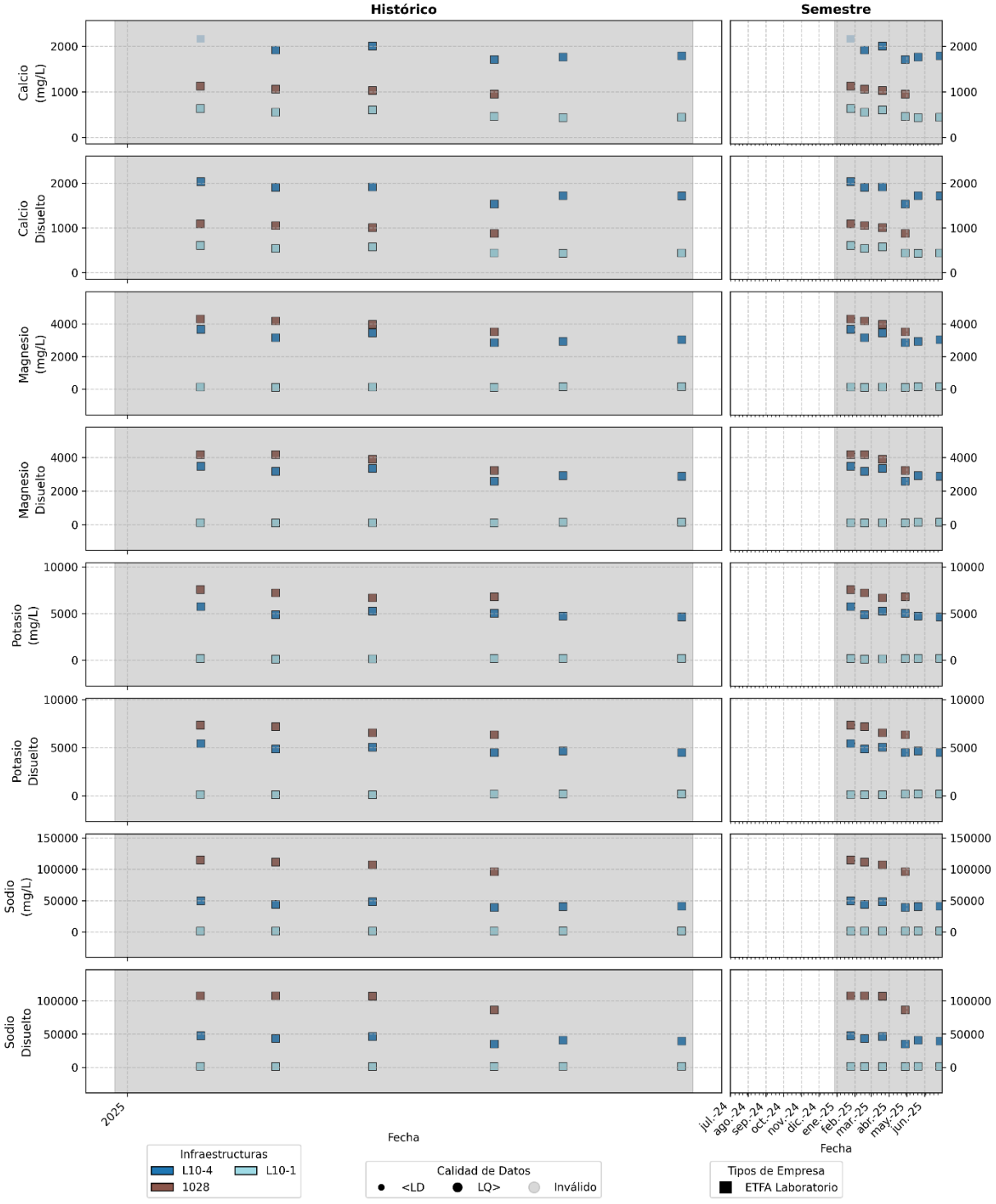
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-124: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L10-4, 1028 y L10-1 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-125: Evolución histórica de la calidad del agua en pozos L10-4, 1028 y L10-1 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

El pozo L10-1, ubicado al inicio de la zona marginal, presenta la menor conductividad eléctrica de terreno, con valores promedio en torno a 12.567 µS/cm, una densidad promedio de 1,00 g/mL y un rango de pH entre 6,59 y 8,77. Este pozo se caracteriza por contener aguas salobres (promedio de sólidos disueltos totales de 9.706 mg/L), propias de la zona de transición entre la recarga proveniente del acuífero aluvial del sur y el salar. Todos los parámetros analizados, incluidos los sólidos disueltos totales, sólidos totales y sólidos suspendidos totales, se mantienen dentro de las tendencias históricas sin presentar variaciones significativas.

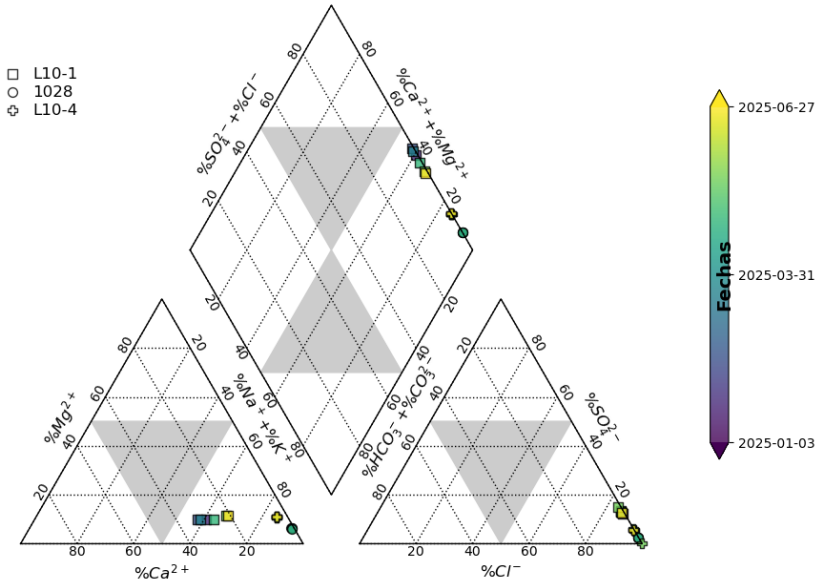
Por su parte, el pozo L10-4, ubicado hacia el extremo final de la zona marginal, muestra características similares a fluidos del núcleo, con conductividad eléctrica de terreno entre 108.000 y 197.300 µS/cm, densidad promedio de 1,10 g/mL y pH entre 7,04 y 7,85. Desde mediados de 2015 se observa un incremento paulatino en la conductividad eléctrica y densidad, tanto en terreno como en laboratorio. Estas variaciones se correlacionan con descensos en el nivel freático, lo que podría generar una mayor concentración de sales en el agua. Este mismo comportamiento se refleja en el aumento de sólidos disueltos totales y sólidos totales.

El pozo 1028, ubicado en el núcleo del Salar de Atacama, registra la mayor conductividad eléctrica de terreno, con un promedio de 235.440 µS/cm, consistente con un fluido de tipo salmuera. Su densidad promedio es de 1,21 g/mL y el pH se encuentra en el rango de 6,74 a 7,59. Las mediciones presentan una marcada variación estacional. Hasta fines de 2015, los sólidos disueltos totales y sólidos totales mostraban un comportamiento estable, con valores cercanos a 200.000 mg/L. A partir de esa fecha, se observa un aumento sostenido, alcanzando valores cercanos a 400.000 mg/L. En contraste, los sólidos suspendidos totales se han mantenido estables, con un promedio de 164 mg/L en el último periodo.

En resumen, los pozos evaluados presentan comportamientos diferenciados en función de su ubicación dentro del sistema hidrogeológico. Mientras que el pozo L10-1 mantiene estabilidad en todos los parámetros analizados, el pozo L10-4 muestra una tendencia ascendente en conductividad eléctrica, densidad y concentración de sólidos. Por su parte, el pozo 1028 refleja un aumento sostenido en sólidos disueltos totales desde 2015, atribuible a cambios en los protocolos de muestreo y análisis, más que a variaciones en el acuífero.

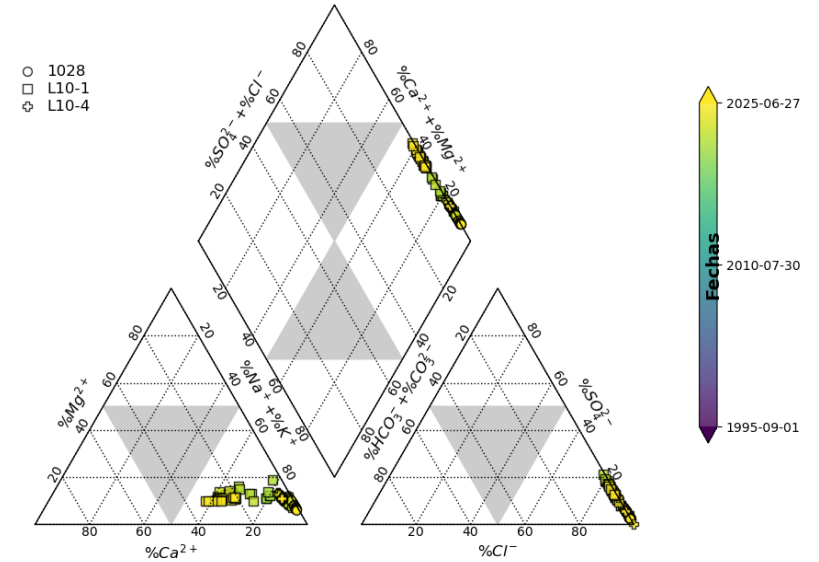
En la Figura 6-126 se presenta el diagrama piper para los registros del primer semestre de 2025 y la Figura 6-127 muestra el registro histórico para los pozos del Sistema Peine, las cuales se clasifican como cloruradas sódicas.

Figura 6-126: Diagrama Piper para el primer semestre 2025 de los pozos del Sistema Peine



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022)

Figura 6-127: Diagrama Piper histórico de los pozos del Sistema Peine



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

6.1.4.4.2 Calidad del agua en sistemas lacustres

Durante el primer semestre de 2025 no fue posible realizar el monitoreo de calidad de agua en los sistemas lagunares (ver sección 5.1.1). Esta situación se suma a otros periodos en los que el acceso ha sido limitado o parcial, debido a restricciones impuestas por la comunidad de Peine, afectando la cobertura de los puntos de muestreo en distintos sectores.

Desde la Figura 6-128 a la Figura 6-132 muestra la evolución histórica de los parámetros analizados, correspondientes a Calidad 3. Al tratarse de agua superficial, se observa una marcada estacionalidad en todas las lagunas, controlada por los ciclos de evaporación y el régimen de caudales que las recargan. La mayoría de los parámetros presentan máximos en verano y mínimos en invierno, en concordancia con los ciclos evaporativos y en sentido inverso al régimen de caudales.

El pH de terreno se ha mantenido históricamente en torno a 8,0, sin variaciones significativas. La conductividad eléctrica de terreno, registrada desde 2017, también se mantiene dentro del rango histórico, con promedios de 39.177 µS/cm en desborde Interna, 38.604 µS/cm en laguna Saladita y 33.851 µS/cm en laguna Salada, lo que refleja su ubicación y la influencia de la recarga de agua dulce desde el sur.

Esta misma relación se observa en los parámetros de sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos totales y dureza, con mayores concentraciones en la laguna Interna (promedio histórico de sólidos disueltos totales en torno a 43.329 mg/L hasta fines de 2018), y menores en la laguna Salada (promedio de 32.611 mg/L en el mismo periodo).

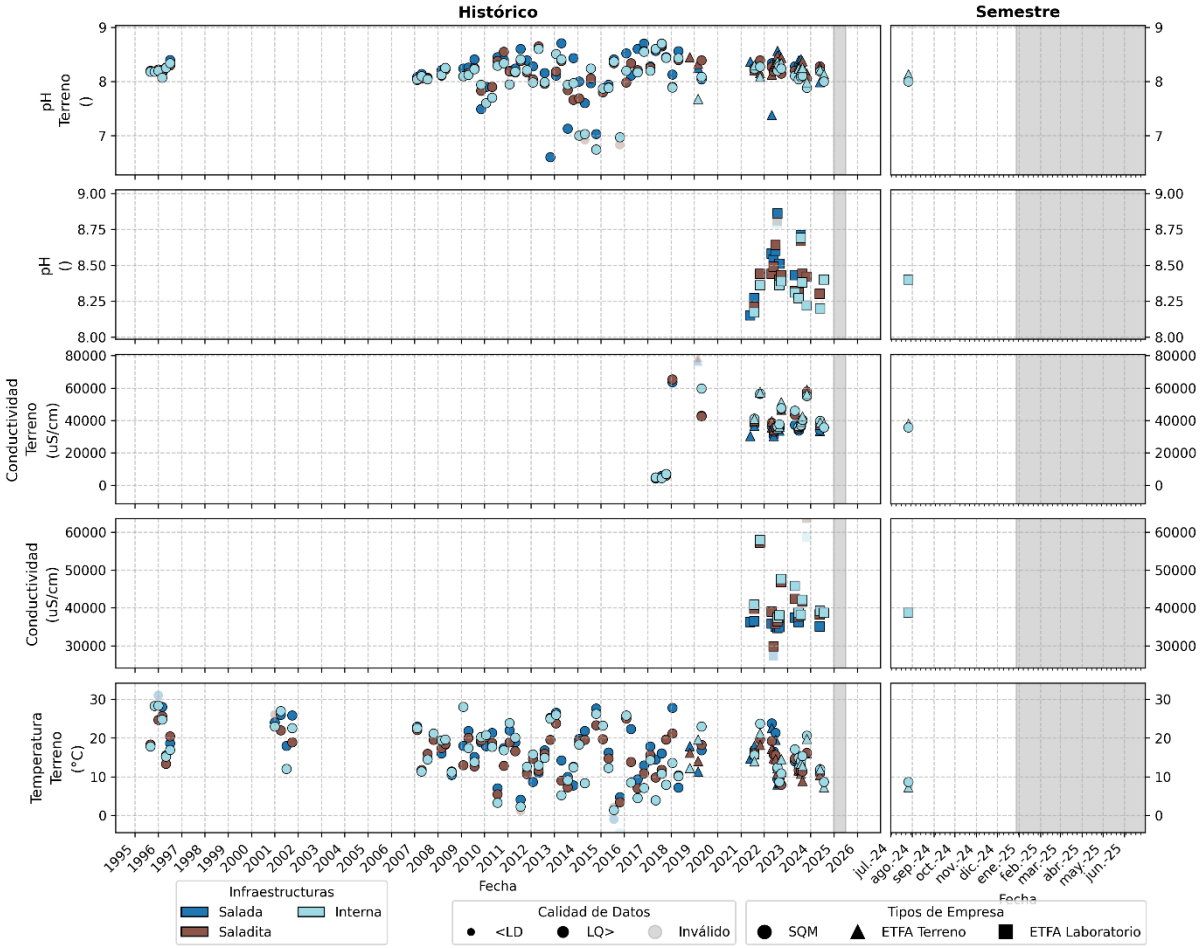
Desde 2021 en adelante, se observa una disminución en las concentraciones promedio de sólidos disueltos totales y sólidos totales. El oxígeno disuelto presenta una variación estacional típica, con máximos en invierno y mínimos en verano. En contraste, no es posible establecer una tendencia para la temperatura en terreno debido a la escasez y variabilidad de los registros entre 2018 y 2024.

Los parámetros de alcalinidad total ($CaCO_3$), arsénico, calcio, cloruro, fósforo, magnesio, N-nitrato, potasio, sílice, sodio y sulfato muestran un comportamiento estable con variación estacional, siendo la laguna Interna el punto con mayores concentraciones y las lagunas Saladita y Salada los de menor concentración. A partir de 2021, se observa una disminución general en las concentraciones promedio, excepto en el caso del calcio, que ha mantenido una variabilidad baja desde 2018. No obstante, en el segundo semestre de 2023 se registró un aumento por sobre el promedio histórico en laguna Interna

y Saladita, con valores máximos de 1.400 y 1.349 mg/L, respectivamente, aunque dentro del rango histórico. Posteriormente, en el primer semestre de 2024, las concentraciones disminuyeron y se estabilizaron en torno a 400 mg/L en laguna Salada y Saladita, y 600 mg/L en laguna Interna. En julio de 2024, el valor en laguna Interna descendió a 543,9 mg/L.

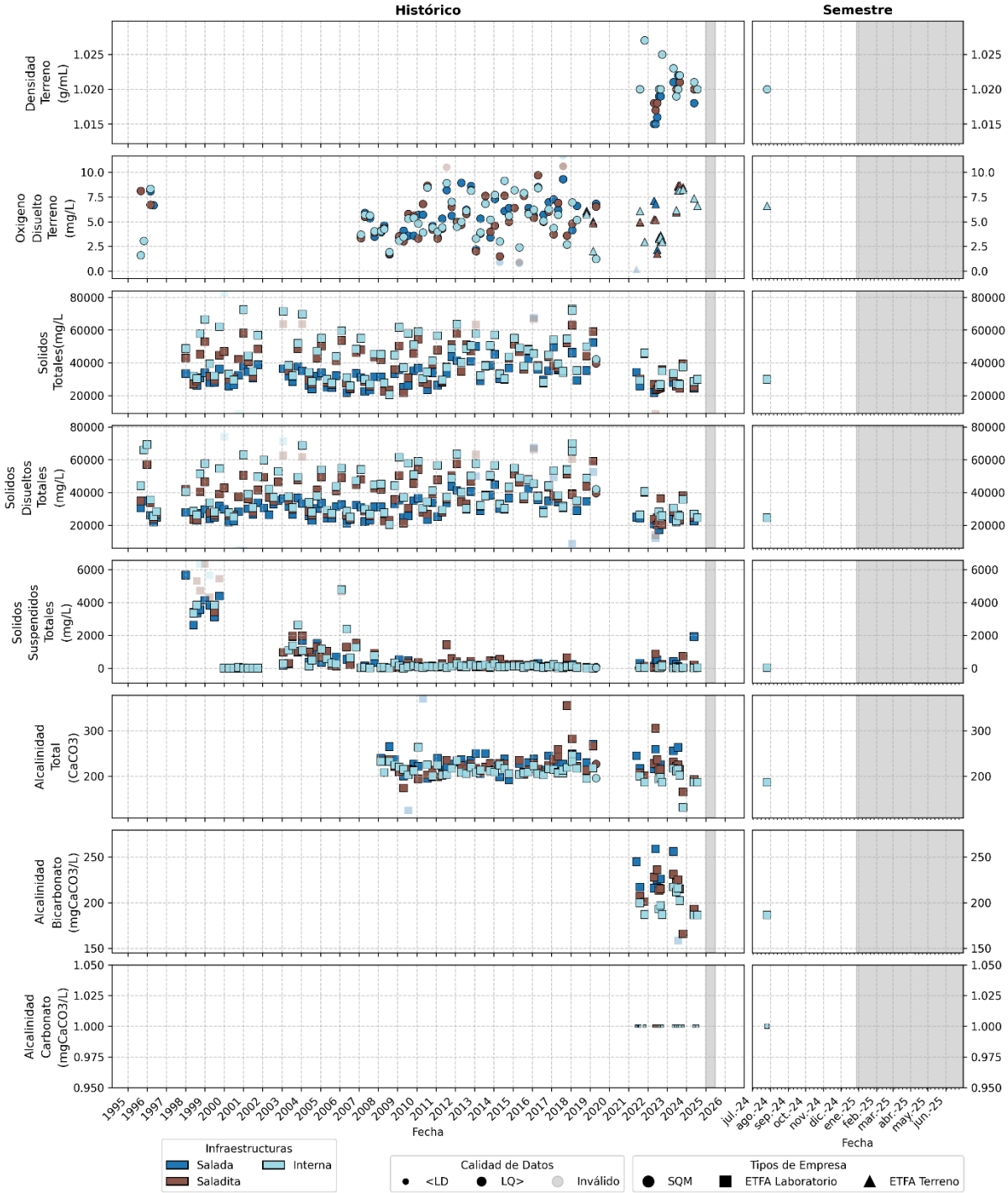
En general, se mantiene la tendencia de menores concentraciones desde la Laguna Salada, ubicada más alejada del núcleo del salar, con un aumento progresivo hacia las lagunas Saladita y Desborde Interna, conforme se avanza hacia el núcleo del Salar de Atacama.

Figura 6-128: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna



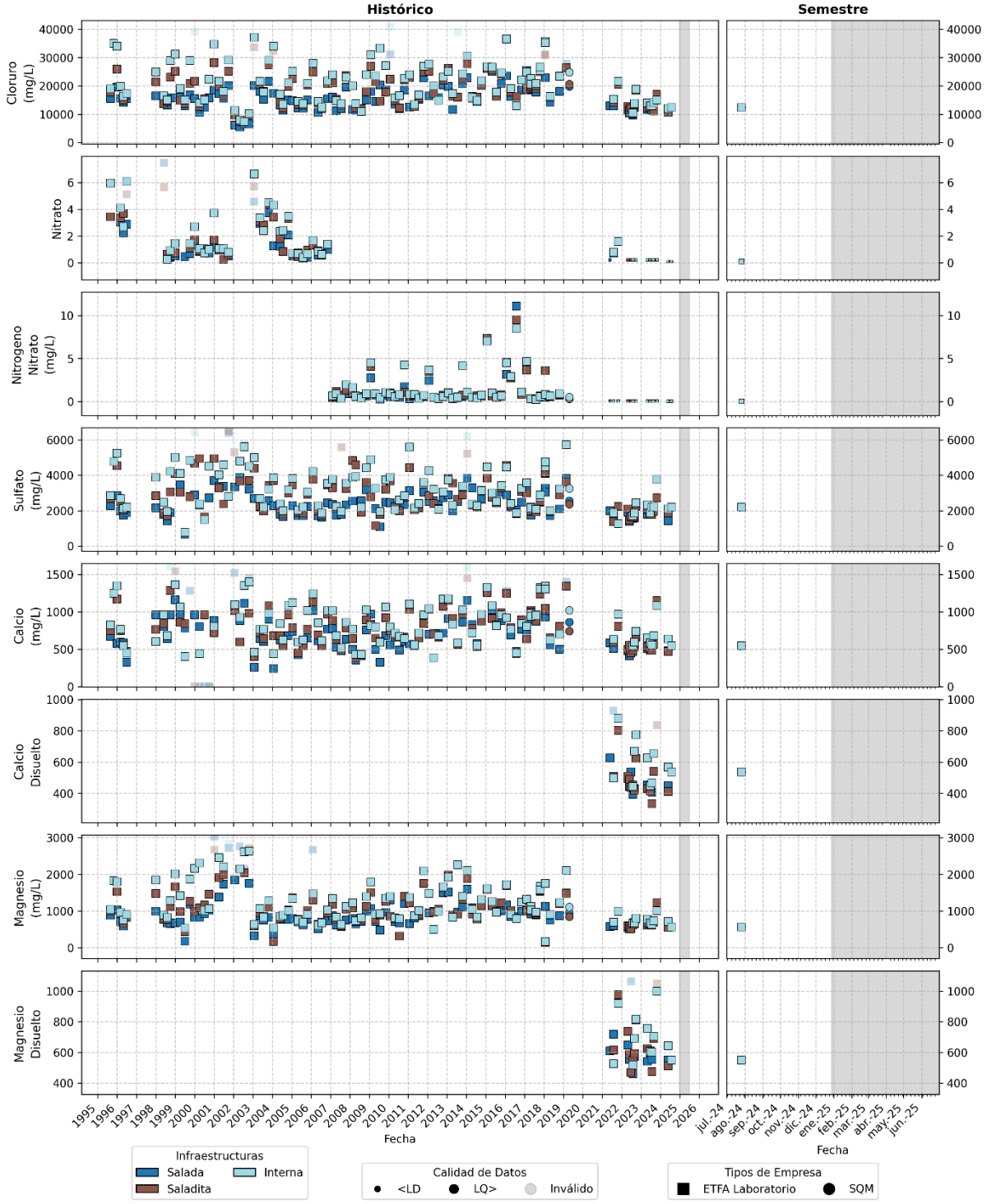
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-129: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación)



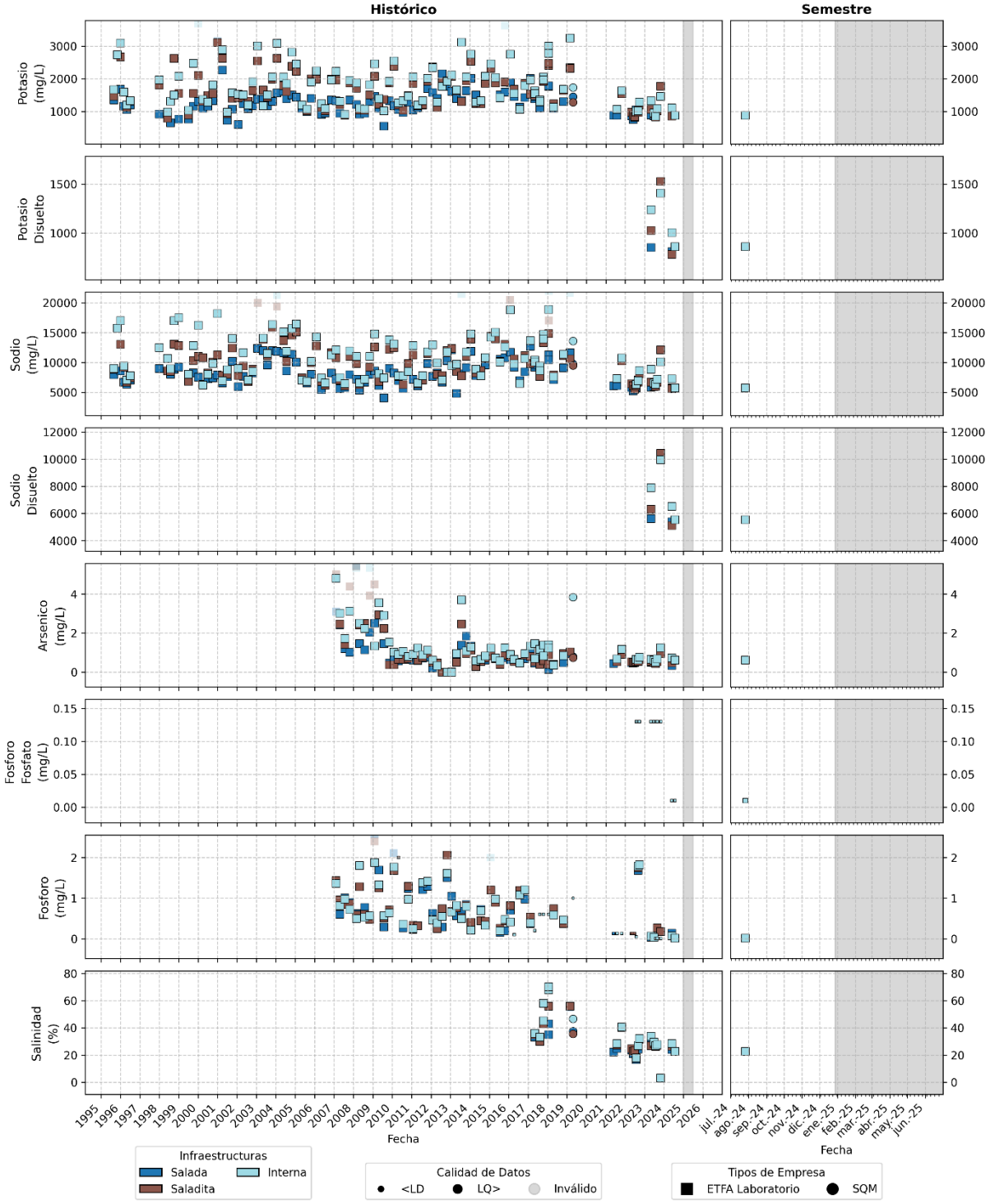
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-130: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación)



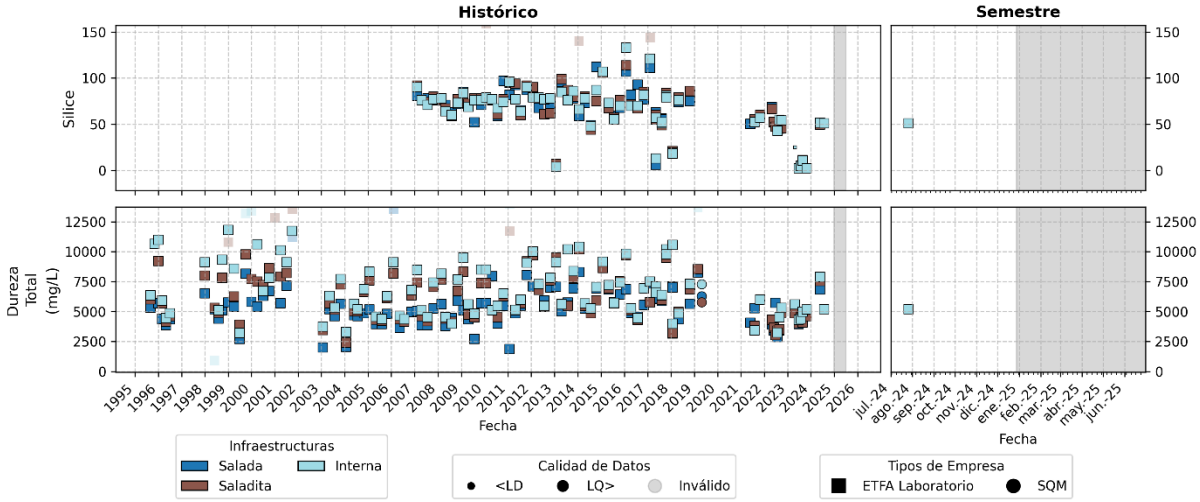
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-131: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte.

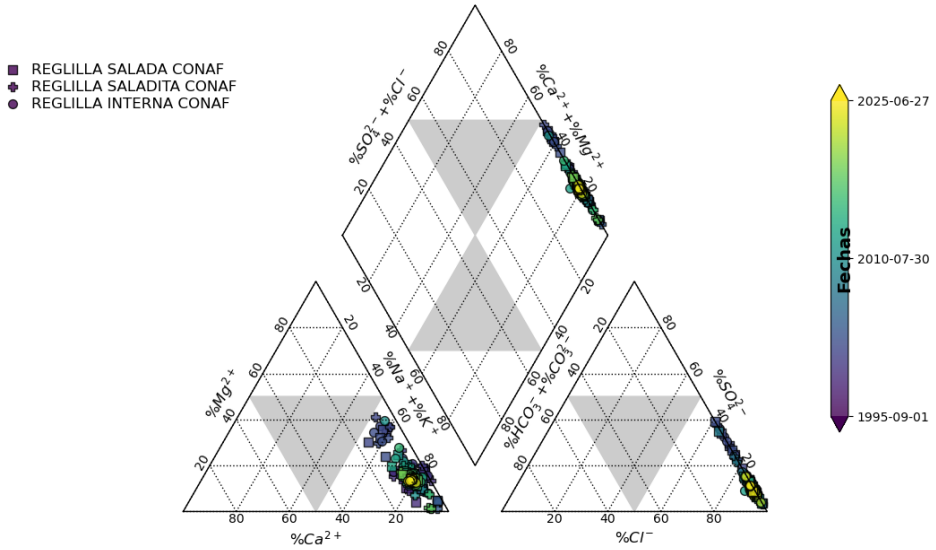
Figura 6-132: Evolución histórica de la calidad del agua en las lagunas Saladita, Salada e Interna (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD y >LQ se describen en la leyenda. Los valores validados se muestran con resalte

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-133 se observa el diagrama de Piper para los tres puntos de agua superficial en sistema Peine. Nótese que todas las lagunas se clasifican como cloruradas sódicas.

Figura 6-133: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del Sistema Peine con un BI>10%



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

Además, considerando que el flujo en el canal que alimenta a las lagunas es en dirección sureste-noroeste, se observa un enriquecimiento progresivo en las concentraciones de cloruro en ese mismo sentido (Figura 6-130), Este patrón se atribuye principalmente a procesos de evaporación y, en menor medida, a la disolución de sales. Como resultado, las mayores concentraciones se registran en la laguna Interna, que actúa como cuerpo terminal del sistema Peine y desde donde se producen desbordes hacia el núcleo del salar, con una extensión variable. En contraste, las menores concentraciones se observan en la laguna Salada, ubicada más próxima al borde del salar.

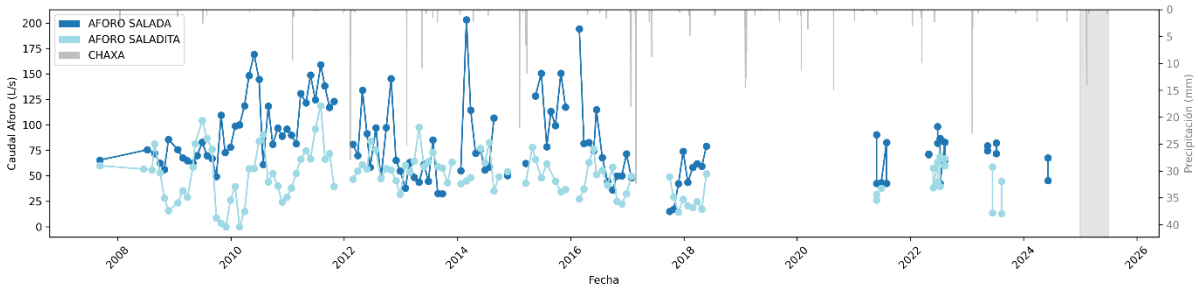
6.1.4.5 Caudal de agua superficial (aforos)

La red de monitoreo para la variable de caudal superficial del Sistema Peine está compuesta por los puntos de aforo Salada y Saladita, ubicadas en los canales que alimentan dichas lagunas. En la Figura 6-134 se muestran las mediciones realizadas hasta el final del primer semestre de 2025. Cabe destacar que, en el primer semestre de 2025, no hay mediciones por restricción de acceso, para más información referirse a la sección 5.1.1.

Respecto del registro histórico (ver Figura 6-134), se observa que el aforo de Salada muestra una oscilación con una frecuencia mayor a la anual, no asociada eventos estacionales. Se observa la presencia de un ciclo entre los años 2008 y 2013, y un segundo entre los años 2014 y 2017. En 2017, no se pudo realizar mediciones con una frecuencia estable, y posteriormente, en junio de 2018, las visitas se suspendieron, lo que impide confirmar con mayor certeza si este comportamiento de ciclos se mantiene en la actualidad. Tampoco es posible determinar las causas de esta fluctuación, ya que no se dispone de suficientes datos para establecer la frecuencia de los ciclos.

En cuanto al aforo de Saladita, se observa la presencia de ciclos estacionales. Entre 2009 y 2012, se detecta una tendencia promedio ascendente, seguida de una tendencia descendente entre 2013 y 2018. Sin embargo, debido a la corta longitud de la serie de mediciones, no es posible confirmar este comportamiento ni interpretar de manera concluyente el cambio de tendencia en 2013. Por lo tanto, se requiere un registro de datos más extenso para verificar estas variaciones.

Figura 6-134: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine

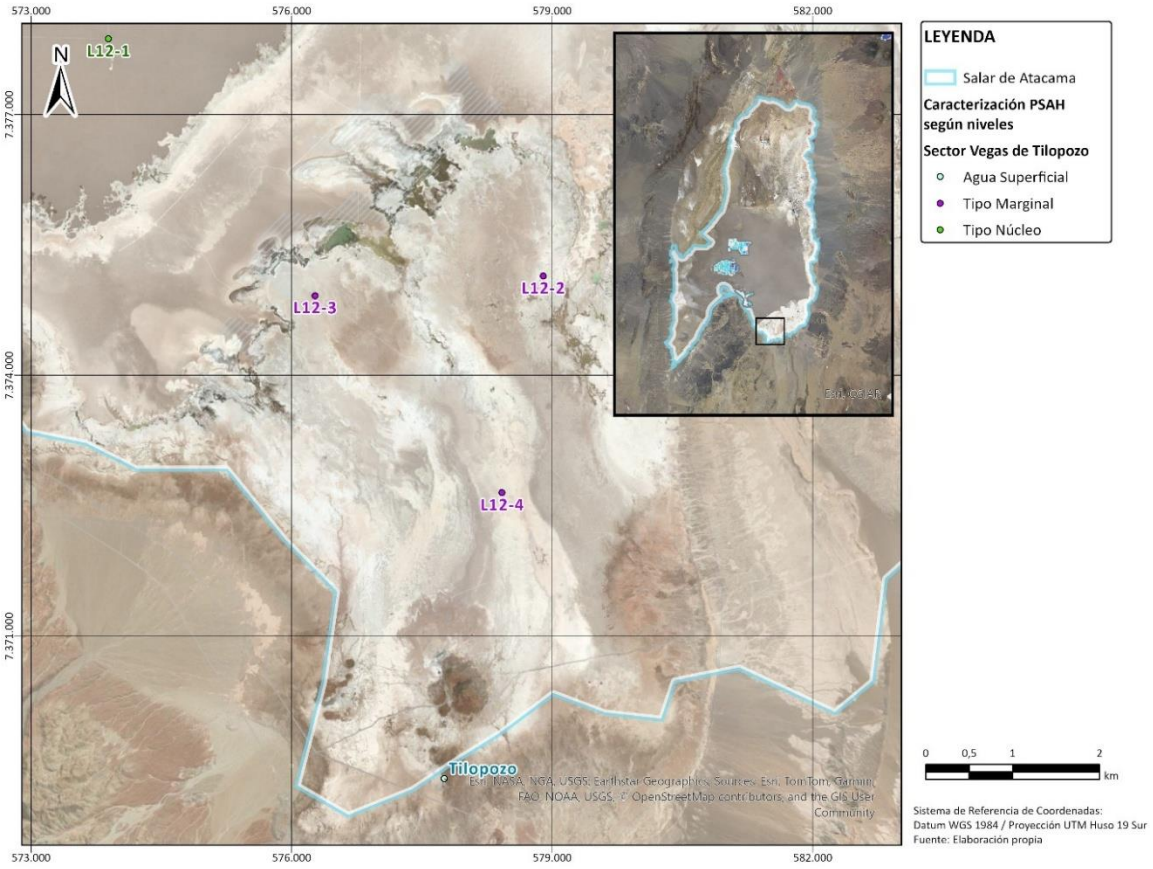


Fuente: Elaboración propia.

6.1.5 SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

Las observaciones que se realizan en este sistema tienen por objetivo monitorear el comportamiento de las vegas y bofedales del sector de Tilopozo (Figura 6-135).

Figura 6-135: Infraestructura presente en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

6.1.5.1 Niveles de agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta un análisis de los niveles registrados en el Sector Vegas de Tilopozo, con énfasis en la comparación entre las mediciones obtenidas durante el primer semestre de 2025 respecto al registro histórico.

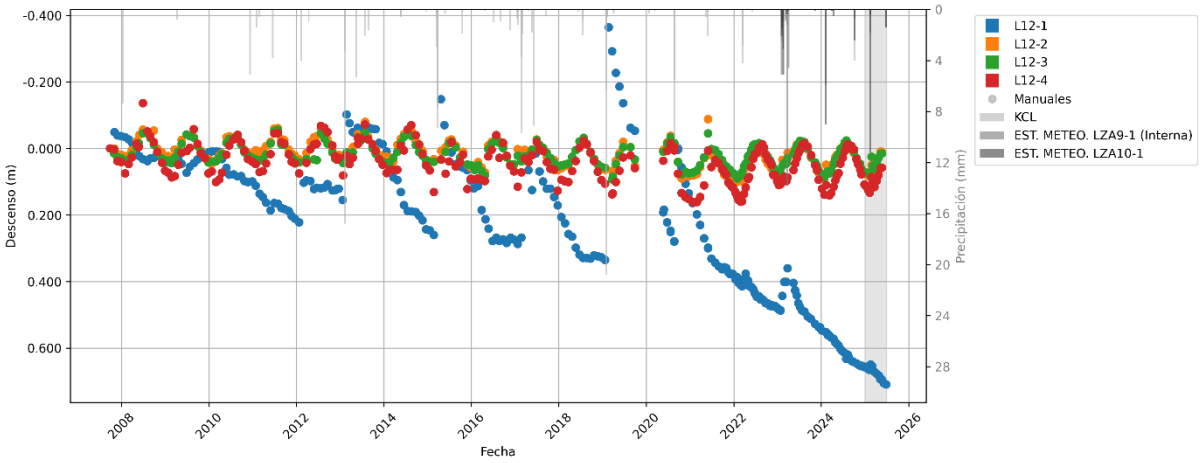
6.1.5.1.1 Pozos en Zona Marginal y Núcleo

Los puntos de control en esta zona corresponden a L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4. En la Figura 6-136 se presentan los descensos calculados, lo que permite visualizar con mayor claridad el comportamiento de los pozos, considerando las diferencias significativas de cota entre ellos.

Los puntos L12-2, L12-3 y L12-4 muestran una oscilación estacional bastante regular, característica de la Zona Marginal. Hasta el año 2014, los niveles se mantuvieron estables, sin tendencias aparentes dentro del patrón oscilatorio. A partir de ese año, se observa una tendencia descendente, con tasas de entre 0,5 y 0,9 cm/año. Sin embargo, desde 2021, esta tendencia se revierte y los niveles comienzan a ascender. Esto se evidencia en los mínimos estacionales registrados entre los años 2022 a 2025, los cuales se han producido en cotas progresivamente más elevadas.

Este cambio sugiere una modificación en la dinámica del acuífero en esta zona, posiblemente relacionada con variaciones en el régimen de extracción o condiciones hidroclimáticas que han favorecido una recuperación gradual de los niveles.

Figura 6-136: Descensos calculados en los puntos de la Zona Marginal y el núcleo del Sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

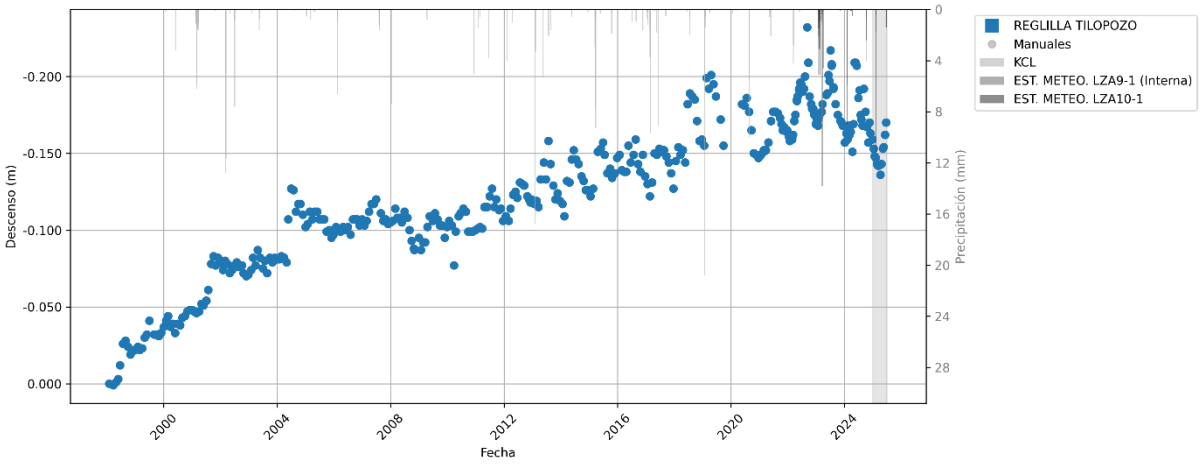
El punto L12-1 presenta un comportamiento diferenciado respecto al resto de los puntos monitoreados, alineándose con el patrón esperado en el núcleo del sistema. Se caracteriza por la ausencia de oscilaciones estacionales, una respuesta inmediata ante eventos de lluvia y una tasa de descenso sostenida. Entre 2012 y 2019, esta tasa fue de aproximadamente 2.6 cm/año.

Durante el período comprendido entre febrero de 2019 y la actualidad, se observa un régimen de descenso más pronunciado, alcanzando una tasa de 8 cm/año, posiblemente influenciado por el incremento en la extracción por parte de Albemarle. En el primer semestre de 2025, esta tendencia de descenso se mantiene.

6.1.5.1.2 Nivel de agua superficial

Este apartado analiza el único punto de monitoreo que registra niveles de cuerpos de agua superficial, correspondiente a la Reglilla Tilopozo (Figura 6-137). Los registros históricos muestran una tendencia ascendente con oscilaciones de baja amplitud y poca regularidad. Aunque la pendiente ha variado a lo largo del tiempo, entre 2008 y 2022 se observa una tasa de aumento promedio de aproximadamente 0,5 cm/año. A partir de 2022, se identifica una leve tendencia al descenso del orden de 1.2 cm/año, evidenciada en los valores máximos y mínimos de los ciclos estacionales.

Figura 6-137: Niveles medidos en la reglilla del Sector Vegas de Tilopozo

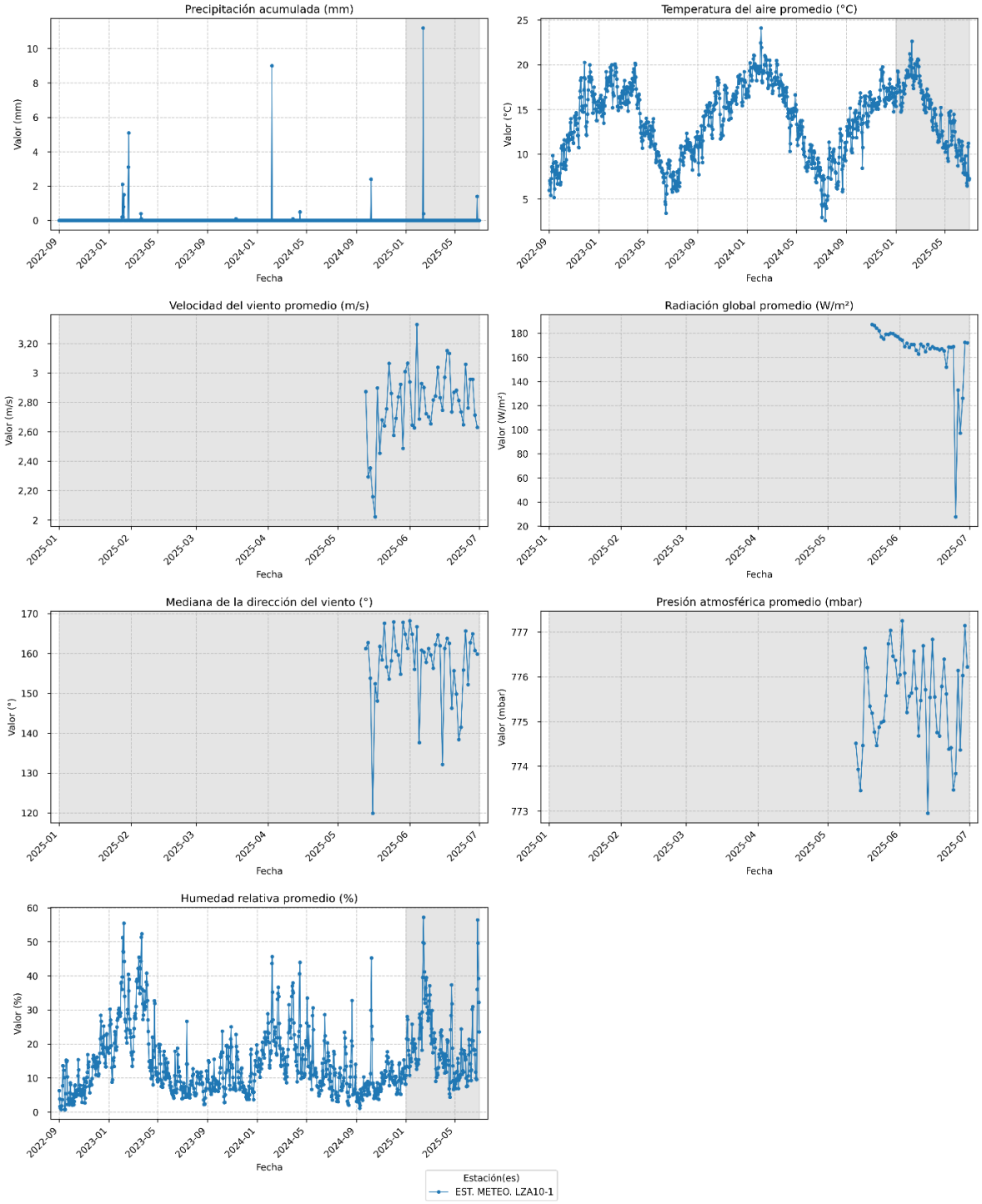


Fuente: Elaboración propia.

6.1.5.2 Meteorología

El análisis histórico de las condiciones meteorológicas en la estación LZA10-1 contempla la medición de los parámetros de precipitación acumulada, temperatura promedio del aire y humedad relativa promedio desde aproximadamente octubre de 2022, cuyas series históricas se ilustran en la Figura 6-138. Por otro lado, debido a que el monitoreo de las variables radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento inició en el primer semestre de 2025, dichas variables quedan excluidas de este análisis.

Figura 6-138: Series de parámetros históricos diarios de la estación meteorológica LZA10-1 durante el primer semestre de 2025.



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia

Durante el primer semestre de 2025, la estación LZA10-1 registró un aumento tanto en la temperatura del aire como en la humedad relativa respecto a sus promedios históricos. La temperatura promedio fue de 14,5 °C, superior al valor histórico de 13,6 °C, mientras que la humedad relativa alcanzó un promedio de 19,4 %, en comparación con el histórico de 13,9 %. Estos incrementos reflejan condiciones más cálidas y húmedas durante el periodo, consistentes con la estacionalidad de estas variables y con la ocurrencia de eventos de precipitación.

En cuanto a la precipitación acumulada diaria, se observó un leve aumento respecto al promedio histórico. Durante el primer semestre de 2025 se registraron lluvias puntuales, con un total acumulado de 2,3 mm entre los días 12 y 13 de febrero, y un nuevo evento el 25 de junio con 1,4 mm, sumando un total de 3,7 mm en el semestre.

6.1.6 SECTOR NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

6.1.6.1 Niveles de agua subterránea

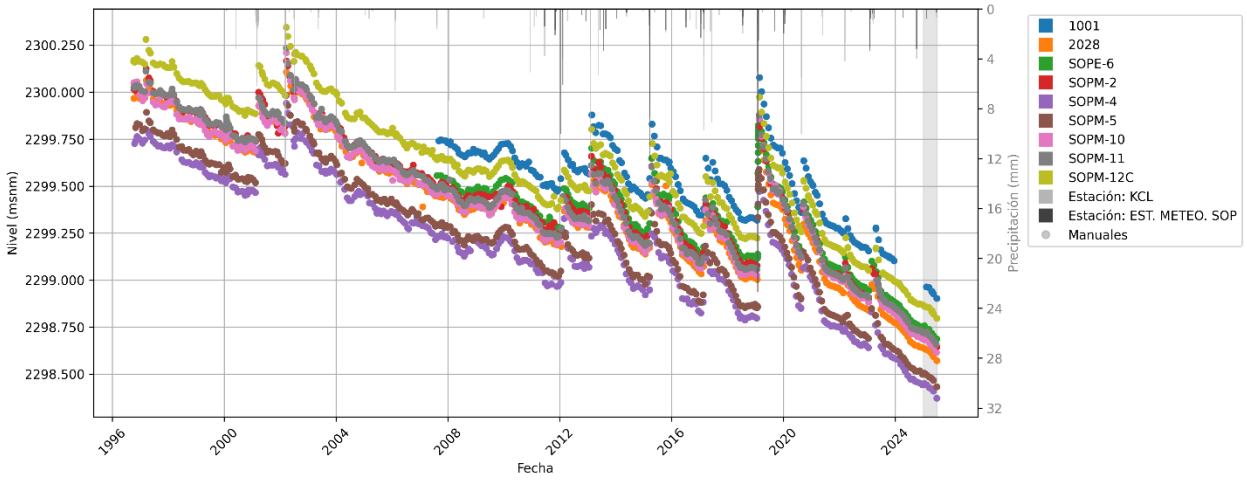
El análisis de los niveles piezométricos registrados en el Núcleo del Salar de Atacama durante el primer semestre de 2025 permite identificar patrones hidrogeológicos diferenciados según la ubicación de los pozos. Esta sección agrupa los puntos de monitoreo en cuatro sectores con el objetivo de facilitar la interpretación espacial de las tendencias observadas, según el siguiente detalle:

- Pozos ubicados en el lado Este del Salar: 1001, 2028, SOPE-6, SOPM-2, SOPM-4, SOPM-5, SOPM-10, SOPM-11 y SOPM-12C (Figura 6-139)
- Pozos ubicados entre las pozas de SQM y de Albemarle: M7, E-324 (Figura 6-140[18]), E-101, 2040, M1-C (Figura 6-141).
- Pozos ubicados al Oeste del Salar: M2-C, Zar-C-S y Sample-4 (Figura 6-142).
- Pozos ubicados al Norte del Salar: EIA-5, 1906 y C4-B. (Figura 6-143).

[18] En el informe PSAH N°36 no se incluyó en el cuerpo del documento el gráfico que muestra los niveles históricos de los pozos M7 y E-324, pero si fueron considerados en el análisis y reportados según corresponde en la sección de anexos.

En el borde este del núcleo, los pozos muestran un comportamiento típico del núcleo hidrogeológico, caracterizado por un descenso sostenido de los niveles, interrumpido únicamente por ascensos puntuales asociados a eventos de precipitación (Figura 6-139). La respuesta a las lluvias es inmediata, seguida de un descenso progresivo, lo que indica una recarga directa al acuífero. Este patrón fue evidente tras el evento de febrero de 2023, mientras que las precipitaciones de febrero y junio de 2025 no generaron variaciones significativas. La tasa de descenso promedio entre 2008 y 2024 fue de 5 cm/año, duplicándose a 10 cm/año a partir de 2020 aproximadamente.

Figura 6-139: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del Núcleo del Salar

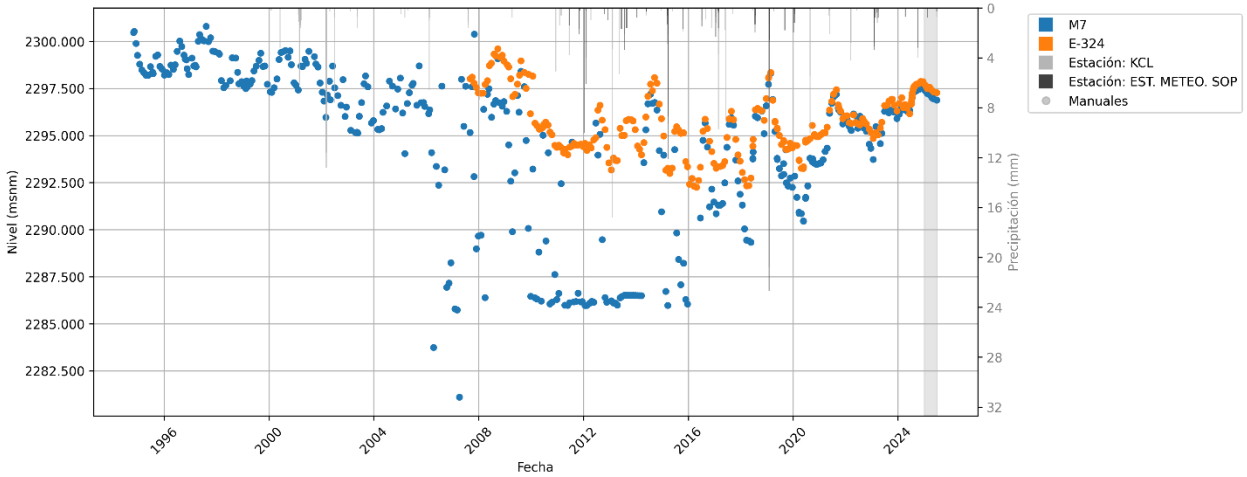


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los pozos ubicados entre las pozas de SQM y Albemarle presentan una dinámica más compleja (Figura 6-140 y Figura 6-141). Los puntos más cercanos a SQM, como M7 y E-324, evidencian oscilaciones irregulares influenciadas por el manejo operativo del campo de pozos. Sin embargo, desde mayo de 2018 hasta junio de 2025, se observa una tendencia general al ascenso, especialmente en los registros mínimos.

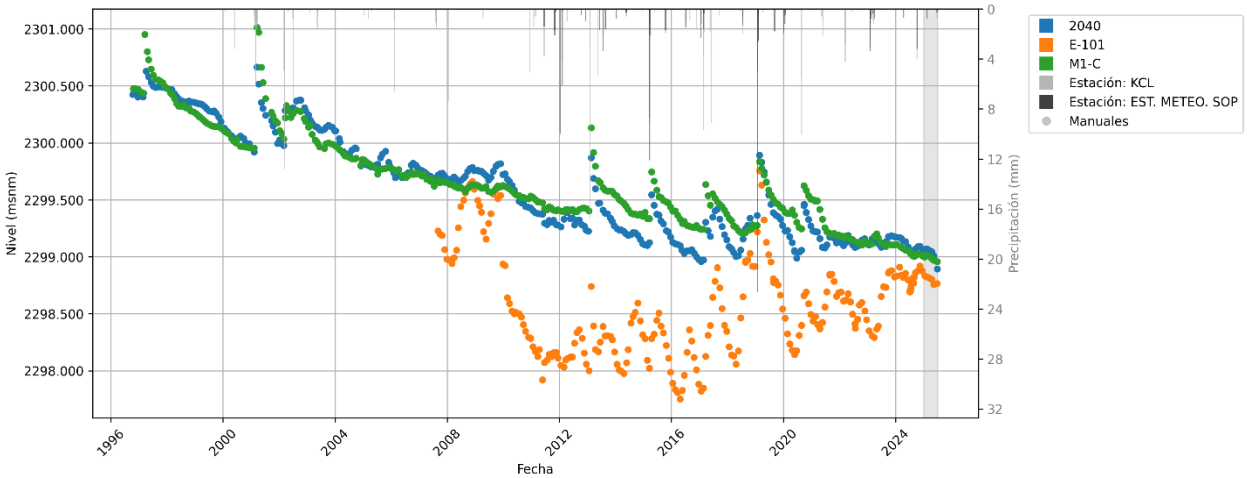
El nivel del pozo E-101 se sitúa consistentemente por debajo de los pozos 2040 y M1-C y con oscilaciones más marcadas que las observadas. Por su parte, los pozos 2040 y M1-C, más próximos a Albemarle, presentan una tendencia descendente con leves respuestas a eventos de lluvia, lo que indica una posible recarga directa en esa zona.

Figura 6-140: Niveles medidos en los pozos M7 y E-324 que se encuentran entre las pozas de SQM y Albemarle



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-141: Niveles medidos en los pozos 2040, E-101 y M1-C que se encuentran entre las pozas de SQM y Albemarle

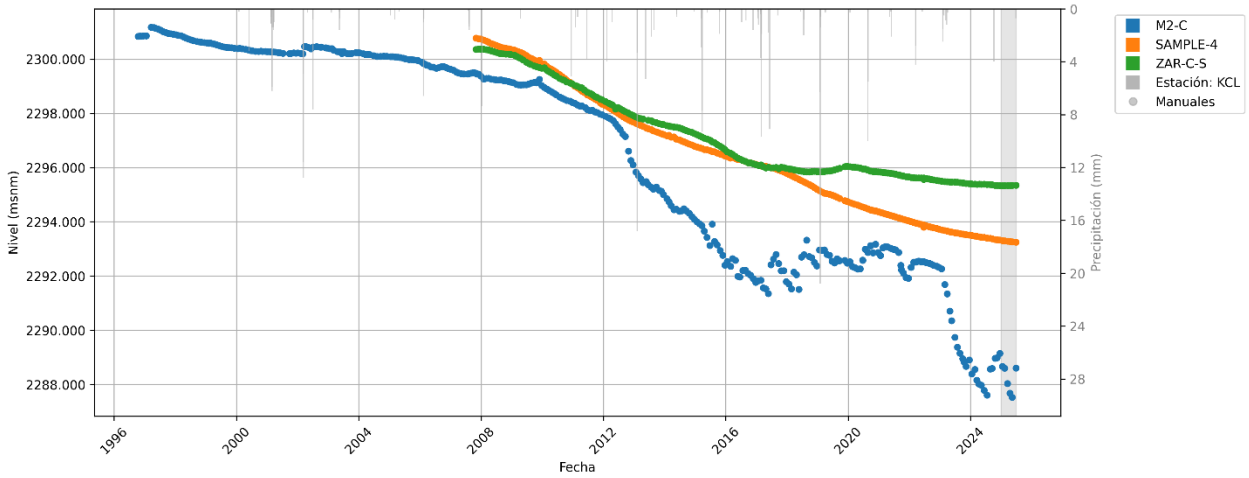


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En el sector oeste del núcleo, al suroeste de la península de Chépica, se encuentran los pozos M2-C, ZAR-C-S y Sample-4 (Figura 6-142). El pozo M2-C, el más cercano al campo de pozos, ha mostrado variaciones significativas en su comportamiento: un descenso acelerado entre 2012 y 2017 (112 cm/año), seguido de un ascenso entre 2017 y 2020 (21 cm/año), y un nuevo descenso desde 2023, alcanzando un mínimo

histórico en el primer semestre de 2025. Este comportamiento sugiere una fuerte influencia del manejo operacional. En contraste, ZAR-C-S y Sample-4 presentan descensos más graduales, con variaciones en la pendiente a lo largo del tiempo. A junio de 2025 se observa una estabilización en el descenso del pozo ZAR-C-S y en Sample-4 se registra un mínimo histórico, lo que indica una respuesta residual al manejo de pozos, posiblemente transmitida a través del acuífero mediante pulsos de presión.

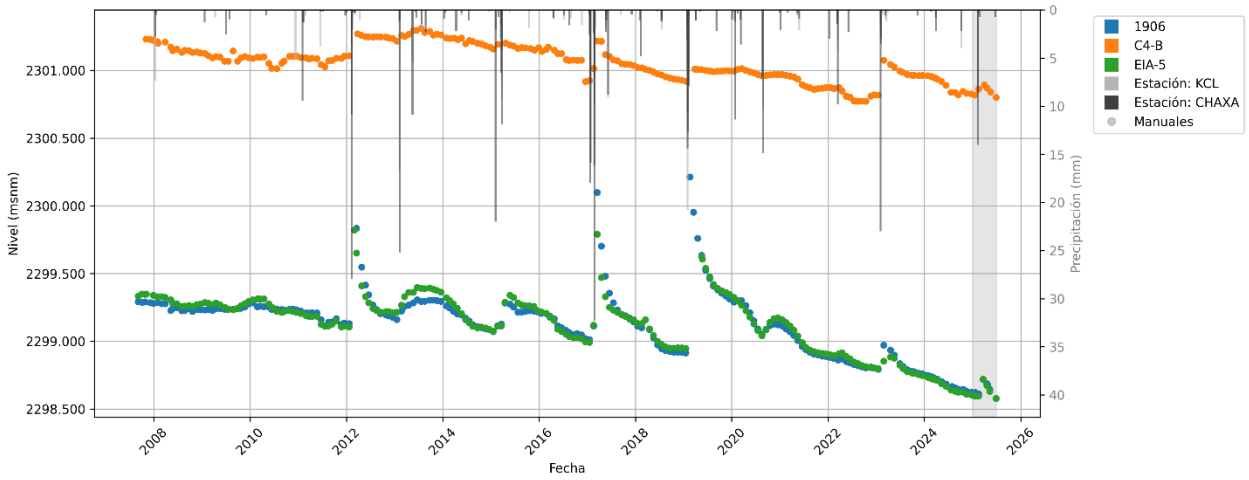
Figura 6-142: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde Oeste del Núcleo del Salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Finalmente, en el sector norte del núcleo, los pozos 1906, EIA-5 y C4-B muestran un comportamiento coherente con el tipo núcleo, con respuestas claras a eventos de lluvia y descensos posteriores (Figura 6-143). Durante el primer semestre de 2025, se registró una respuesta al evento de febrero, seguida de una continuidad en la tendencia descendente. El pozo C4-B, ubicado en la Zona Marginal, presentó niveles en torno a los 2.300,8 m.s.n.m en junio de 2025.

Figura 6-143: Niveles medidos en el sector Norte del Núcleo del Salar



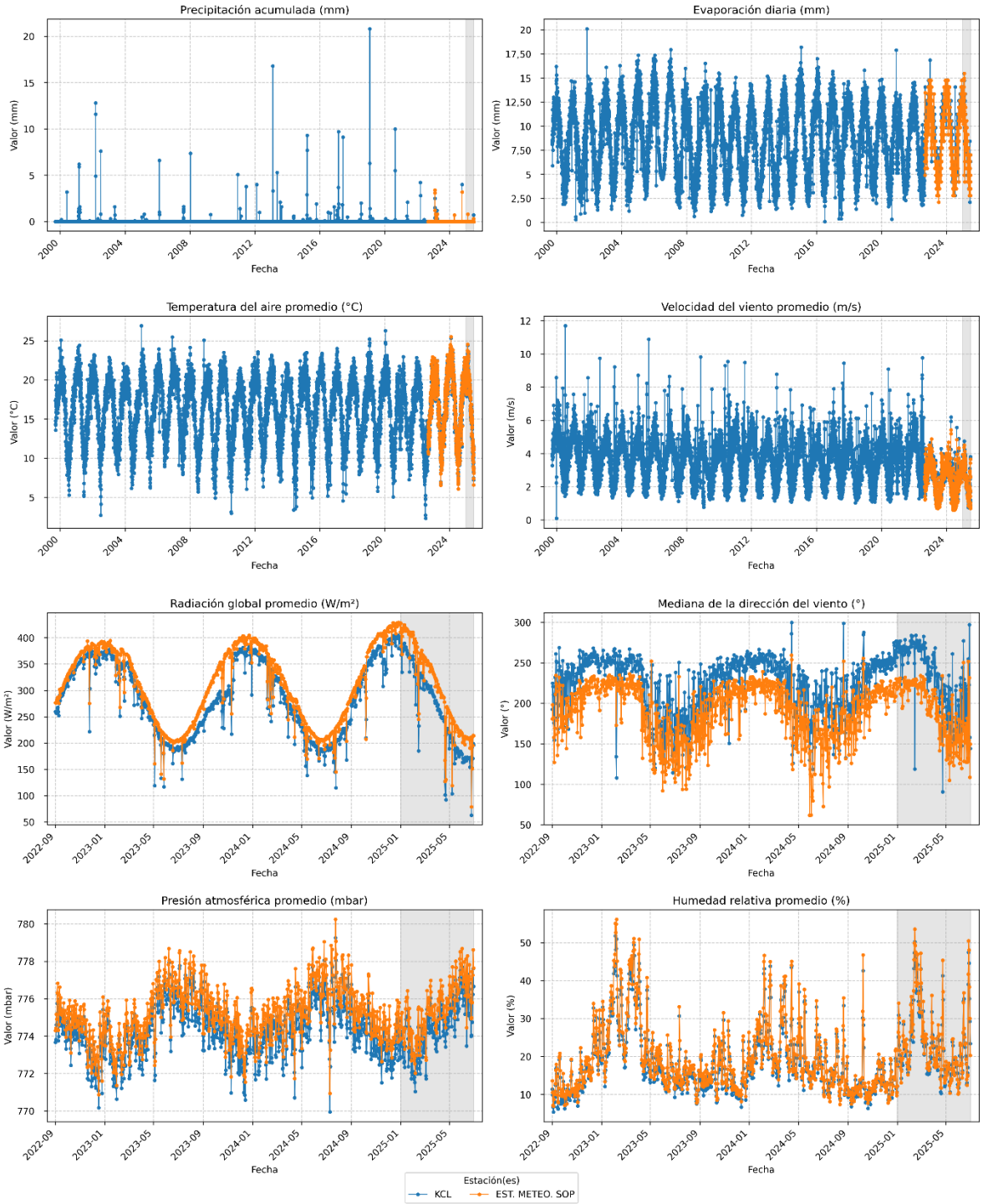
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.6.2 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación KCL y SOP considera la medición de los parámetros de precipitación acumulada, evaporación diaria, temperatura el aire promedio, radiación global promedio, presión atmosférica promedio, humedad relativa promedio velocidad del viento promedio y la mediana de la dirección del viento, desde aproximadamente el año 2000 y el mes octubre del año 2022, y cuyas series históricas se presentan en la Figura 6-144.

Históricamente, la evaporación y la temperatura promedio presentan una oscilación estacional, con incrementos durante el verano. La precipitación histórica muestra un cambio de tendencia a lo largo del tiempo, diferenciándose en dos periodos según los eventos registrados. En el primer periodo, entre mayo de 2007 y diciembre de 2012, se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 7,4 mm el 14 de enero de 2008. A partir de enero de 2013, se observa un incremento en las precipitaciones, especialmente en el primer trimestre de los años 2013, 2015, 2017 y 2019, alcanzando un máximo de 20,8 mm el 31 de enero de 2019. En promedio, históricamente se han registrado 9,0 mm durante el primer semestre, mientras que, en el primer semestre de 2025, SOP acumuló 1,1 mm y KCL 0,7 mm, ambos valores por debajo del promedio histórico.

Figura 6-144: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas KCL y SOP durante el primer semestre de 2025.



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia

En la estación SOP, la mediana de la dirección del viento en el primer semestre de 2025 fue de 201,7°, lo que representa un aumento marginal de 0,4° respecto al valor histórico de 201,3°. Esta diferencia es mínima y refleja una alta estabilidad en la dirección predominante del viento.

En la estación KCL, la mediana registrada fue de 235,9°, apenas 0,5° por debajo del valor histórico de 236,4°, lo que también indica una consistencia en el patrón de viento dominante durante el periodo analizado.

La presión atmosférica promedio mostró un leve aumento en ambas estaciones: en SOP, pasó de 775,2 mbar a 775,5 mbar, y en KCL, de 774,3 mbar a 774,5 mbar. Estos cambios son menores y se encuentran dentro de la variabilidad esperada para la región, donde la presión atmosférica tiende a ser estable debido a la altitud y condiciones geográficas.

La temperatura promedio presentó un aumento moderado. En SOP, se registró un valor de 17,3°C, lo que representa un incremento de 1°C respecto al promedio histórico de 16,3°C. En KCL, la temperatura subió de 16,2°C a 17,1°C, un aumento de 0,9°C. Esta variable muestra una clara estacionalidad, con máximos en verano y mínimos en invierno, como se evidencia en los registros históricos. El aumento observado podría estar asociado a condiciones de mayor radiación solar y menor cobertura nubosa.

La humedad relativa también aumentó en ambas estaciones. En SOP, pasó de 19% a 23,7%, un incremento del 24,8%, mientras que en KCL subió de 19,2% a 22,8%, equivalente a un 18,5%. Aunque esta variable también presenta estacionalidad, su aumento podría estar relacionado con eventos puntuales de precipitación y mayor disponibilidad de humedad superficial, especialmente en los meses de verano.

En contraste, la evaporación mostró una leve disminución. En SOP, bajó de 8,7 mm/día a 8,4 mm/día (−3,3%), y en KCL, de 8,6 mm/día a 8,5 mm/día (−1,4%). Esta reducción puede estar influenciada por la menor radiación global registrada y por el aumento de la humedad relativa, que reduce el gradiente de vapor entre la superficie y la atmósfera. La evaporación tiene un comportamiento estacional muy marcado, con máximos en verano, como se observa en los registros históricos.

La velocidad del viento disminuyó significativamente. En SOP, pasó de 3,4 m/s a 2,3 m/s, una reducción del 31,4%, y en KCL, de 3,6 m/s a 2,4 m/s, lo que representa una disminución del 33,3%. Finalmente,

la radiación global promedio también disminuyó. En SOP, bajó de 313 W/m² a 301,6 W/m² (−3,6%), y en KCL, de 289,2 W/m² a 262,4 W/m², una reducción del 9,3%. Esta variable también presenta estacionalidad, con picos en verano debido a la mayor altura solar y menor nubosidad.

6.1.6.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad de agua realizado primer semestre de 2025 en el Sistema Núcleo (Figura 6-145 a Figura 6-148). Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base). Los parámetros monitoreados en SOPM-12C y 1001 corresponden a calidad 5 (ver Tabla 4-4)[19, 20] y en los pozos 1906 y M7 (compromiso según Acción 16 del PdC; SQM SpA., 2024) se analizan de acuerdo con la calidad 3 (ver Tabla 4-2 y Tabla 4-3).

Para los puntos del Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo se ha registrado una alta conductividad eléctrica de terreno en torno a 230.000 µS/cm (característico de salmueras). Además, el pH terreno históricamente se ha registrado en torno a un valor de 7,0 (neutro). Sin embargo, desde 2016 hasta 2022 se observó para el pozo 1001 un aumento paulatino del pH de terreno llegando a valores máximos de 7,66.

En los pozos 1001 y SOPM-12C la densidad de laboratorio promedio es del orden de 1,20 g/mL. Sin embargo, la densidad de terreno desde el año 2016 hasta el 2024 en el pozo 1001 muestra una tendencia a la baja, que no se corresponde con los registros de laboratorio. Adicionalmente, en ambos pozos se observó un incremento en el contenido de sólidos disueltos totales y sólidos totales a partir del 2016. Por lo tanto, ocurre una fecha común respecto a las cuales se observan los cambios en las tendencias históricas

[19]En el Informe Nº 5 del PSAH se identificaron errores en las mediciones de conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT) en mues tras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences Chile S.A. hasta julio de 2008. El informe incluye una carta explicativa emitida por el laboratorio, junto con un breve análisis técnico que detalla las inconsistencias detectadas

[20]En el Informe Nº 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST en aguas subterráneas con alta CE, atribuidos a fallas en la t oma de alícuota por parte del laboratorio ALS. El análisis técnico fue presentado en el Anexo 10.3, y la carta de respuesta de ALS se incluye en el Anexo 10.2.

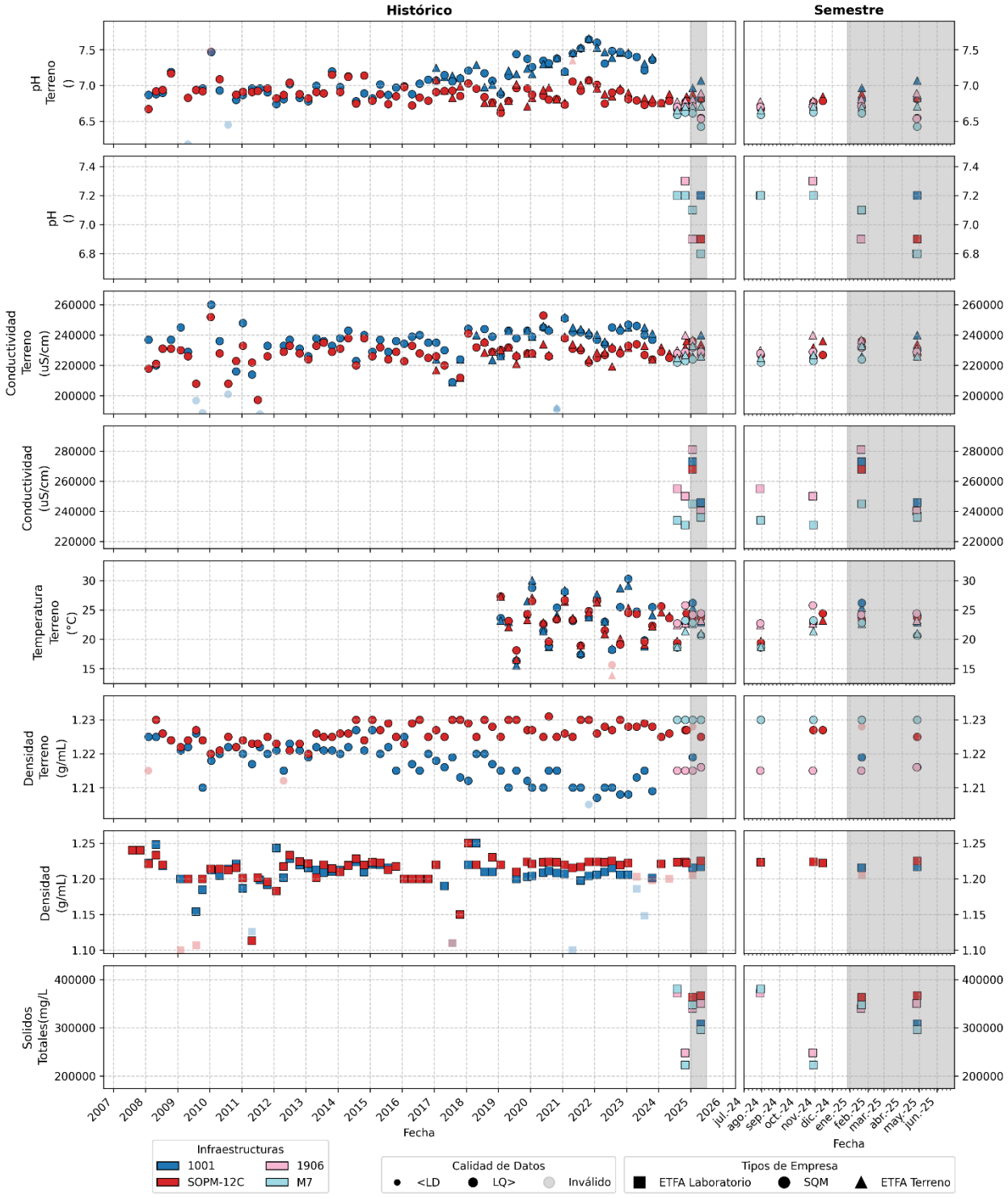
de densidad, pH y contenido de sólidos disueltos totales. Lo que indica que probablemente las variaciones observadas se deban a los cambios en los protocolos en las etapas de muestreo, transporte y/o tratamiento de las muestras en los laboratorios de ALS, como se indica en el PSAH Nº26/2019.

En relación con la evolución temporal de los pozos del Sistema Núcleo, se identifican cambios en las tendencias históricas de concentración de sólidos disueltos totales, densidad y pH de terreno, con una leve tendencia al alza. La conductividad eléctrica, en cambio, presenta menor dispersión en sus registros. En el pozo SOPM-12C, se observó un aumento en sólidos disueltos totales hasta octubre de 2024, seguido de una disminución a 167.170 mg/L, el valor más bajo registrado en los últimos años. Estas variaciones no se atribuyen a cambios en el acuífero, sino a modificaciones en los protocolos de muestreo, transporte y/o tratamiento de las muestras en los laboratorios de ALS, conforme a lo indicado en el PSAH Nº26/2019.

Para la lectura de las series históricas de los registros de parámetros analizados se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

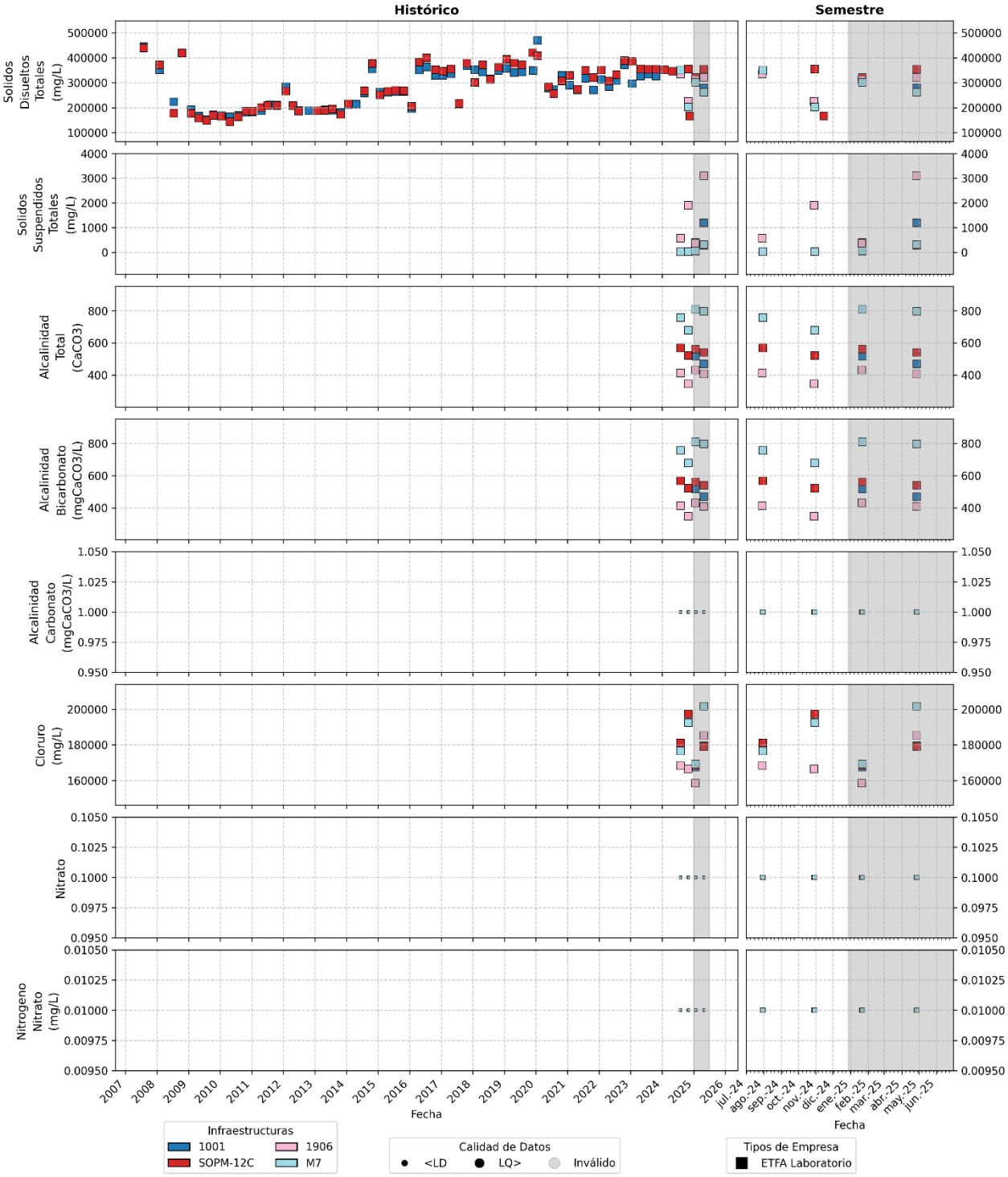
- Los valores de los Límites Detección o Límites de Cuantificación se presentan en los gráficos como LD o LQ.
- Para cada sector se agrupan en un mismo gráfico puntos de monitoreos, con la finalidad de facilitar la visualización de las tendencias de los parámetros.
- Los valores validados se muestran con resalte.
- Se muestran gráficamente aquellos resultados dentro del rango del máximo y mínimo registro validado, más y menos una desviación estándar respectivamente.

Figura 6-145: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906



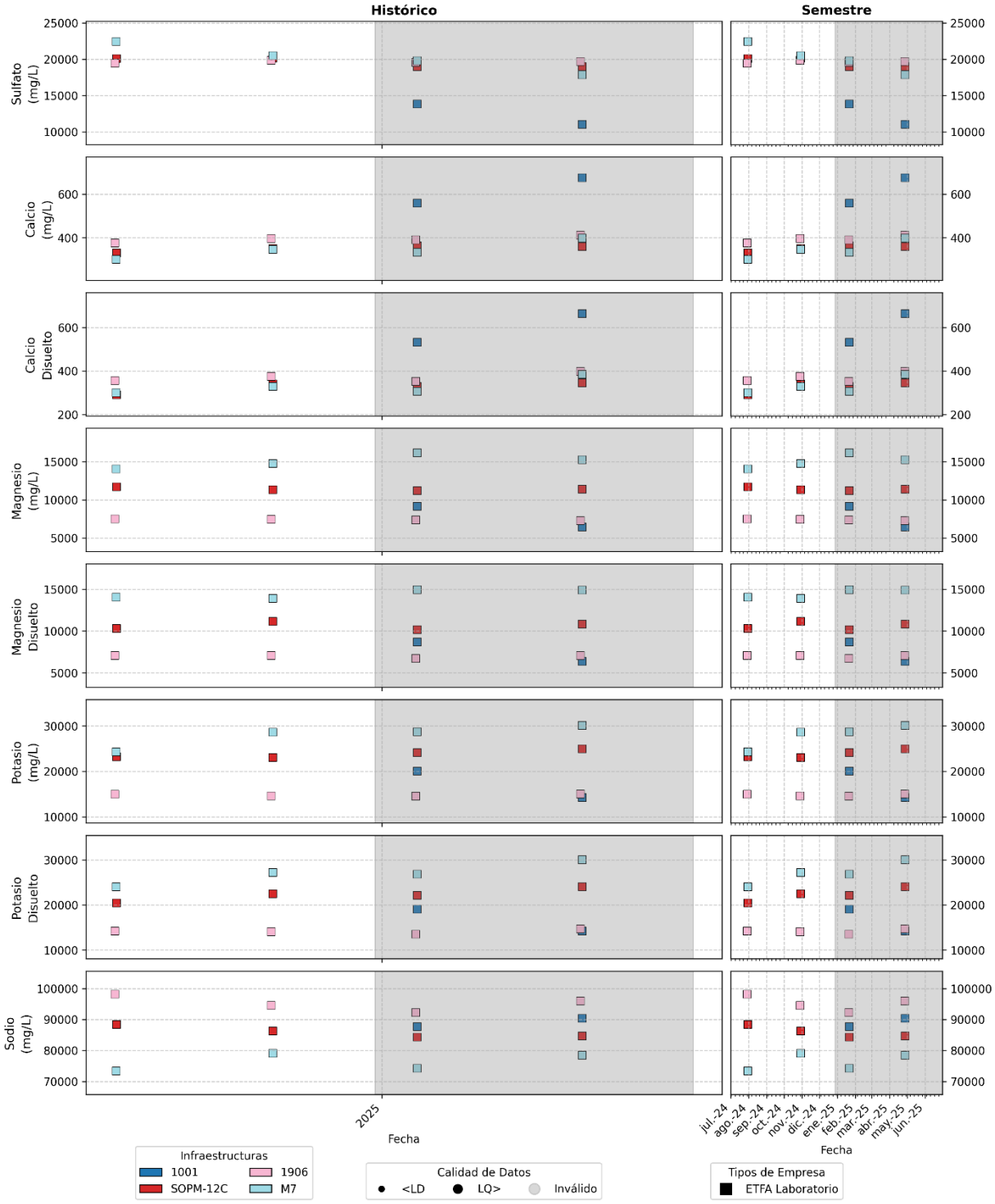
Fuente: Elaboración propia. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-146: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 (continuación)



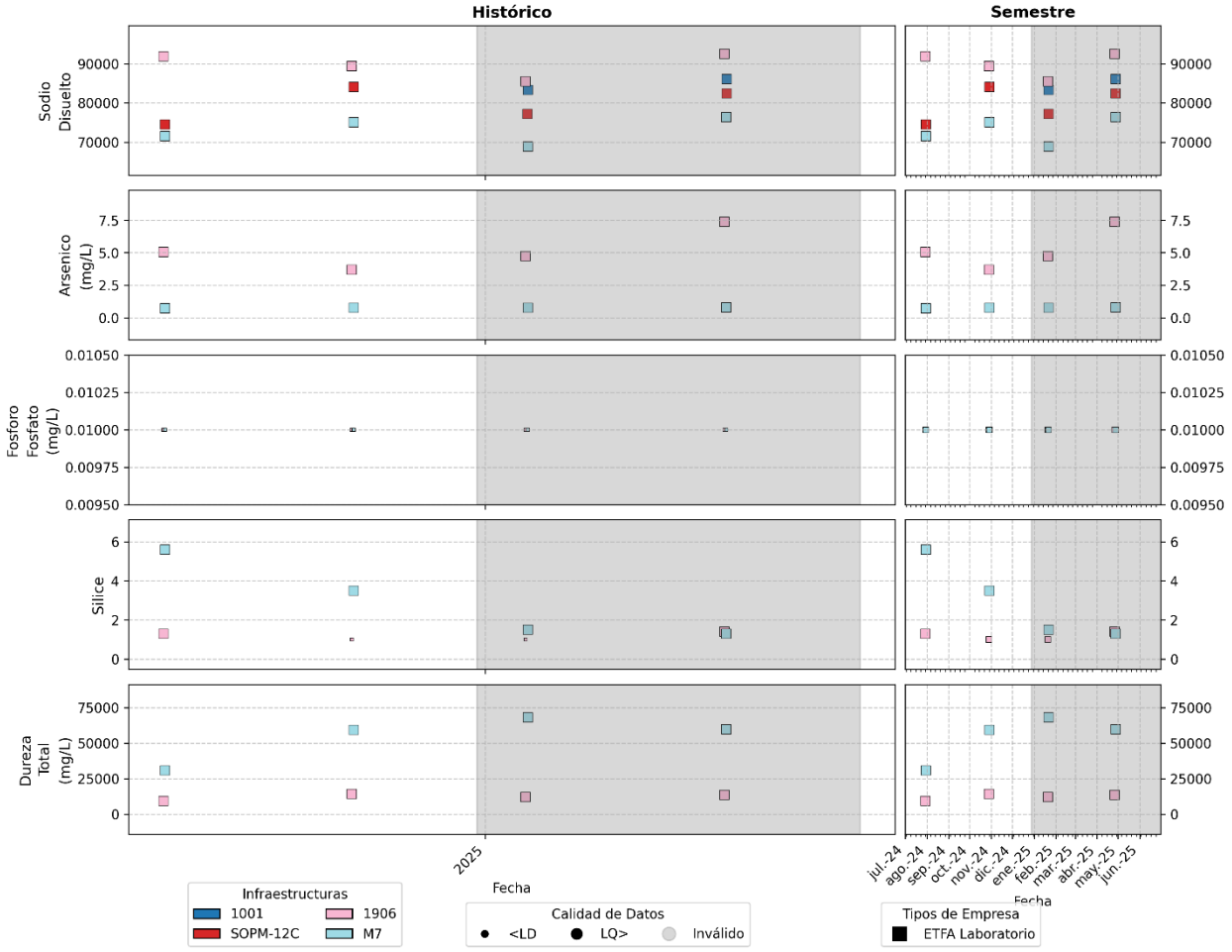
Fuente: Elaboración propia. Los valores validados se muestran con resalte.

Figura 6-147: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores validados se muestran con resalte

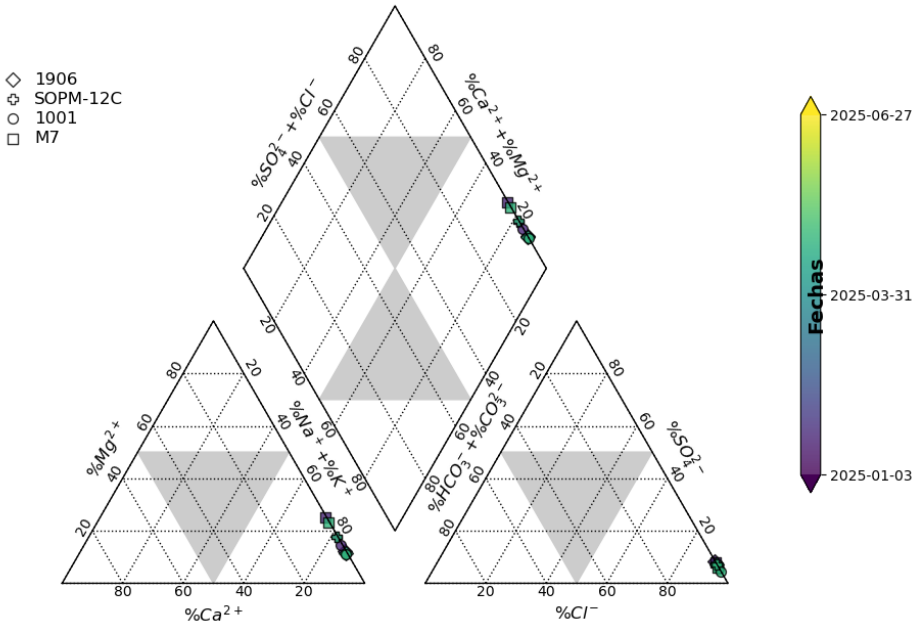
Figura 6-148: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos SOPM-12C, 1001, M7 y 1906 (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Los valores validados se muestran con resalte

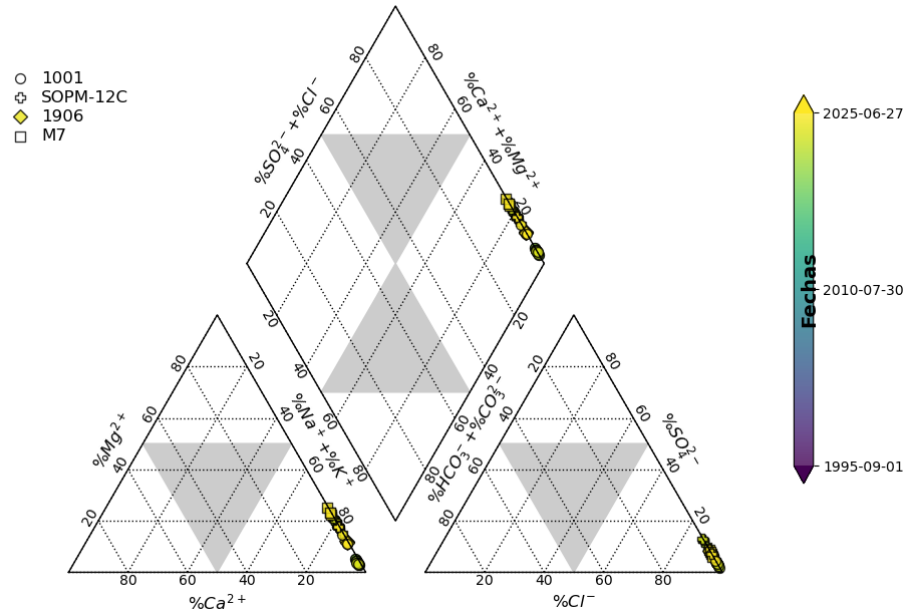
En la Figura 6-149 se presenta el diagrama Piper para las muestras del primer semestre 2025 y en la Figura 6-150 el registro histórico del Sistema Núcleo, las cuales se clasifican como aguas son cloruradas sódicas.

Figura 6-149: Diagrama de Piper histórico del Sistema Núcleo



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

Figura 6-150: Diagrama de Piper histórico del Sistema Núcleo



Se grafican las muestras con BI total <10% elaborado con la librería Python WQChartPy (Yang, y otros, 2022).

6.1.7 SECTOR CUÑA SALINA

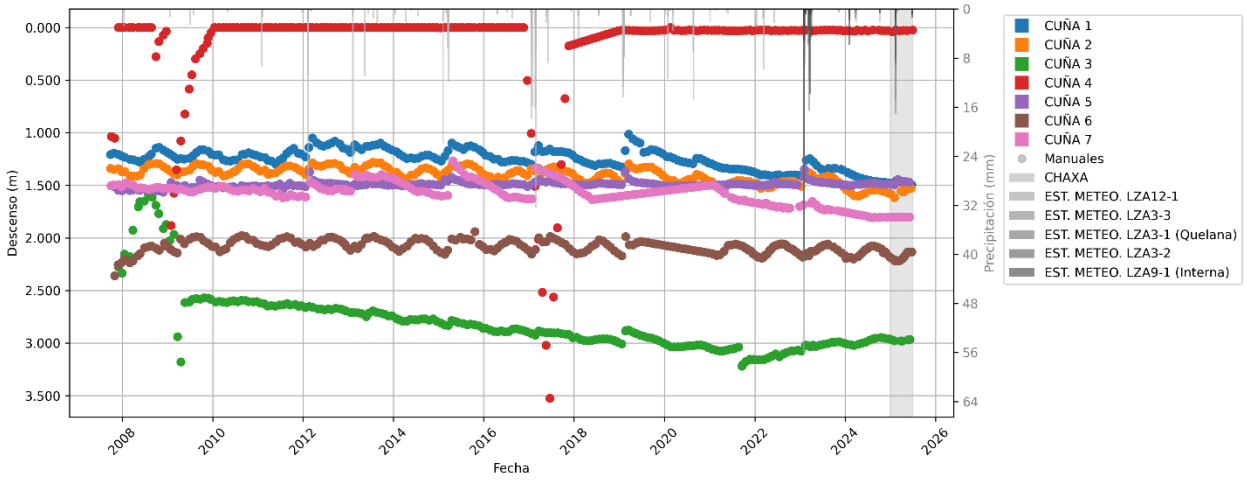
La Cuña Salina corresponde a la zona de transición entre el agua dulce del acuífero aluvial y la salmuera en el acuífero del núcleo. Para el seguimiento y monitoreo de la cuña salina se dispone de los pozos Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, L4-3, Cuña 6, Cuña 7 y L10-1. Todos estos puntos se sitúan en la Zona Marginal, entre los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Peine.

6.1.7.1 Niveles de agua subterránea

Respecto de los niveles, el punto de control L4-3 se ha descrito en conjunto con los pozos del Sistema Aguas de Quelana y el L10-1 con los pozos del Sistema Peine, por lo que no se muestran en este capítulo.

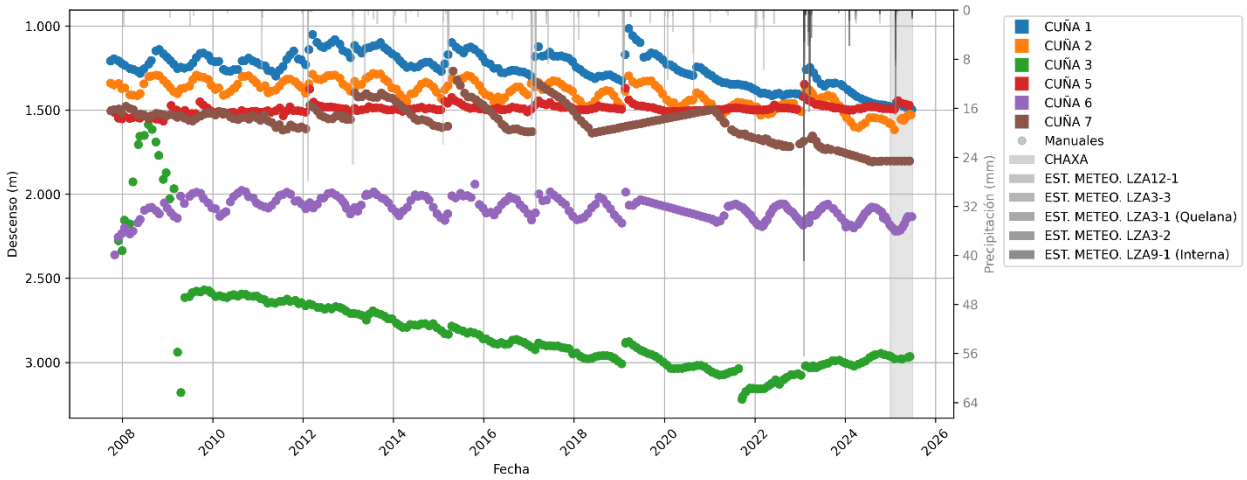
Dado que existen diferencias entre las cotas de los niveles de los puntos Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6 y Cuña 7, que no permiten visualizar bien los comportamientos a describir (Figura 6-151). Por otro lado, en la Figura 6-152 se muestran nuevamente los descensos calculados, exceptuando el punto Cuña 4, puesto que en los años 2009 y 2017 reprodujo un fuerte descenso que se aleja de la escala utilizada en la gráfica de descensos de los otros pozos y que, en este caso, no permitiría un análisis lo suficientemente detallado.

Figura 6-151: Descensos calculados en los pozos que miden la Cuña Salina



El gráfico no considera la información de L4-3 y L10-1 ya que fueron presentados en otros capítulos. Fuente: Elaboración propia

Figura 6-152: Descensos calculados en los pozos que miden la Cuña Salina (sin Cuña 4)



El gráfico no considera la información de L4-3 y L10-1 ya que fueron presentados en otros capítulos. Fuente: Elaboración propia

En el Sistema Soncor se encuentran los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3, los dos primeros ubicados sobre la Zona Marginal, entre las vegas de Carvajal y la Laguna Barros Negros, y el Cuña 3 se sitúa sobre el acuífero aluvial, entre el pozo Mullay-1 y las Vegas de Carvajal.

El análisis conjunto de los pozos Cuña 1 a Cuña 7 revela patrones hidrogeológicos diferenciados según su ubicación relativa al acuífero aluvial y la Zona Marginal, así como su sensibilidad a eventos de precipitación.

En general, los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 7 presentan una clara respuesta a eventos de precipitación, evidenciando máximos históricos tras lluvias significativas (2012, 2019, 2023 y 2025). De 2019 a 2025, la tasa de descenso es de 2,5 cm/año en Cuña 1, 1,5 cm/año en Cuña 2 y 4,7 cm/año en Cuña 7.

Por otro lado, Cuña 3, ubicado sobre el acuífero aluvial, no muestra reactividad a la precipitación. Su comportamiento se caracteriza por una fase de descenso sostenido (2009–2021) seguida de una inversión de tendencia hacia el ascenso (~6 cm/año), posiblemente vinculada a una reducción en la extracción de caudales.

Los pozos Cuña 4 y Cuña 5, en el sistema Aguas de Quelana, muestran comportamientos contrastantes. Cuña 4 mantiene niveles estables sin tendencia definida ni respuesta a lluvias, mientras que Cuña 5 evidencia una leve sensibilidad a eventos de precipitación, con estabilidad en torno a los 2.301,15–2.301,20 m.s.n.m.

Finalmente, Cuña 6 y Cuña 7, en el sistema Peine, presentan oscilaciones estacionales de 12–15 cm. Cuña 6 mantiene una tendencia de descenso moderado (0,7 cm/año), mientras que Cuña 7, ubicado en el extremo de la Zona Marginal, refleja un comportamiento típico del núcleo, con fuerte respuesta a lluvias y descenso basal similar al resto de pozos reactivos.

6.1.7.2 Perfiles de conductividad

Los perfiles de conductividad eléctrica (CE) permiten identificar la posición de la interfaz salina originada por la mezcla entre los acuíferos del núcleo y el aluvial. Estos perfiles se monitorean en los pozos de la Cuña Salina y, adicionalmente, se cuenta con mediciones de perfiles de CE en el pozo L10-1 (ubicado en la Zona Aluvial del Sistema Peine) y el L4-3. Para efectuar el análisis los pozos se agrupan según su ubicación en cada sistema de la siguiente manera:

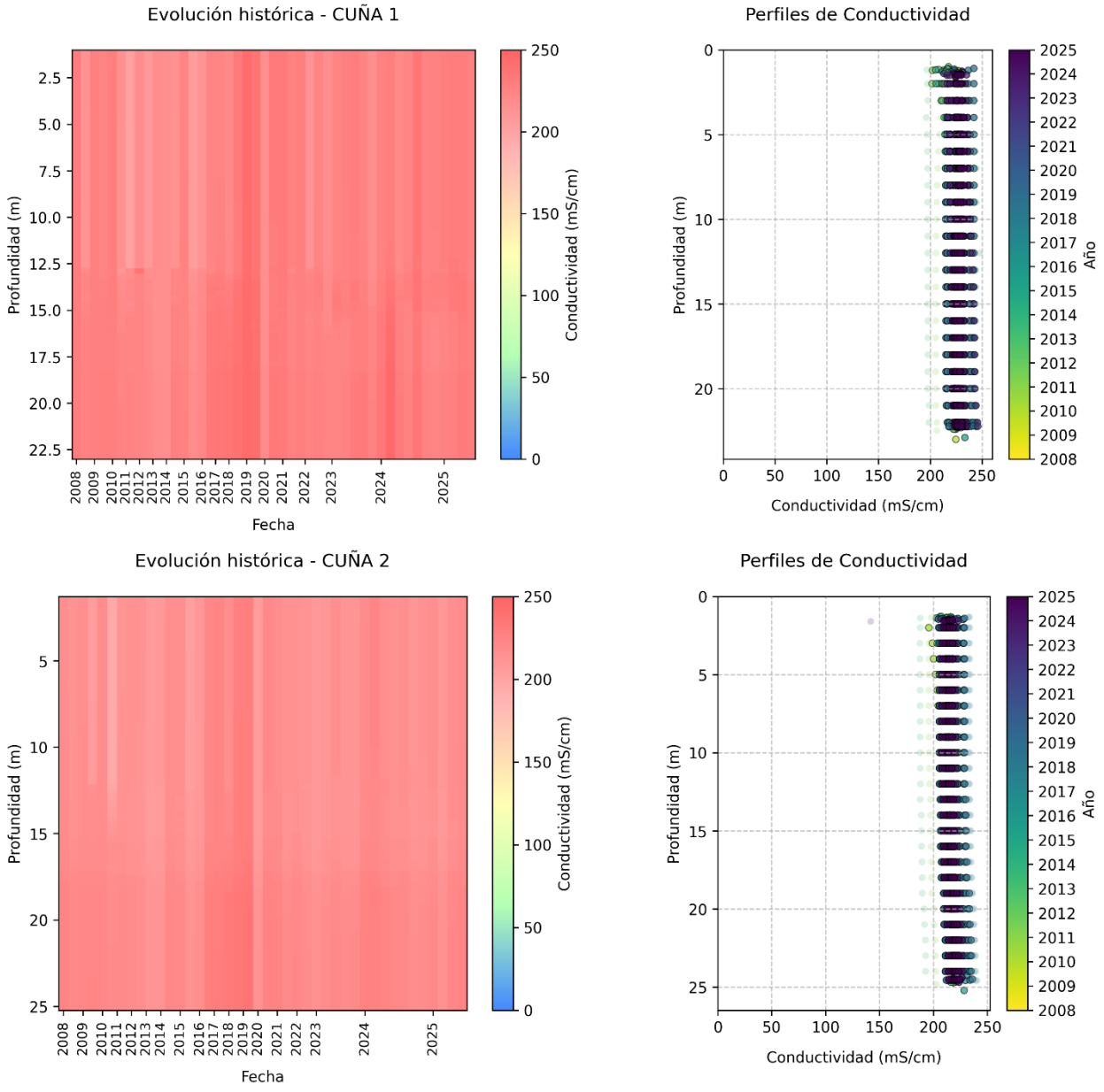
- Pozos Soncor: Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3.
- Pozos Aguas de Quelana: Cuña 4, Cuña 5 y L4-3.
- Pozos Peine: Cuña 6, Cuña 7 y L10-1.

Las Figura 6-153 y Figura 6-154 muestran la evolución histórica de conductividad eléctrica (CE) en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3, ubicados en el borde norte del sector Cuña Salina. Cuña 1 (ranurado entre 2–22 m, Figura 6-153) y Cuña 2 (4–22 m, Figura 6-153), situados al oeste de la zona de afloramiento de la interfaz salina, presentan valores persistentemente superiores a 200 mS/cm, lo que indica que los flujos subterráneos en esta zona provienen del núcleo del salar, sin interacción con el acuífero dulce-salobre del margen este. Esta condición se ha mantenido estable a lo largo del período de monitoreo. La interfaz salina no se posiciona en la profundidad de habilitación de estos pozos, lo que refuerza la hipótesis de que el afloramiento se produce al este de Cuña 2.

En Cuña 3 (Figura 6-154), se observan valores bajos de CE, lo que sugiere que el inicio de la interfaz salina se encuentra entre Cuña 2 y Cuña 3. A lo largo del tiempo, no se evidencian cambios significativos, salvo una disminución puntual en el primer semestre de 2009 atribuida al bombeo para toma de muestra. Entre 2014 y 2020 se registró un ascenso de CE hasta valores cercanos a 125 mS/cm, seguido de un descenso a niveles similares a los previos a 2014. Este pozo ha presentado surgencia en gran parte del período, lo que

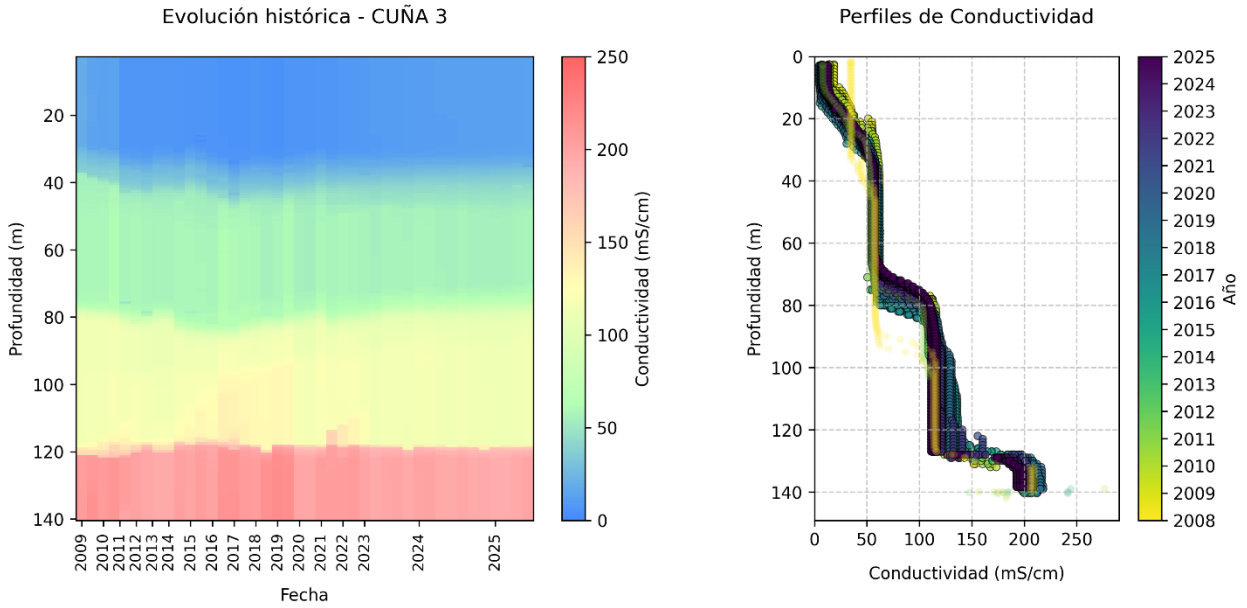
dificulta la interpretación de los resultados. La profundidad donde se han registrado valores entre 150 y 200 mS/cm se ha mantenido en torno a los 130 m, con oscilaciones sin tendencia sostenida.

Figura 6-153: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-154: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este) (continuación)



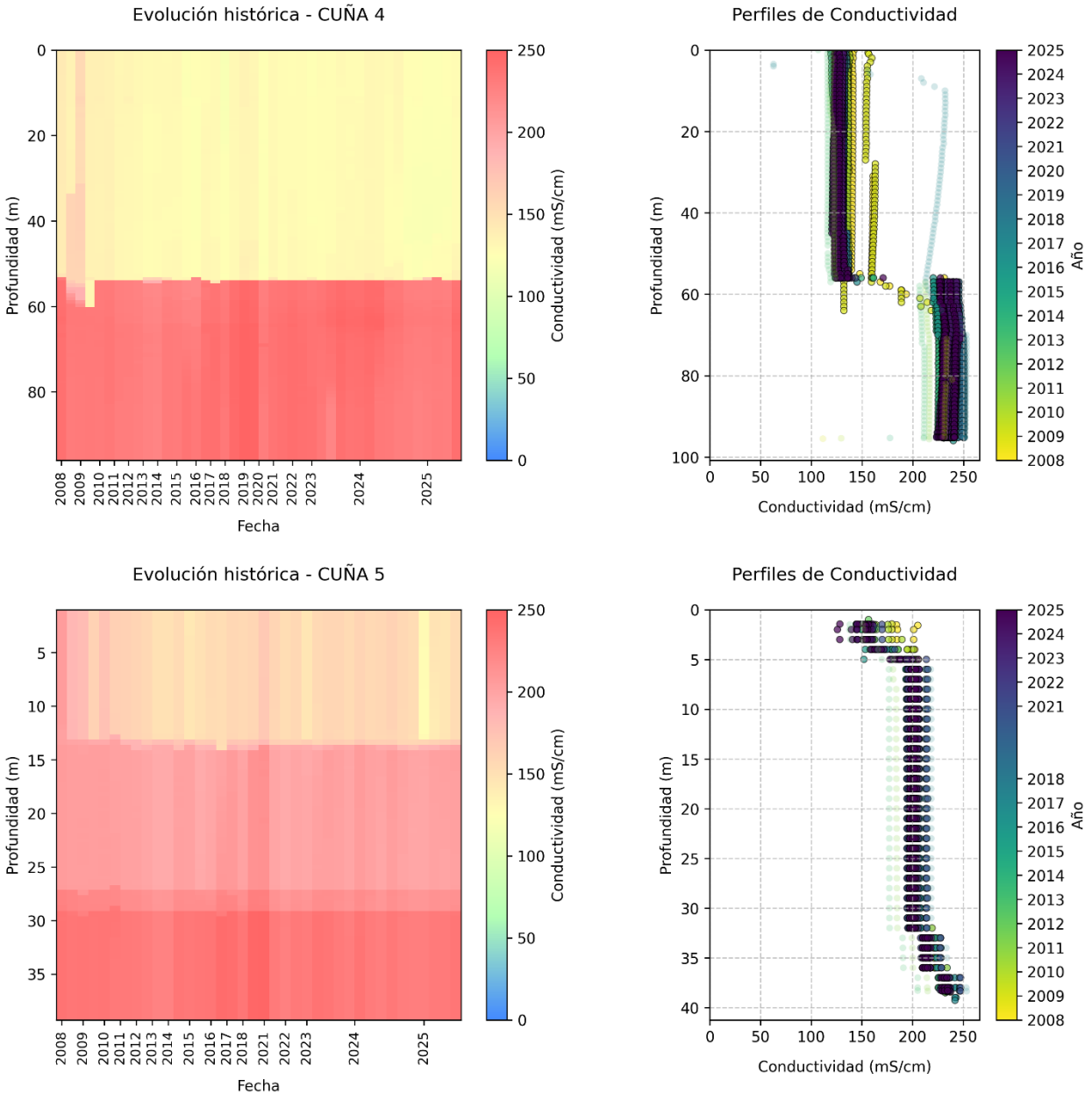
Fuente: Elaboración propia

La Figura 6-155 ilustra la evolución histórica de los pozos en el sector de Aguas de Quelana. En ella se observa que en el pozo Cuña 5, las aguas más cercanas a la superficie presentan una menor conductividad eléctrica en comparación con las más profundas. De todos modos, esta última también presenta valores de CE altos, lo que señala que la interfaz comienza a aflorar más hacia el este, puesto que sus valores son más representativos de salmuera.

En el pozo Cuña 4 (Figura 6-155), ubicado al este, se observan menores valores de CE que en el pozo Cuña 5 en el fluido más cercano a la superficie. Este punto presenta un comportamiento surgente y su tramo ranurado comienza a los 64 m. Se distingue que la zona de transición a mayores valores de CE ha permanecido estable en torno a los 55 m, sin mostrar variaciones significativas ni tendencia.

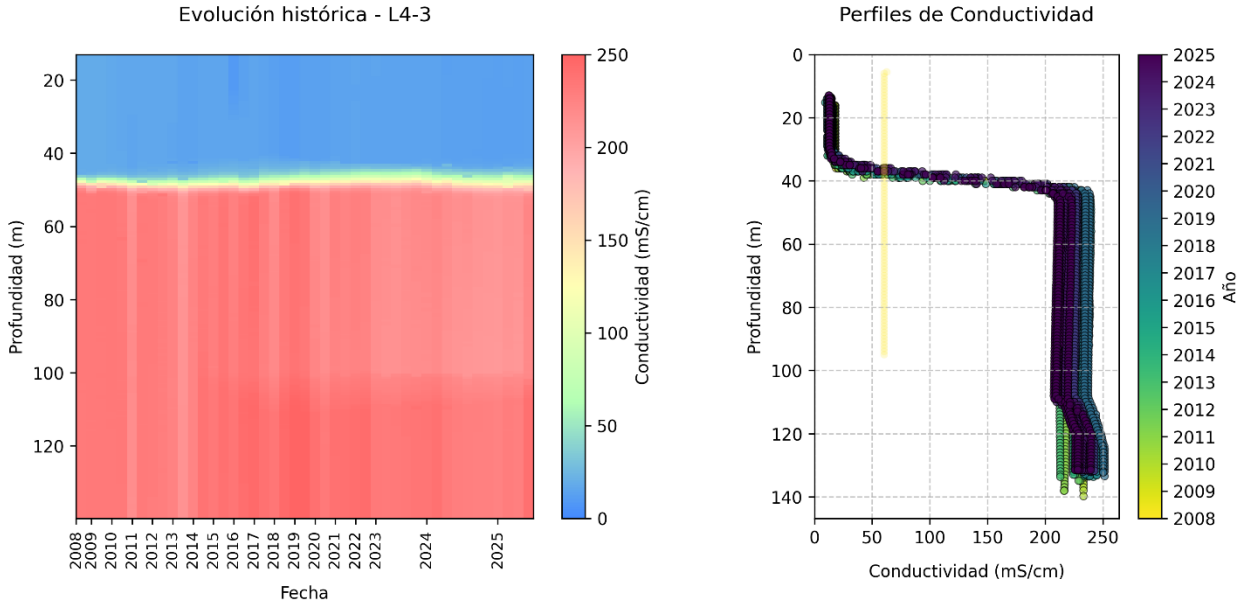
En el punto situado más al este de Aguas de Quelana, correspondiente al L4-3 (Figura 6-156) existe una interfaz definida, ubicada a una profundidad aproximada de 40 m. El equilibrio de la interfaz se mantiene en el tiempo, con ligeras oscilaciones entre campañas, pero sin evidenciar un comportamiento de tendencia claro.

Figura 6-155: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (arriba a abajo ordenados oeste - este)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-156: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (arriba a abajo ordenados oeste - este) (continuación)



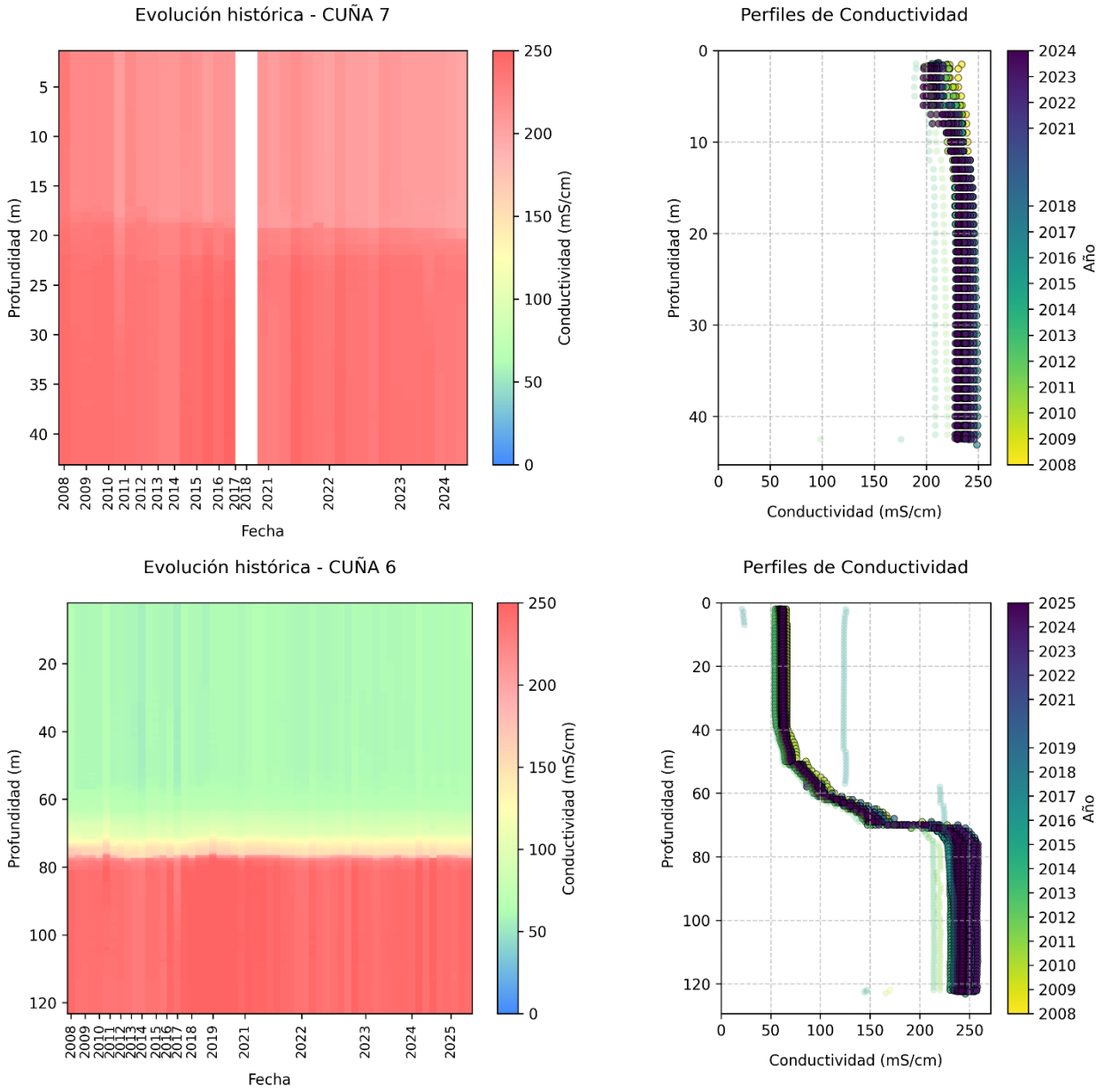
Fuente: Elaboración propia. Se quitan del gráfico izquierdo algunos valores *outliers* y el perfil de junio 2008 por presentar anomalía en todo su desarrollo en L4-3.

Por último, la Figura 6-157 y Figura 6-158 muestra la evolución histórica de los pozos del sector sur. En ella se observa que en el pozo Cuña 7 el punto de quiebre de conductividad se encuentra cercano a la superficie. Más hacia el sureste, el pozo L10-1 (que ha presentado un comportamiento surgente en ocasiones anteriores, con un ranurado que comienza a los 74 m), muestra una interfaz marcada hacia los 50 m que se ha mantenido estable en el tiempo.

En Cuña 6, se muestra un predominio del acuífero marginal. El mayor quiebre en los valores de CE se registra a una mayor profundidad, aproximada en 70 m. El equilibrio descrito no ha denotado cambios en el tiempo, sin presentar variaciones importantes en los perfiles de CE.

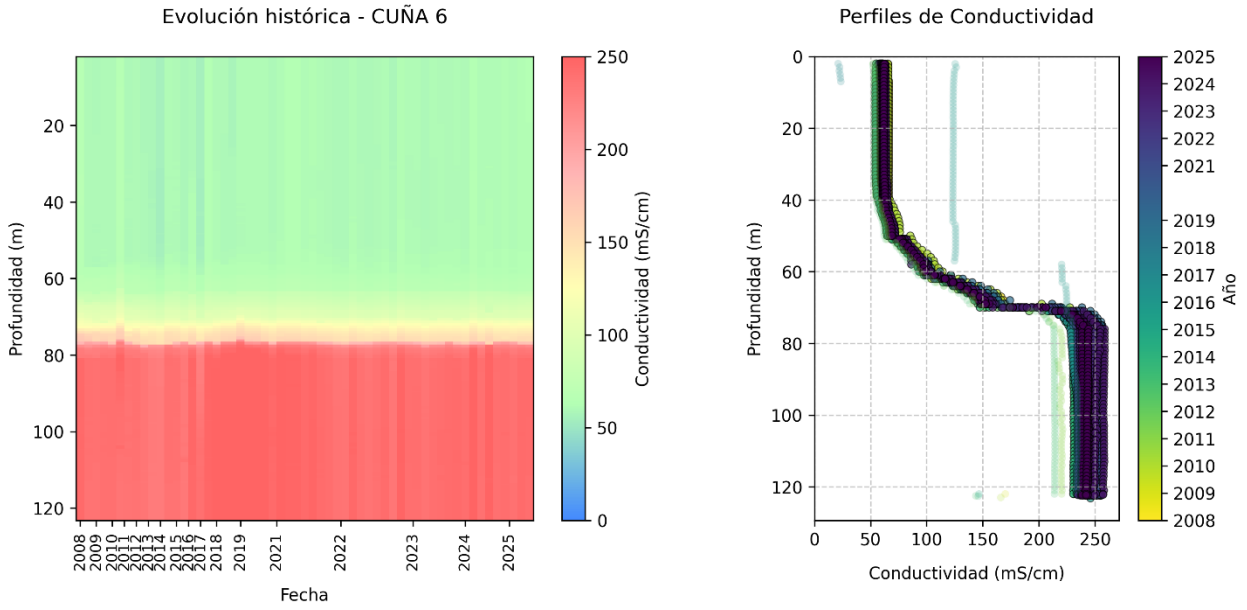
En el presente apartado se ha mostrado que la profundidad a la que se producen los quiebres de CE se ha mantenido estable a lo largo del tiempo, con ligeras variaciones que no reflejan tendencias al alza o a la baja para los distintos puntos monitoreados. En consecuencia, podría inferirse que la posición de la interfaz salina no ha experimentado cambios importantes en el período analizado.

Figura 6-157: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-158: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste) (continuación)



Fuente: Elaboración propia. Se ha eliminado el perfil de junio 2016 del gráfico a la izquierda, por tener resultados anómalos.

6.1.8 SECTOR CUENCA SALAR DE ATACAMA

Las observaciones que se realizan en este sistema son de carácter voluntario y tienen por objetivo monitorear variables meteorológicas del sistema Cuenca Salar de Atacama.

6.1.8.1 Meteorología

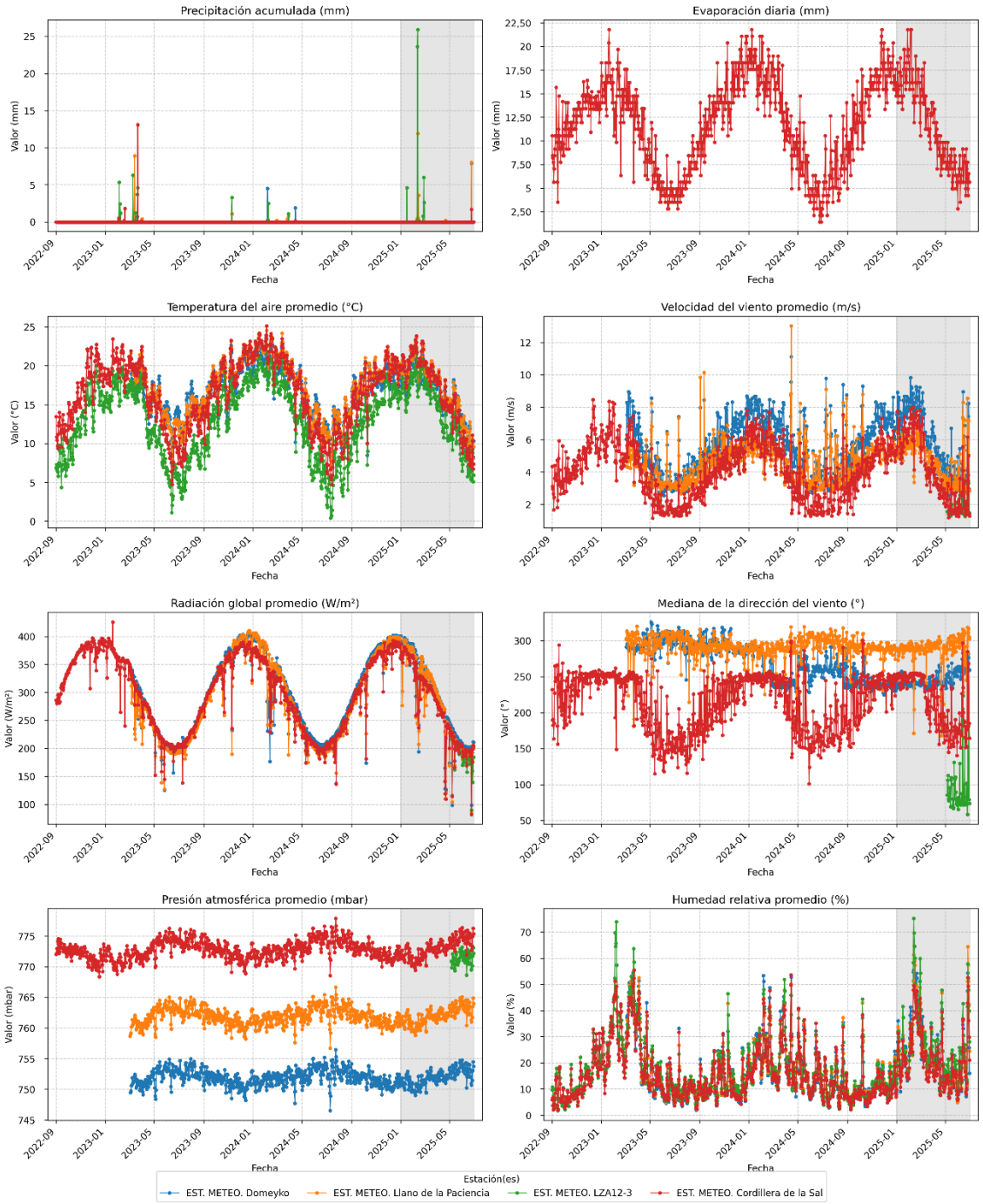
El análisis histórico de meteorología de las estaciones Cordillera de la Sal, Domeyko, Llano de la Paciencia y LZA12-3 considera la medición de los parámetros de precipitación acumulada, evaporación promedio, temperatura promedio, velocidad y dirección del viento promedio, radiación global promedio, presión atmosférica promedio y humedad relativa promedio. En el caso de la estación LZA12-3, debido a que el monitoreo de las variables radiación global, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento se inició en el primer semestre de 2025, dichas variables quedan excluidas de este análisis comparativo. Las series históricas se presentan en la Figura 6-159.

La precipitación en la cuenca del Salar de Atacama se caracteriza por su alta variabilidad interanual y espacial, con eventos generalmente aislados y de baja magnitud. Históricamente, el primer semestre de 2023 se destacó como el periodo con mayor cantidad de eventos registrados, alcanzando un máximo de 13 mm en la estación Cordillera de la Sal, el valor más alto observado en esta red de monitoreo. En contraste, durante el primer semestre de 2025 se observó un comportamiento heterogéneo entre las estaciones. LZA12-3 registró una acumulación destacada de precipitaciones, con varios eventos concentrados principalmente en los meses de enero y febrero, alcanzando un total de 59,2 mm. Llano de la Paciencia también presentó actividad significativa, con eventos en febrero y junio que sumaron 24,7 mm. En Domeyko, se reportó un único evento relevante en junio con 7,9 mm, mientras que Cordillera de la Sal mostró una actividad mínima, limitada a un evento aislado de 1,7 mm en el mismo mes. Aunque los valores absolutos siguen siendo bajos en términos climáticos, el primer semestre de 2025 se caracterizó por la ocurrencia de eventos puntuales de mayor intensidad en estaciones como LZA12-3 y Llano de la Paciencia, superando ampliamente sus promedios históricos y reflejando la naturaleza esporádica y localizada de las lluvias en esta región árida.

Históricamente, variables como la temperatura del aire, la radiación global y la evaporación presentan una oscilación estacional marcada, con máximos durante el verano. En este contexto, la temperatura promedio mostró un aumento en todas las estaciones: en Cordillera de la Sal pasó de 16,4 °C a 16,6 °C; en Domeyko, de 16,6 °C a 16,9 °C; en Llano de la Paciencia, de 17,1 °C a 17,3 °C; y en LZA12-3, de 12,8 °C a 14 °C. La humedad relativa también aumentó en todas las estaciones, con incrementos que van desde 5 hasta 10 puntos porcentuales, posiblemente asociados a los eventos de precipitación registrados y a una mayor humedad superficial.

Por otro lado, se observaron leves disminuciones en la radiación global en todas las estaciones con registros históricos: en Cordillera de la Sal, de 302,9 W/m² a 271,8 W/m²; en Domeyko, de 295,3 W/m² a 285,8 W/m²; y en Llano de la Paciencia, de 288 W/m² a 277,3 W/m². Esta disminución podría estar relacionada con una mayor presencia de nubosidad y la estacionalidad de la variable.

Figura 6-159: Series históricas de precipitación, evaporación, temperatura y velocidad del viento en la estación Cordillera de la Sal, Domeyko, Llano de la Paciencia y LZA12-3



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia.

La evaporación en Cordillera de la Sal también mostró una ligera reducción, de 11,7 mm/día a 11,6 mm/día, coherente con el aumento de la humedad relativa y la menor radiación solar. Finalmente, la velocidad del viento disminuyó levemente en Cordillera de la Sal y Llano de la Paciencia, mientras que en Domeyko se mantuvo relativamente estables.

La presión atmosférica se mantuvo estables en Cordillera de la Sal, Llano de la Paciencia y Domeyko. En cuanto a la velocidad del viento, se observaron variaciones mínimas con respecto a los promedios históricos para las primeras dos estaciones, pero en Domeyko mostró un leve aumento respecto al promedio histórico.

Durante el primer semestre de 2025, las estaciones Cordillera de la Sal, Domeyko y Llano de la Paciencia mostraron distintos grados de variación en la mediana de la dirección del viento respecto a sus valores históricos. Cordillera de la Sal presentó una leve disminución de 5,6°, indicando estabilidad en el patrón de viento. Llano de la Paciencia mostró una variación mínima de 1,2°, lo que también refleja consistencia. En contraste, Domeyko registró una disminución significativa de 38,5°, lo que sugiere un cambio relevante en la circulación local del viento durante el periodo analizado. Para verificar que esta diferencia no sea un artefacto instrumental, se verificará la correcta orientación del sensor.

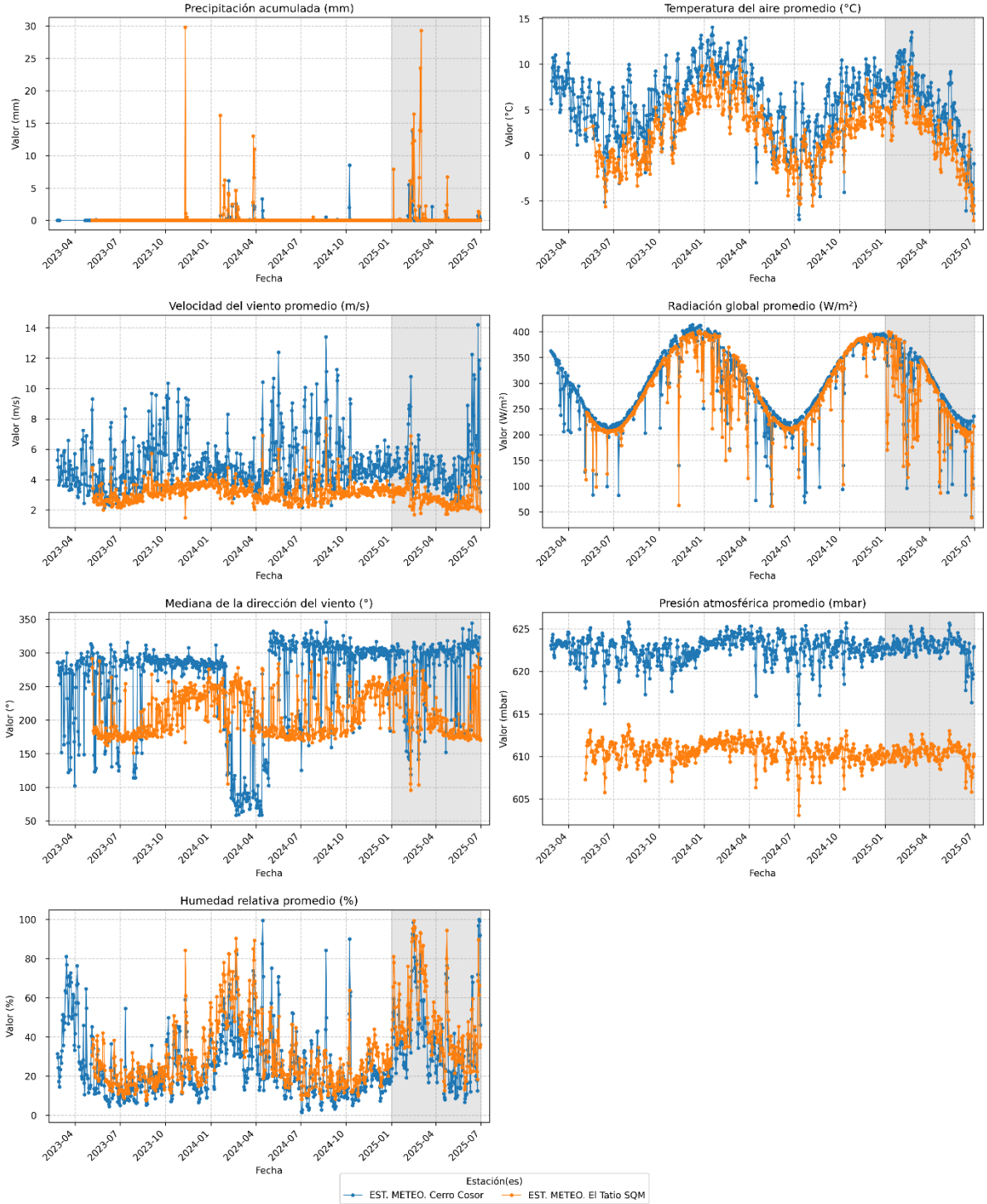
6.1.9 SECTOR ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE ALTA MONTAÑA

Las observaciones que se realizan en este sector son de carácter voluntario y tienen por objetivo monitorear variables meteorológicas del Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña.

6.1.9.1 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de las estaciones Cerro Cosor y el Tatio SQM, considera la medición de los parámetros de precipitación acumulada, temperatura del aire promedio, presión atmosférica promedio, humedad relativa promedio, radiación global promedio, velocidad del viento promedio y la mediana de la dirección del viento, desde aproximadamente de febrero del año 2023 la estación Cerro Cosor y mayo del mismo año la estación El Tatio, hasta a la fecha, y cuyas series históricas se presentan en la Figura 6-160.

Figura 6-160: Series de parámetros históricos diarios de las estaciones meteorológicas Cerro Cosor y El Tatio durante el primer semestre de 2025.



En una franja gris se destaca el primer semestre de 2025. Fuente: Elaboración propia.

Durante el primer semestre de 2025, las estaciones meteorológicas de Cerro Cosor y El Tatio SQM, ubicadas por sobre los 4.000 m.s.n.m., registraron un periodo lluvioso más prolongado que en años anteriores. En particular, El Tatio presentó días con precipitaciones diarias más intensas, alcanzando un máximo de 29,3 mm, mientras que Cerro Cosor registró un máximo de 13,8 mm. Estos valores se acercan al récord histórico de 29,8 mm registrado en El Tatio en noviembre de 2023. Esta mayor frecuencia e intensidad de eventos de lluvia se relaciona directamente con el aumento observado en la humedad relativa, que alcanzó promedios de 47,6 % en El Tatio y 37,3 % en Cerro Cosor, superando ampliamente sus respectivos históricos de 28,5 % y 24,9 %.

En cuanto a la presión atmosférica, los valores se mantuvieron estables respecto a los promedios históricos. Cerro Cosor registró un promedio de 622,9 mbar, prácticamente igual al histórico de 622,6 mbar, y El Tatio SQM promedió 610,3 mbar frente a un histórico de 610,6 mbar. Esta estabilidad es coherente con la altitud constante de ambas estaciones y la baja variabilidad de esta variable en escalas estacionales.

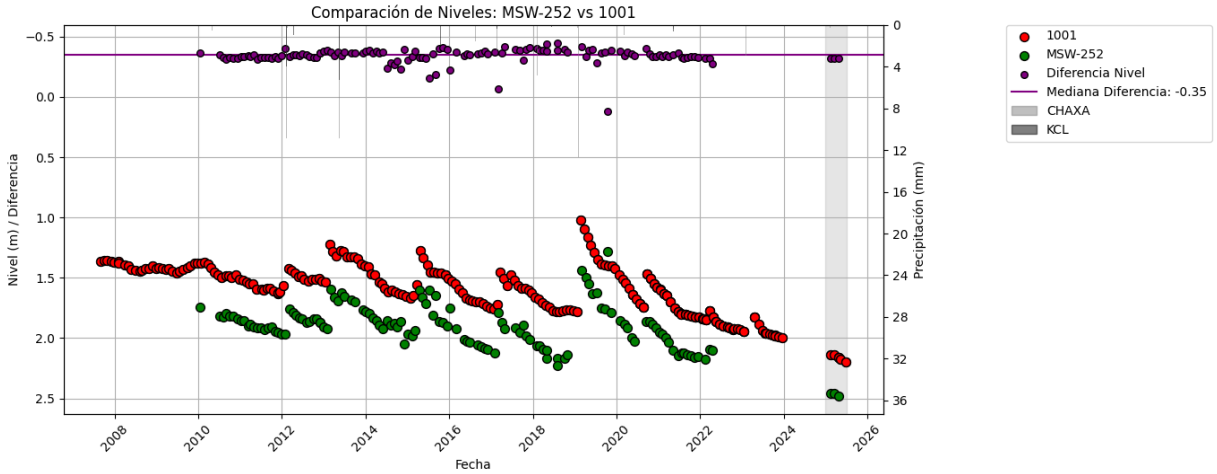
Por otro lado, se registraron disminuciones en la radiación global, la temperatura del aire y la velocidad del viento. La radiación global mostró una leve baja: Cerro Cosor promedió 289,1 W/m² frente a 298,3 W/m², y El Tatio SQM 262,8 W/m² frente a 291,4 W/m². Esta variable mantiene un comportamiento estacional marcado, con máximos en verano y mínimos en invierno, lo que sugiere que la disminución observada podría estar influenciada por condiciones atmosféricas más nubosas o mayor humedad. La temperatura del aire también presentó una ligera baja: en Cerro Cosor fue de 5,4 °C frente a un histórico de 5,6 °C, y en El Tatio SQM de 2,5 °C frente a 2,6 °C. Finalmente, la velocidad del viento fue de 4,9 m/s en Cerro Cosor, levemente por debajo de su histórico de 5 m/s, y de 2,9 m/s en El Tatio SQM frente a 3,2 m/s.

6.1.10 NIVELES EN POZOS SECOS Y PUNTOS DE MONITOREO COMPLEMENTARIOS

Como se ha indicado previamente, en el marco del Programa de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico, existen tres pozos cuya medición de nivel freático no ha podido mantenerse debido a condiciones que impiden su operación (ver sección 5.1.2). Estos corresponden a los pozos 1001 y 1024 (Sector Núcleo Salar de Atacama) y L2-24 (Sector Soncor).

El pozo 1001 presenta una obturación natural por precipitación de sales desde 2024. A aproximadamente 100 metros se encuentra el pozo MSW-252, construido en 2010, cuya señal piezométrica ha mostrado una diferencia mínima de 0,35 m respecto al pozo 1001. Ambos pozos exhiben un comportamiento característico del núcleo del salar, con descensos graduales interrumpidos por ascensos asociados a eventos de precipitación. En 2025, se realizó una mantención al pozo 1001 con el objetivo de profundizarlo y remover la obturación, logrando limpiar 50 cm de halita, lo que permitió retomar el monitoreo del nivel freático a partir de febrero de ese año. La Figura 6-111 presenta el registro histórico de niveles en ambos puntos.

Figura 6-161: Niveles medidos en el pozo 1001 y en el pozo complementario MSW-252

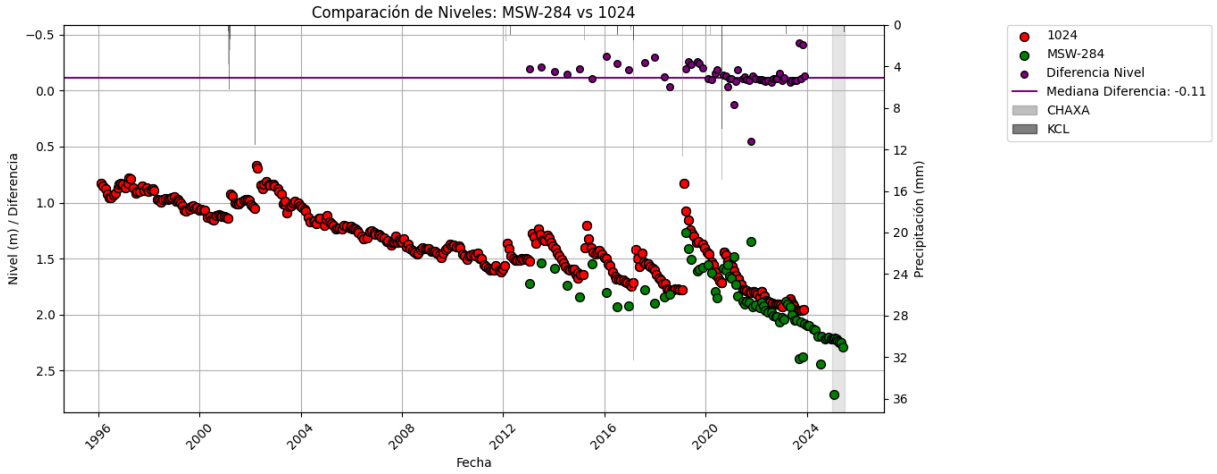


Fuente: Elaboración propia.

El pozo 1024, también se encuentra obturado por precipitación de sales desde 2024. A 20 metros se ubica el pozo MSW-284, construido en 2012, el cual presenta una diferencia de nivel de solo 0,11 m respecto a

1024. Al igual que el caso anterior, ambos reflejan un comportamiento típico del núcleo. La Figura 6-162 muestra el registro histórico de niveles en ambos puntos.

Figura 6-162: Niveles medidos en el pozo 1024 y el pozo complementario MSW-284



Fuente: Elaboración propia.

La revisión conjunta de estos pozos y sus pares MSW cercanos permite sostener que, en los casos de 1001 y 1024, la continuidad del seguimiento piezométrico puede mantenerse adecuadamente mediante los pozos MSW-252 y MSW-284 como puntos voluntarios y complementarios. Los datos históricos respaldan el comportamiento del sistema hidrogeológico en el núcleo del salar y son consistentes con la evolución esperada, los mismos que se entregan en el Anexo 5 y sus respectivos perfiles estratigráficos en el Anexo 11.

6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

En los siguientes capítulos se muestra una descripción de los niveles históricos de todos los indicadores, junto con los umbrales definidos en el Plan de Contingencia.

La revisión de registros históricos ha permitido reevaluar la idoneidad de ciertos pozos incluidos originalmente en el Plan de Contingencia asociado a la RCA N°226/2006. En base al monitoreo histórico y estudios específicos de variables y funcionamiento de los sistemas, se ha evidenciado que algunos puntos no responden adecuadamente a los cambios hidrogeológicos relevantes para los objetos de protección, ya sea por su ubicación en unidades hidrogeológicas distintas o por una respuesta temporal tardía.

6.2.1 SISTEMA SONCOR

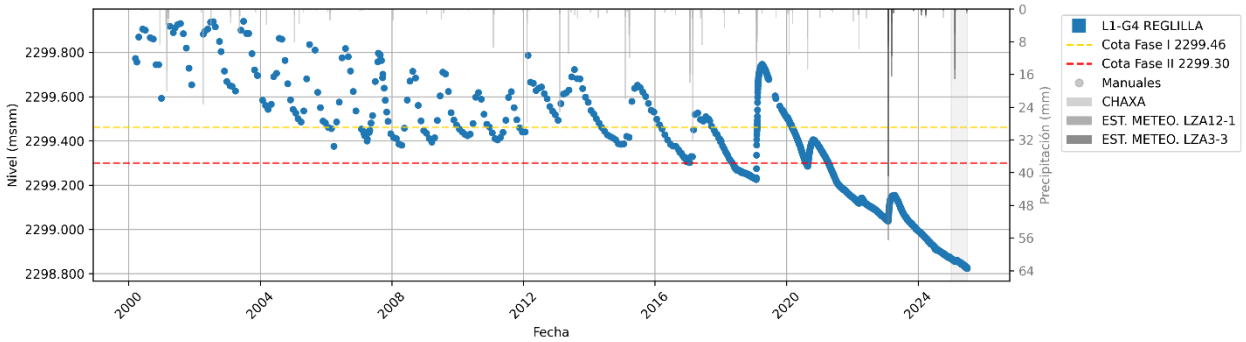
De acuerdo con la RCA N.º 226/2006 (considerandos 11.2.1 y 11.2.3), la reglilla L1-G4 y el pozo L1-5 han sido definidos como indicadores de estado para la Laguna Barros Negros, en relación con el bombeo de salmuera desde el núcleo del salar. Adicionalmente, el pozo L1-4 también cumple esta función, considerando el posible efecto asociado a la operación de los pozos de agua industrial Mullay-1 y Allana.

Por otra parte, el pozo L7-4 ha sido establecido como indicador de estado para la Laguna Puilar, en función del bombeo realizado desde los pozos Mullay-1 y Allana.

Respecto de los puntos Reglilla L1-G4 (Figura 6-163) y L1-5 (Figura 6-164), y conforme al análisis presentado en la sección 6.1.1, se ha comprobado que, desde 2012, estos indicadores dejaron de recibir recarga directa de manera regular desde los desbordes de la Laguna Barros Negros, particularmente desde el sector conocido como Desborde Cola de Pez. Desde entonces, sus niveles reflejan el descenso natural del acuífero en ese sector, con una tasa de disminución constante y una respuesta inmediata frente a eventos de precipitación.

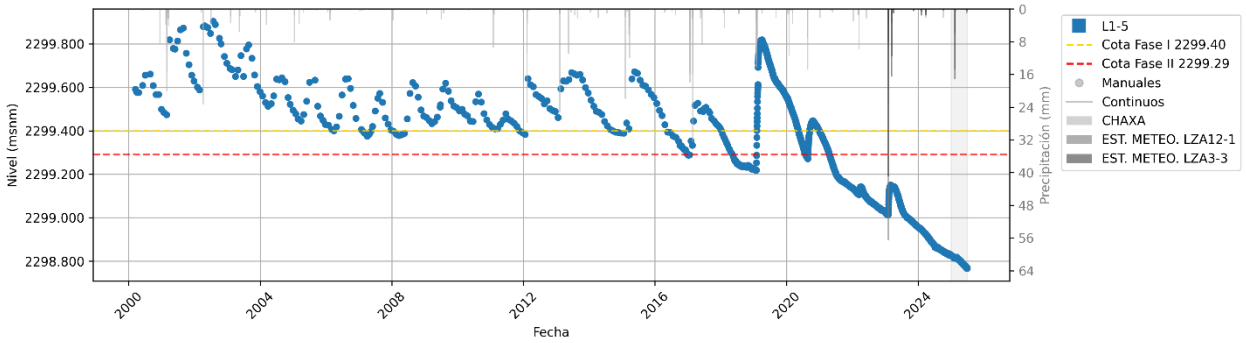
El comportamiento del nivel en la reglilla L1-G4 ha sido analizado en detalle (FLOW, 2023), concluyéndose que los cambios naturales en la descarga de la Laguna Barros Negros han reducido su efectividad como indicador de agua superficial. En respuesta, SQM ha ajustado su estrategia de monitoreo, reemplazando la reglilla por un piezómetro que permite medir la profundidad del nivel de salmuera subterránea. Esta medida refleja el compromiso de la compañía con un monitoreo más preciso y con la preservación del ecosistema del Salar de Atacama, adaptándose a las condiciones ambientales para cumplir con sus compromisos ambientales.

Figura 6-163: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-164: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El Desborde Cola de Pez, que anteriormente contribuía a la recarga de estos puntos, fue sustituido por un nuevo desborde ubicado al sur de la Laguna Barros Negros, Denominado Desbode sur, lo cual ha sido evidenciado mediante imágenes satelitales históricas que muestran la migración del flujo entre ambos sectores.

Durante el período de monitoreo, estos puntos (L1-5 y L1-G4) han superado el umbral de activación de Fase II en tres ocasiones, registradas en los informes PSAH correspondientes: mayo de 2018 (Informe PSAH N.º 23), agosto de 2020 (Informe PSAH N.º 28) y abril de 2021 (Informe PSAH N.º 29). En el primer semestre de 2025, ambos indicadores permanecieron en Fase II, sin perspectivas de desactivación mientras no se registre un evento de precipitación significativo.

Desde 2018, se ha observado que la activación de estos puntos responde a un cambio en el comportamiento de los niveles ya que pasan a mostrarse Tipo Núcleo, dado que ya no reciben aportes del desborde de la Laguna Barros Negros a través del sector Cola de Pez. Este patrón no fue identificado al momento de elaborar la RCA N.º 226/2006, cuando se asumía que estos pozos reflejaban la dinámica de recarga del cuerpo lagunar.

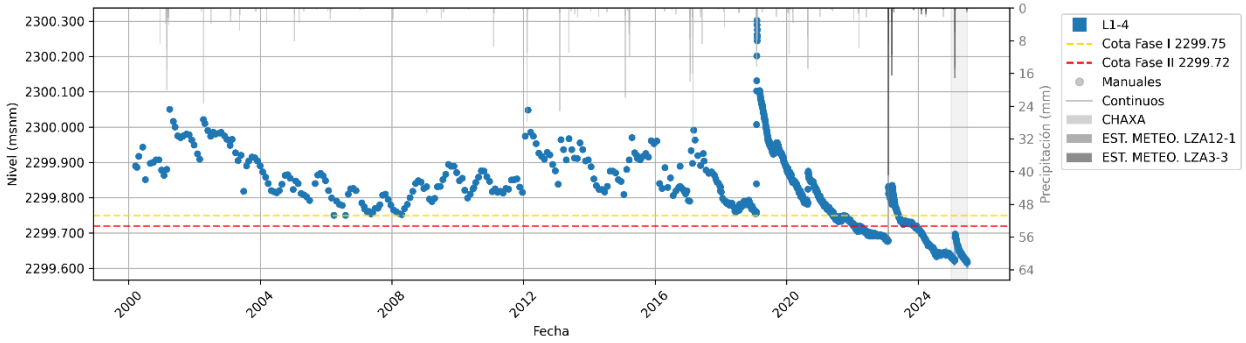
Con base en los análisis y simulaciones realizados durante la investigación asociada a la activación de Fase II en mayo de 2018 (IDAEA-CSIC, 2018), se concluyó por tanto que la causa principal de dicha activación fue el cambio en la dinámica natural de desborde de la Laguna Barros Negros, y no las extracciones de

salmuera realizadas por SQM. En consecuencia, se considera que los actuales indicadores de estado, L1-5 y L1-G4, no son eficaces para anticipar posibles efectos sobre el sistema protegido derivados de las extracciones en el núcleo del salar, por lo que se recomendó la propuesta de nuevos indicadores de estado para el PAT de Soncor que fueran más adecuados para este propósito.

El punto L1-4 (Figura 6-165) ha sido analizado en la sección 6.1.1, donde se ha determinado que sus niveles reflejan un comportamiento característico de la Zona Marginal, influenciado por la interfaz salina y los ciclos de evaporación, aunque también presenta cierta conexión con el cuerpo de agua superficial de la Laguna Barros Negros. A partir de 2012, se observa una leve tendencia descendente en los niveles mínimos de sus oscilaciones, con una tasa de 1,6 cm/año, además de una respuesta directa a los eventos de precipitación.

Este indicador de estado activó la Fase II del PC en enero de 2022. Posteriormente, las lluvias episódicas de febrero de 2023 permitieron la desactivación de ambas fases. Sin embargo, el 20 de noviembre de 2023, se registró un nuevo descenso de nivel que reactivó la Fase II, la cual se ha mantenido activa hasta junio de 2025 debido a la ausencia de precipitaciones significativas. Aunque el pozo mostró una respuesta a las precipitaciones registradas durante febrero de 2025, no fue suficiente para desactivar la Fase II. Este punto no sería representativo para observar los efectos del bombeo de los pozos de agua Mullay-1 y Allana.

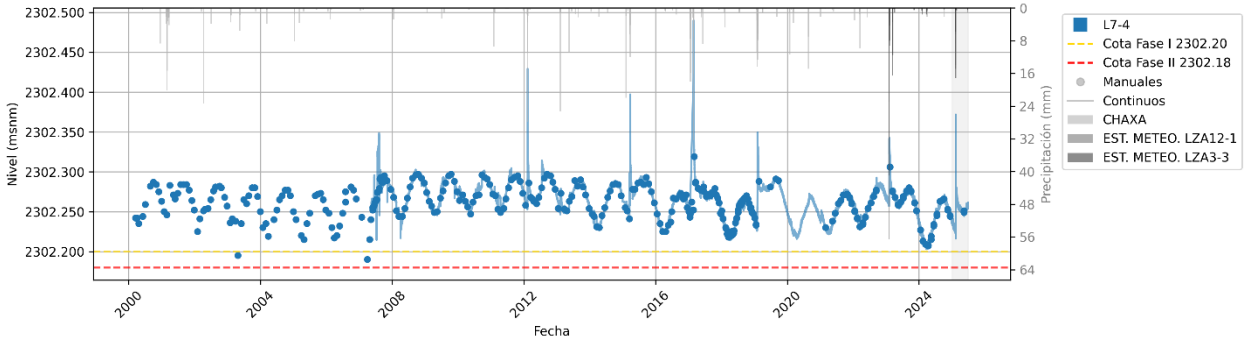
Figura 6-165: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En cuanto al punto L7-4 (Figura 6-166), indicador de estado de la Laguna Puilar, se ha verificado —según lo expuesto en la sección 6.1.1— que su comportamiento está influenciado por los ciclos de evaporación, propios de zonas cercanas a la interfaz salina, así como por la recarga desde el borde este y los eventos de lluvia más intensos. Las mediciones correspondientes al período actual muestran una oscilación estacional, con un incremento en respuesta a las precipitaciones de febrero. Este descenso no ha alcanzado los umbrales de activación de la Fase I del PC.

Figura 6-166: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.2.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

El PC del Sistema Aguas de Quelana tiene como objetivo advertir, anticipar y prevenir posibles afectaciones sobre los objetos de protección del sistema, derivadas de las actividades que SQM desarrolla en la cuenca. En este contexto, los objetos de protección corresponden al hábitat que sustenta la biota presente en el conjunto de lagunas dispersas ubicadas en el margen este del Salar de Atacama, dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF), sector Aguas de Quelana.

Considerando este objeto de protección, la RCA N.º 226/2006 definió distintos indicadores de estado para el sistema, con el propósito de alertar sobre posibles impactos provenientes de dos fuentes principales: las extracciones de salmuera desde el núcleo del salar y el bombeo de agua industrial desde los pozos Camar-2 y Socaire-5B.

Como indicadores de la influencia de las extracciones de salmuera, se dispone de los pozos L3-9, L4-12 y L5-10. En tanto, para la detección de eventuales efectos sobre el objeto de protección del bombeo de agua industrial, se consideran los pozos L3-5, L4-8 y L5-8.

6.2.2.1 Indicadores de agua

Los descensos calculados[21] de los niveles de los pozos L3-5, L4-8 y L5-8, se presentan en la Figura 6-167 junto con sus respectivos umbrales. Tal como se analiza en la sección 6.1.2.1, estos puntos exhiben una dinámica típica de zonas influenciadas por la interfaz salina, caracterizada por oscilaciones estacionales sin tendencias marcadas de ascenso o descenso, y por la influencia de recarga desde el Borde Este y eventos de precipitación.

El pozo L3-5, ubicado sobre la transecta L3, inmediatamente aguas abajo del pozo Camar-2, muestra un ascenso en el nivel como respuesta al evento de lluvia ocurrido durante el primer semestre de 2019. A partir de entonces, se observa un cambio en su patrón, registrando un ascenso continuo con comportamiento senoidal. Destaca que los niveles en este punto han alcanzado cotas históricas: por ejemplo, el máximo estacional de 2022 superó en 27 cm al primer máximo registrado en 2007. Esto indica un alejamiento progresivo respecto de los umbrales definidos para el PAT. Durante el segundo semestre de 2024, se alcanzó un nuevo máximo estacional histórico, superior incluso al del primer semestre de 2022, seguido de una tendencia ascendente sostenida hasta el cierre del período evaluado, confirmando por tanto la tendencia ascendente señalada. Como se indicó anteriormente, este nuevo comportamiento de L3-5 está vinculado tanto a la reducción de las extracciones en el acuífero como al impacto directo del aluvión de 2019, que permitió el ascenso del agua en zonas antes sin suelo.

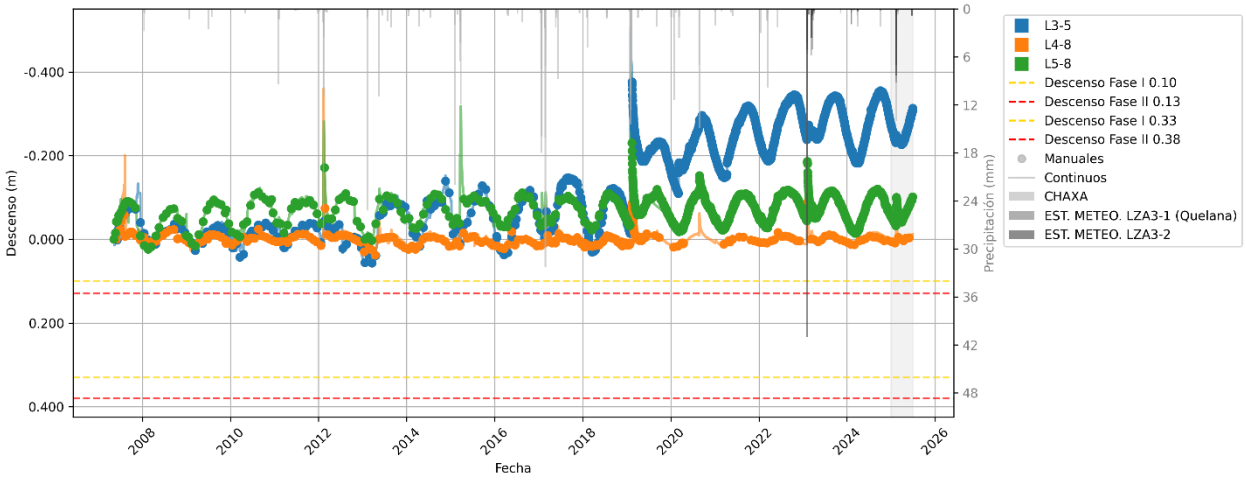
De forma similar, el pozo L5-8 —aunque ubicado a mayor distancia— presenta una tendencia oscilante con una tasa de ascenso promedio de 1 cm/año desde 2020. Como se detalla en la sección 6.1.2, los niveles

[21] Para este apartado, la fecha de inicio que permite el cálculo del descenso se basa en lo estipulado según la RCA Nº 226/2006.

en este sector han mostrado ascensos de distinta magnitud, dependiendo de su ubicación y de la variabilidad del material del acuífero, como resultado de la detención del pozo Camar-2.

En cuanto al pozo L4-8, su comportamiento se ha mantenido estable (sin tendencia de ascenso o descenso) a lo largo de todo su registro histórico.

Figura 6-167: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de los pozos de agua industrial junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

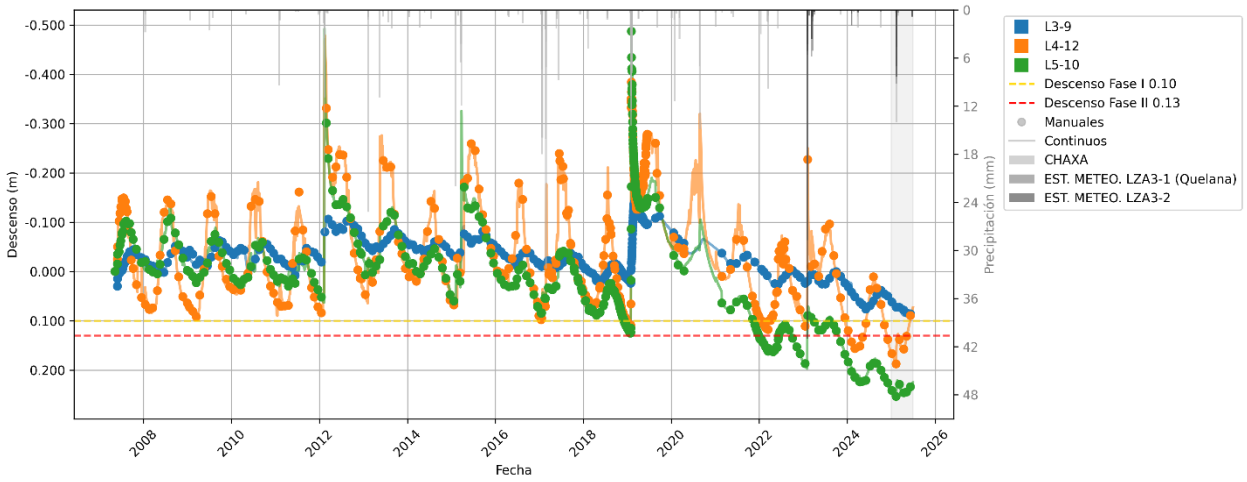
6.2.2.2 Indicadores de salmuera

Los indicadores de estado definidos para evaluar la influencia de las extracciones de salmuera desde el núcleo del salar —L3-9, L4-12 y L5-10— se presentan en la Figura 6-168, junto con los umbrales correspondientes a las Fases I y II del Plan de Contingencia (PC). Tal como se detalla en la sección 6.1.2, estos puntos presentan un comportamiento mixto, característico tanto de la Zona Marginal (cercano a la interfaz salina) como del Núcleo. En consecuencia, se espera que exhiban oscilaciones estacionales más regulares cuanto más someros se encuentran los niveles, y una tendencia general de descenso, con pendientes más pronunciadas hacia el núcleo.

Desde 2012, al igual que en otros sectores del borde este del Salar, se ha observado un cambio en la dinámica de estos niveles, con un aumento en la tasa de descenso promedio aproximado: 2,1 cm/año para el pozo L3-9, 2,3 cm/año para el L4-12 y 3,2 cm/año para el L5-10.

En este contexto, el pozo L5-10 ha activado la Fase II en tres ocasiones, siendo la última el 20 de octubre de 2023. Esta activación se ha asociado tanto a las extracciones de salmuera como a la disminución de las precipitaciones observada desde 2020. Hasta junio de 2025, el pozo ha permanecido en Fase II, lo cual es consistente con su tendencia descendente.

Figura 6-168: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

En comparación, el pozo L4-12 ha mostrado una menor pendiente de descenso, probablemente debido a su cercanía con la zona marginal. Durante 2024, este indicador presentó una dinámica variable, activando la Fase I en dos ocasiones. La primera activación de Fase II desde el inicio de sus registros ocurrió el 21 de enero, manteniéndose bajo ese umbral hasta mayo. El 20 de mayo, el nivel se recuperó por encima del umbral de Fase II, y el 9 de julio ya superaba el umbral de Fase I. Posteriormente, el 24 de noviembre, se informó una segunda activación de Fase II. Según lo indicado en la carta GMAL 516/2024, esta activación se atribuyó a la combinación de extracciones de salmuera y la disminución sostenida de precipitaciones desde 2020.

Durante 2025, el indicador L4-12 ha mantenido una dinámica oscilante, con múltiples transiciones entre las fases del PC. La Fase II fue desactivada el 22 de febrero y reactivada el 3 de marzo. Posteriormente, el 12 de mayo se registró una nueva desactivación de Fase II, seguida por la desactivación de Fase I el 6 de

junio. La activación de marzo se asocia a las mismas causas presentadas en el informe de investigación de diciembre 2024.

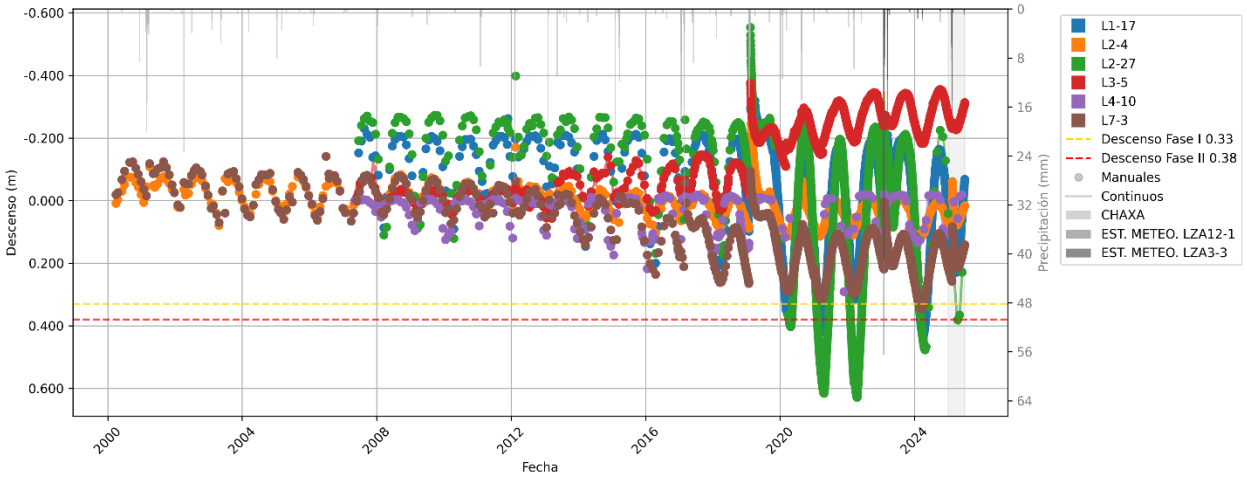
En cuanto al pozo L3-9, este ha mantenido un comportamiento oscilante y estable durante 2022 y 2023, sin tendencias marcadas de ascenso o descenso. Sin embargo, durante el primer semestre de 2024 se registró un descenso continuo cercano a 0,1 m, Umbral de fase I, sin superar este umbral. Durante el primer semestre de 2025 se observa un descenso estacional con registros de nivel cercanos al umbral de activación, pero al cierre del semestre aún no se reporta activación de Fase I.

6.2.3 SISTEMA BORDE ESTE – VEGETACIÓN HIDROMORFA

El Sistema Vegetación Borde Este está compuesto por tres subsistemas: Vegetación Hidromorfa, Brea-Atriplex y Alerta Temprana. A continuación, se describe cada uno de ellos de manera individual.

El PC del subsistema Vegetación Hidromorfa tiene como objetivo advertir, anticipar y prevenir posibles afecciones derivadas de las extracciones de agua industrial. Para ello, se utilizan como indicadores de estado los pozos L1-17, L2-4, L2-27, L3-5, L7-3 y la reglilla L4-10. Los puntos L1-17, L2-4, L2-27 y L7-3 han sido analizados junto con otros puntos del Sistema Soncor (sección 6.1.1), mientras que el punto L3-5 y la reglilla L4-10 se incluyen en el análisis del Sistema de Aguas de Quelana (6.1.2). Los descensos calculados respecto a los umbrales establecidos se presentan en la Figura 6-169.

Figura 6-169: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

Los indicadores L1-17 y L2-27 han presentado patrones diferenciados en la activación de fases en los últimos años. Para el pozo L1-17, la activación de Fase I se registró en los años 2020, 2021 y 2024, mientras que la Fase II se activó en 2021 y 2024. Por su parte, el pozo L2-27 mostró una mayor recurrencia en las activaciones: Fase I se activó en 2020, 2021, 2022, 2024 y 2025, y Fase II en los mismos años, reflejando una respuesta más sensible a las condiciones de extracción y variabilidad climática.

Durante estos periodos, las activaciones de ambas fases han coincidido en los años 2020, 2021, 2024 y 2025 para el pozo L2-27, y en 2021 y 2024 para el pozo L1-17. Este comportamiento sugiere que L2-27 responde de manera más inmediata y frecuente a los descensos de nivel en comparación con L1-17, probablemente por su ubicación y condiciones hidrogeológicas específicas. Las desactivaciones han ocurrido en función de la recuperación de niveles, principalmente durante los meses posteriores a eventos de recarga o disminución de bombeo, tal como se observa en los reportes correspondientes.

Esta revisión permite caracterizar con mayor precisión la dinámica y sensibilidad de ambos indicadores frente a los umbrales del Programa de Contingencia, lo que es fundamental para una gestión adaptativa de los recursos hídricos de la zona.

Durante el semestre reportado, el pozo L2-27 superó los umbrales definidos para Fase I y Fase II (fase I: 28 de marzo, fase II: 14 de abril) y desactivó (fase II: 1 de mayo, fase I: 23 de mayo) ambas fases durante el primer semestre de 2025. La activación registrada en abril de 2025 se atribuye a condiciones locales específicas de la Zona Marginal y a cambios geomorfológicos provocados por las lluvias de enero-febrero de 2019 en la quebrada Camar. Estos factores habrían afectado la zona de recarga cercana al indicador, lo que ha ralentizado la recuperación de niveles pese a la reducción del bombeo, a diferencia de lo observado en otros pozos de la misma unidad hidrogeológica.

El indicador L7-3, ubicado al norte del Sistema Soncor, presentó un descenso sostenido hasta 2021, momento en el cual la tendencia se estabilizó. Esta estabilidad se refleja principalmente en los máximos estacionales, que han mantenido valores relativamente constantes desde entonces. No obstante, los niveles mínimos han mostrado mayor variabilidad, registrándose en marzo de 2024 un mínimo estacional histórico que activó la Fase I en febrero y se desactivó en abril, estado que se mantiene hasta el primer semestre de 2025. Este cambio de tendencia se relaciona probablemente con la operación del pozo Allana,

cuyo caudal se redujo a la mitad en 2020 y ha permanecido prácticamente inactivo desde 2021, además de la precipitación de febrero del 2025 que no permitió que descendieran los niveles.

Por su parte, el indicador L3-5 mostró un cambio de tendencia a partir de las precipitaciones de 2019, adoptando una trayectoria ascendente. Desde entonces, los mínimos estacionales se han alejado progresivamente de los umbrales de activación del PC, manteniéndose esta tendencia durante el primer semestre de 2025.

El punto L2-4, ubicado en el extremo sur de las vegas de Carvajal, ha mostrado un comportamiento estacional acorde con lo esperado para un pozo en Zona Marginal, manteniendo una amplitud de oscilación estable en el tiempo. En cuanto a su tendencia, entre 2007 y 2010 los niveles se mantuvieron estables, sin ascensos ni descensos significativos. Posteriormente, entre 2011 y 2019, se observó una tendencia descendente con una tasa promedio de 0,6 cm/año. Desde entonces y hasta el primer semestre de 2025, los niveles han recuperado estabilidad, sin una tendencia definida y permaneciendo alejados del umbral de activación de fases.

Finalmente, el punto L4-10, correspondiente a una reglilla del sistema Aguas de Quelana, ha mostrado una estabilidad general a lo largo de su registro, manteniéndose en torno a la misma cota histórica durante el primer semestre de 2025. Además, se caracteriza por presentar una oscilación de mayor amplitud respecto a los demás puntos de la serie L4, alcanzando aproximadamente 7 cm.

6.2.4 SISTEMA BORDE ESTE – VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX

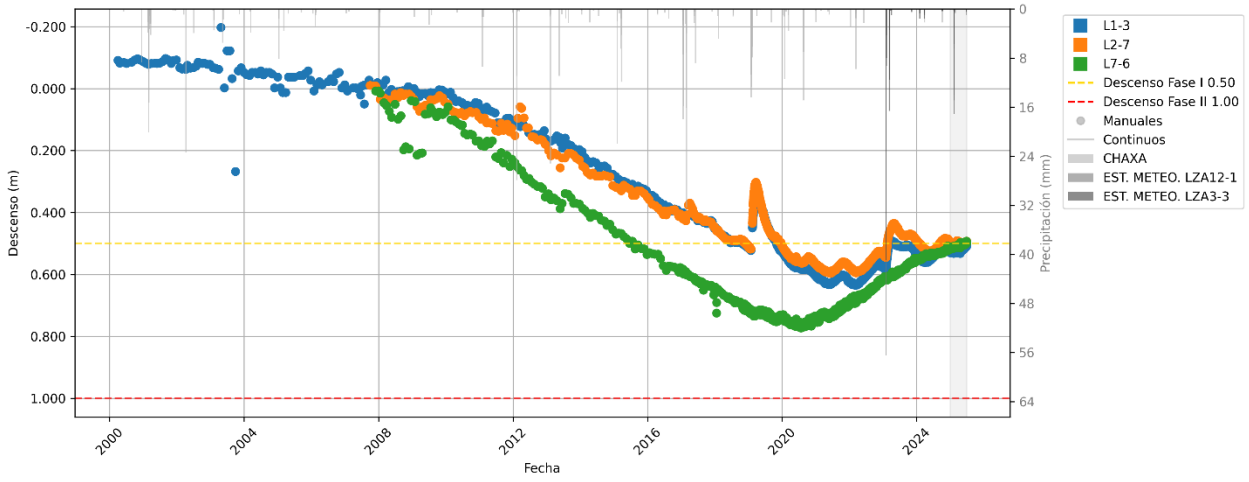
Los pozos del PC del subsistema Vegetación Brea-Atriplex corresponden a los indicadores L7-6, L1-3, L2-7, L2-28, L3-3, L4-7 y L9-1. Si bien los pozos L7-6, L2-7 y L4-7 no se ubican en zonas de vegetación Brea-Atriplex (ver Anexo 2), su evaluación se mantiene conforme a lo establecido en la RCA N°226/2006.

Estos indicadores han sido analizados en conjunto con otros puntos del PSAH, considerando el sistema hidrogeológico en el que se encuentran. En el Sistema Soncor (6.1.1) se incluyen los puntos L7-6, L1-3, L2-7 y L2-28; en el Sistema Aguas de Quelana (6.1.2), los indicadores L3-3 y L4-7; y el punto L9-1 ha sido evaluado dentro del Sistema de Vegetación Borde Este.

Cabe destacar que los pozos L7-6, L2-7, L228, L4-7 y L9-1 fueron definidos en la RCA como parte del PC para el resguardo del Sistema Vegetación Borde Este - Brea-Atriplex, sin embargo, durante su implementación se constató que su ubicación no era adecuada para dicho propósito. Por ello, adicionalmente se clasificaron los pozos L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25 como indicador de contingencia para este sistema. En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Resolución Exenta N°1/Rol F-041-2016, SQM define continuar con la clasificación de pozos PC del Sistema Vegetación Borde Este a todos los pozos definidos en la RCA como también los definidos voluntariamente por SQM.

Por otro lado, el pozo L1-3 fue reconstruido en 2012, luego de que el original quedara inutilizado por un aluvión. Esta situación fue informada en el Informe PSAH N°11/2012. Dado que el nuevo pozo presenta una leve variación en coordenadas y cota de referencia (+0,183 m), dicha diferencia se incorporó a partir de marzo de 2012 a la medición original de mayo de 2007. Los descensos respecto a los umbrales del PC para los puntos L7-6, L1-3 y L2-7 se presentan en la Figura 6-170.

Figura 6-170: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

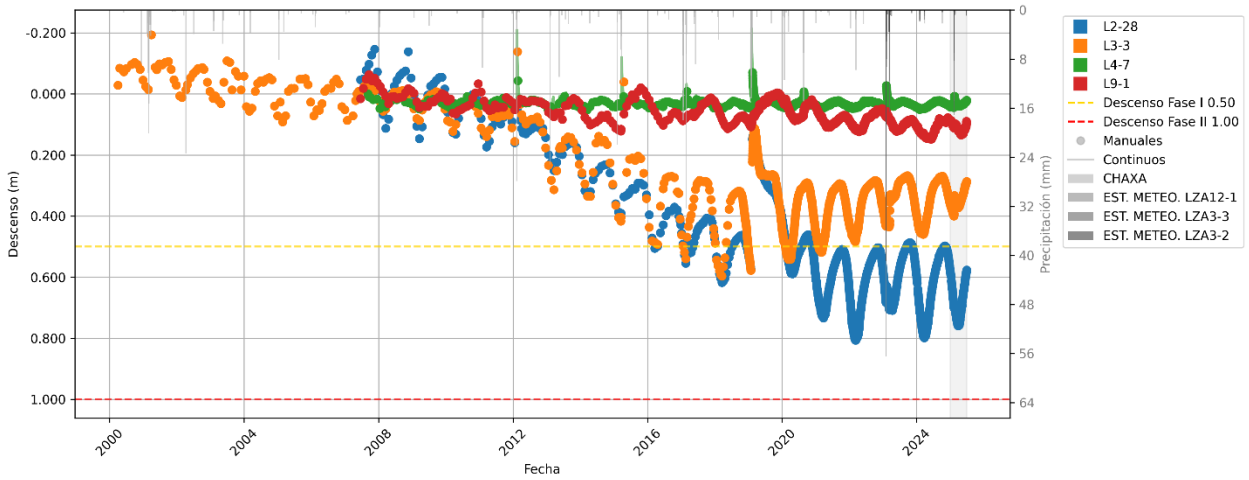
El punto L7-6, ubicado sobre la transecta L7 a unos 4 km aguas abajo del pozo Mullay-1, ha mostrado un comportamiento típico del acuífero aluvial, con un descenso continuo y sin respuesta a eventos de precipitación o evaporación. No obstante, desde 2020 se observa una pendiente ascendente, atribuida a la reducción en la extracción de agua de los pozos Allana y Mullay-1, lo que evidencia la efectividad de esta

medida sobre el sistema, aunque no haya estado directamente relacionada con activaciones en el Borde Este. Este indicador mantiene la Fase I activada desde junio de 2015 hasta el primer semestre de 2025, periodo durante el cual el pozo presentó sucesivas activaciones y desactivaciones desde abril a finales del semestre, desactivando por última vez en el periodo a reportar el 21 de junio.

Los pozos L1-3 y L2-7, ubicados en la parte distal del acuífero aluvial, aguas abajo de Mullay-1 y Allana, han presentado históricamente un comportamiento similar al de L7-6: descenso continuo sin respuesta a eventos meteorológicos. Sin embargo, desde 2020, ambos pozos han estabilizado sus niveles, mostrando incluso oscilaciones estacionales y *peaks* asociados a lluvias. Ambos activaron la Fase I en 2019 (L1-3 en junio y L2-7 en diciembre). En febrero de 2023, se observó un cambio en el patrón de niveles, asociado a la disminución de extracción de agua, y el pozo L2-7 registró un *peak* de recarga por lluvias, lo que permitió desactivar la Fase I. No obstante, en febrero de 2024 volvió a activarse, manteniéndose así hasta agosto, cuando recuperó su nivel y se desactivó la Fase II, condición que se mantuvo hasta el primer semestre de 2025. Por su parte, el pozo L1-3 ha permanecido con Fase I activada desde junio de 2019, mostrando una tendencia ascendente con respuestas evidentes a eventos de precipitación.

Los puntos L2-28, L3-3 y L9-1 presentan un comportamiento transicional entre el acuífero aluvial y la zona marginal, asociado a la interfaz salina (Figura 6-171). Estos indicadores se caracterizan por mostrar oscilaciones estacionales junto con una tendencia general de descenso en los niveles.

Figura 6-171: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

El indicador L2-28 se ubica aguas abajo del área comprendida entre los pozos Allana y Camar-2. Históricamente, mostró una marcada oscilación con una tendencia descendente sostenida. No obstante, a partir de 2020 se observa un cambio en el patrón: el descenso se detiene y los máximos estacionales comienzan a registrarse en cotas similares cada año (ver años 2021 y 2022). Este cambio se relaciona principalmente con la reducción en las extracciones de agua en el acuífero aluvial, tanto por parte de los pozos Mullay-1 y Allana como por la detención del pozo Camar-2. Desde 2017, este indicador ha activado y desactivado la Fase I en distintos ciclos estacionales. A partir de 2020, los niveles se han mantenido por debajo del umbral de activación. En septiembre de 2023, la Fase I se desactivó durante el ascenso hacia el máximo estacional, pero se reactivó en noviembre y permaneció activa hasta noviembre de 2024, cuando se produjo una breve desactivación de una semana. Posteriormente, la Fase I volvió a activarse, manteniéndose en ese estado hasta el primer semestre de 2025.

El punto L3-3, ubicado sobre la transecta L3, inmediatamente aguas abajo del pozo Camar-2, ha mostrado históricamente un comportamiento transicional entre el acuífero aluvial y la zona marginal, con una pendiente de descenso y oscilaciones estacionales. Sin embargo, desde 2018 —y con mayor evidencia tras las lluvias de febrero de 2019— se observa una reversión en la tendencia, adoptando una trayectoria ascendente con mantenimiento de la oscilación estacional. Este cambio se vincula directamente con la detención definitiva del pozo Camar-2 en 2018. El indicador ha activado y desactivado la Fase I en varias ocasiones desde 2017, debido a que los mínimos estacionales han superado el umbral de activación. A partir de 2022, los mínimos estacionales no han sobrepasado dicho umbral, lo que sugiere que el cese del pozo Camar-2 ha sido la causa de este cambio en el comportamiento de estos pozos.

Respecto al indicador L4-7, ubicado sobre la transecta L4, aguas abajo del pozo Socaire-5B, se ha mantenido históricamente estable, sin tendencia definida de ascenso o descenso, y con oscilaciones estacionales. Sus niveles se han mantenido consistentemente por encima del umbral de Fase I, con un promedio de 47 cm aproximadamente.

Finalmente, el punto L9-1, situado aguas abajo del pozo CA-2015, presenta un comportamiento transicional entre la zona marginal y el acuífero aluvial, con oscilaciones poco regulares. Entre 2007 y 2015, se observa una tendencia descendente con una pendiente promedio de 1,3 cm/año. A partir de marzo de 2015, el indicador comenzó a fluctuar con máximos y mínimos en cotas variables cada año, adoptando una

tendencia estable que difiere del comportamiento anterior. Desde 2015 hasta el primer semestre de 2025, los niveles se han mantenido aproximadamente 40 cm por encima del umbral de Fase I, registrando en junio de 2024 su descenso histórico más pronunciado, descenso que se repite durante el primer semestre de 2025, con un mínimo levemente superior al registrado durante el 2024.

6.2.5 SISTEMA BORDE ESTE – ALERA TEMPRANA

Los pozos del subsistema Alerta Temprana se ubican en el límite oriental del Sistema de Vegetación Borde Este, al este del Sistema Vegetación Brea-Atriplex. Estos puntos permiten detectar anticipadamente posibles efectos del bombeo de agua sobre las formaciones vegetales protegidas. Los indicadores de estado han sido analizados en función de su ubicación dentro de los sistemas hidrogeológicos: L7-13 y L2-25 en el Sistema Soncor; L4-3 y L3-11 en el Sistema Aguas de Quelana; y L9-1 en el Sistema Vegetación Borde Este.

Cabe destacar que los pozos L2-25 y L3-11 están localizados en sectores que no actuarían como alerta temprana, si bien se continúan monitoreando, SQM propuso en el marco del proceso sancionatorio Resolución Exenta N°1/Rol F-041-2016, mantener estos pozos como pozos de alerta temprana e incluir de manera voluntaria los pozos L2-26 y L3-15 para este fin.

El pozo L4-3 modificó su tendencia de descenso en 2014, iniciando desde entonces un ascenso sostenido que se ha mantenido hasta el 2025, como se observa en la Figura 6-172. Este comportamiento se considera anómalo en comparación con los pozos vecinos.

El punto L2-25, ubicado en el extremo oeste del acuífero aluvial, presenta un comportamiento transicional entre la zona aluvial y la zona marginal (Figura 6-173). Su serie histórica muestra un ascenso continuo y estable. Al cierre de este reporte, el nivel se mantiene aproximadamente 0,97 m por encima del umbral de activación de Fase II, definido como 0,88 m de descenso.

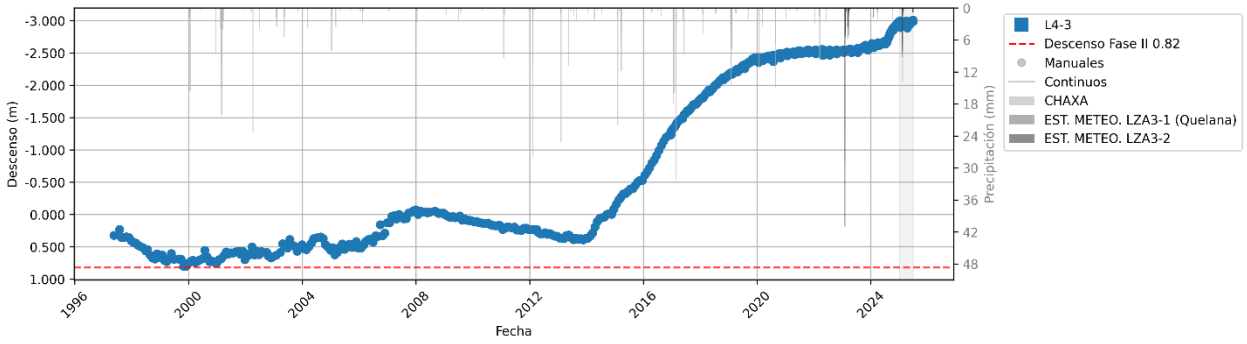
El pozo L7-13, situado sobre el acuífero aluvial del Sistema Soncor, presenta el comportamiento típico de esta zona: una tendencia de descenso sin oscilaciones estacionales (Figura 6-174). El registro histórico indica un descenso constante hasta 2020. A mediados de 2021, la pendiente se redujo y el nivel se estabilizó, iniciando posteriormente una tendencia ascendente, posiblemente vinculada a la disminución

en la extracción del acuífero. A junio de 2025, el pozo se situa 0,852 m por encima del umbral de activación de Fase II, definido como un descenso de 1,25 m.

Los puntos L3-11 y L9-1 se presentan en conjunto debido a que comparten el mismo umbral, aunque se encuentren en sectores distintos (Figura 6-175). El indicador L9-1 se ubica en el Sistema Vegetación Borde Este, en el extremo del acuífero aluvial, aguas abajo del pozo CA-2015. El punto L3-11 se localiza en el Sistema Aguas de Quelana, entre la interfaz salina y el núcleo, lo que lo hace poco representativo como indicador del estado de la vegetación del Borde Este. No obstante, se mantiene dentro del PC como parte del compromiso ambiental establecido en la RCA.

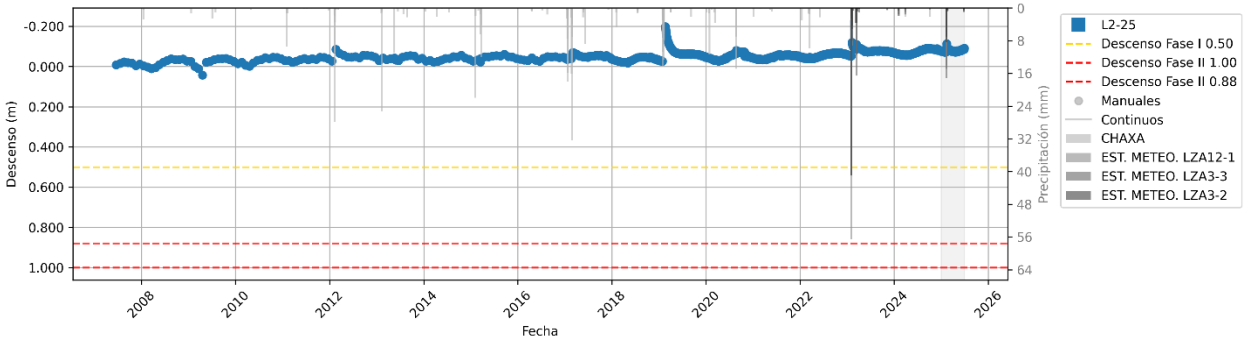
El indicador L9-1 ha mostrado un comportamiento oscilatorio con tendencia estable y leves variaciones en torno a la misma cota. Al cierre del primer semestre de 2025, se mantuvo aproximadamente 0,764 m por debajo del umbral de activación de Fase II, definido como un descenso de 0,86 m.

Figura 6-172: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral del subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia.

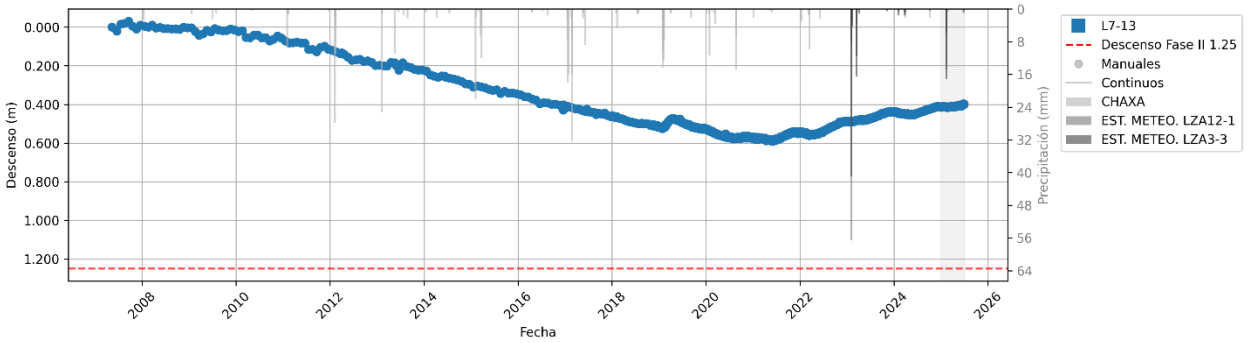
Figura 6-173: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral del subsistema Alerta Temprana del PC



Se presentan 2 descensos para Fase II, de 0.88 para Sistema Borde Este Alerta Temprana y de 1 m para Sistema Vegetación

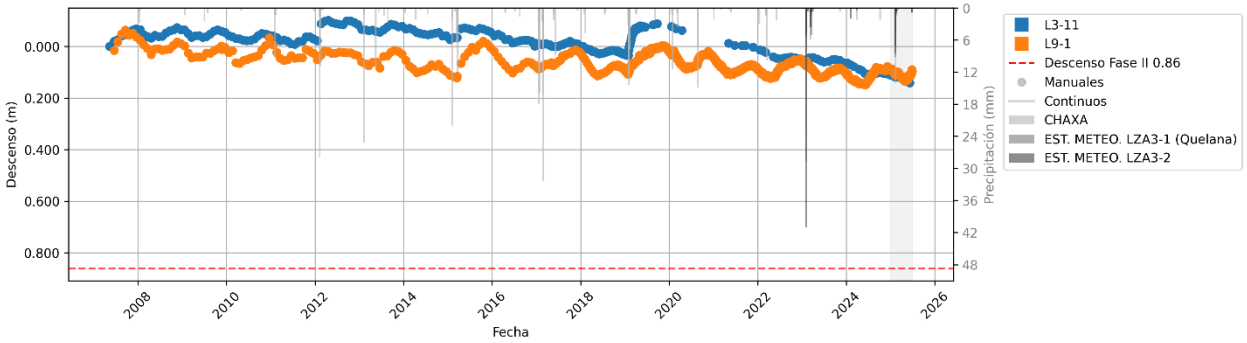
Borde Este Vegetación Brea-Atriplex. Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-174: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral del subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-175: Descenso indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia.

6.2.6 INDICADORES DE ESTADO SISTEMA PEINE

Tal como se establece en el Programa de Control (PC) presentado ante la SMA, se comprometió la aplicación de los umbrales de activación de Fase I y/o Fase II definidos para el Sistema Peine, tanto en el

seguimiento del proyecto aprobado por la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como en los pozos PN-05B y PN-08A, indicados en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16[22].

Para los pozos contemplados en la RCA N°226/2006, el PC propone contrastar las mediciones realizadas desde octubre de 2018 con los umbrales establecidos, los cuales varían anualmente de forma escalonada. En el caso de los pozos PN-05B y PN-08A, definidos en la RCA N°21/16, la adopción de medidas de control está condicionada al aviso de activación de Fase II por parte de la SMA.

Los umbrales de los indicadores 1028, L10-11 y L10-4 se actualizan anualmente, disminuyendo la cota en los meses de septiembre. El cambio de escalón se produce en el segundo semestre de cada año, por lo que el presente período reportado no refleja dicha actualización.

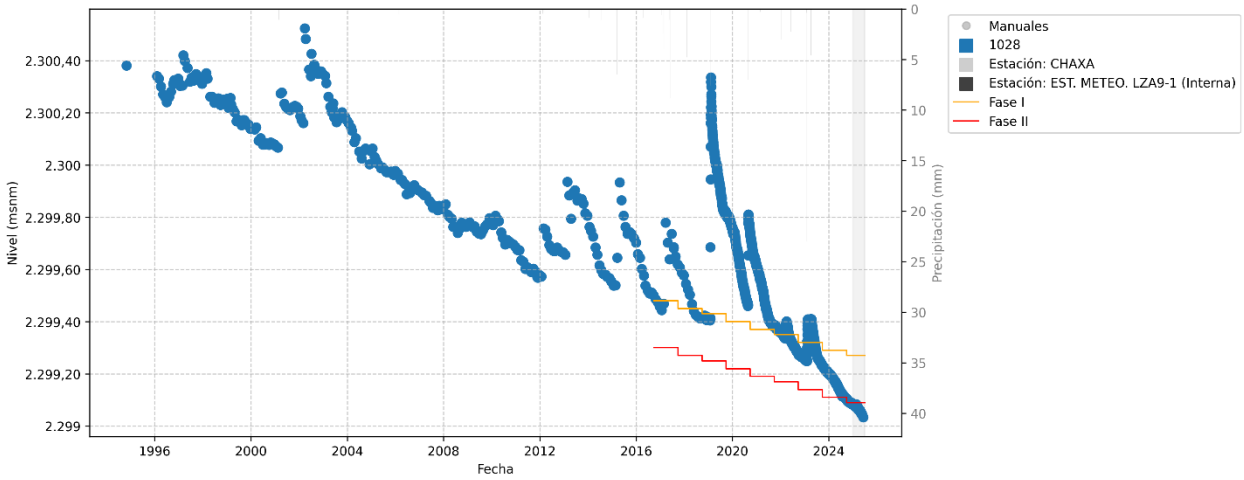
El pozo 1028, ubicado en las cercanías del punto de desborde de Interna, muestra un comportamiento asociado al núcleo del sistema (sección 6.1.4), con tendencia general al descenso y respuesta a eventos de lluvia. Desde 2022, ha registrado varias activaciones de Fase I (febrero y mayo de 2022, mayo de 2023). En mayo de 2023, el indicador superó el umbral de Fase I, evidenciando una marcada tendencia descendente. Como resultado, en agosto de 2024 se activó la Fase II. Posteriormente, en septiembre, se actualizó el escalón de Fase II, lo que llevó a su desactivación. Sin embargo, debido al continuo descenso, la Fase II se reactivó en noviembre del 2024, manteniéndose activa hasta el cierre del semestre (Figura 6-176).

El indicador L10-11 (Figura 6-177), ubicado en el núcleo, presenta un patrón de comportamiento similar al del pozo 1028, con variaciones influenciadas por eventos de precipitación y descensos sostenidos. Superó el umbral de Fase I en junio de 2021 y abril de 2022. Desde esta última fecha, permaneció activado hasta que, entre febrero y mayo de 2023, se produjo una desactivación temporal asociada al ascenso de nivel por lluvias. En mayo de 2023, volvió a activarse la Fase I, manteniendo una tendencia descendente. En

[22] Asimismo, mediante Resolución Exenta 1367/2020, de 6 de agosto de 2020, la aplicación de estos umbrales de activación para los indicadores de estado mencionados fue ordenada como medida provisional por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, medida que fue renovada mediante Resolución Exenta 2141/2020, de 28 de octubre de 2020 y Resolución Exenta Nº 962/2021, de 30 de abril de 2021.

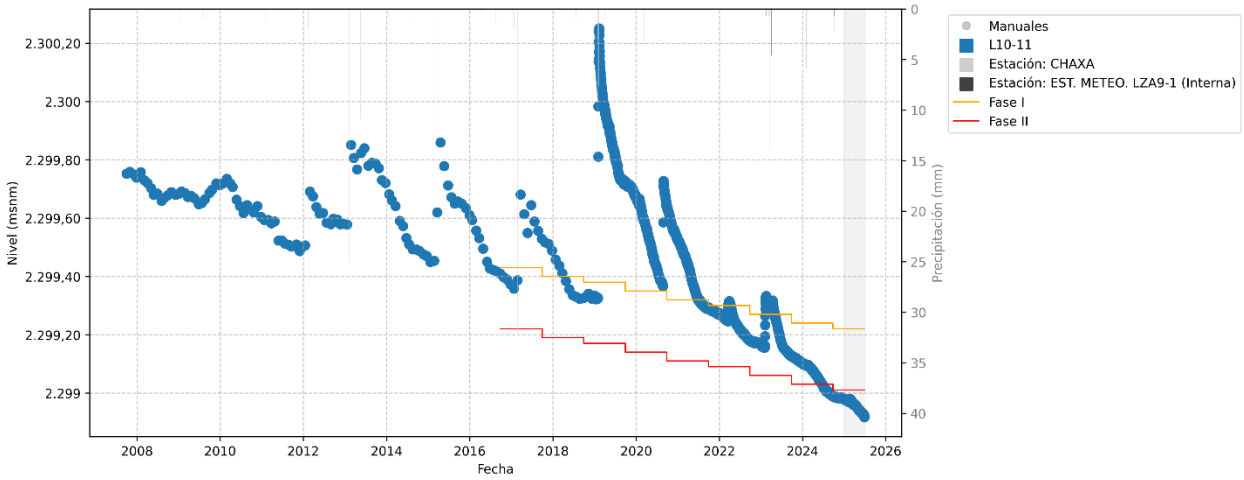
junio de 2024, el pozo sobrepasó por primera vez el umbral de Fase II, permaneciendo en este estado hasta finales del primer semestre de 2025.

Figura 6-176: Niveles medidos en 1028 junto con umbrales, pertenecientes al PC del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-177: Niveles medidos en L10-11 junto con umbrales, pertenecientes al PC del Sistema Peine

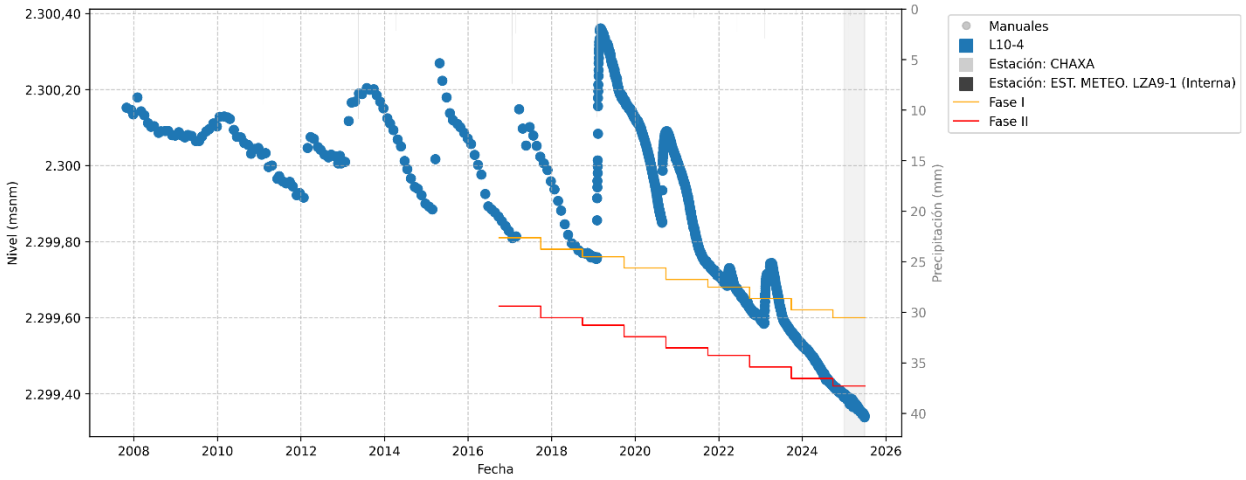


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El pozo L10-4 (Figura 6-178), ubicado en el extremo de la zona marginal y cercano al núcleo, presenta un comportamiento transicional entre ambas zonas. No obstante, debido a su proximidad al núcleo, sus variaciones son similares a las observadas en los puntos caracterizados como núcleo. De forma análoga a

los indicadores anteriores, activó la Fase I en mayo de 2022 y permaneció en ese estado hasta el primer trimestre de 2023, cuando se produjo una desactivación temporal por el peak de lluvias. En junio de 2023, el nivel volvió a superar el umbral de Fase I y, debido al descenso sostenido, se activó la Fase II en julio de 2024, manteniéndose en ese estado hasta el cierre del primer semestre del 2025.

Figura 6-178: Niveles medidos en L10-4 junto con umbrales, pertenecientes al PC del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

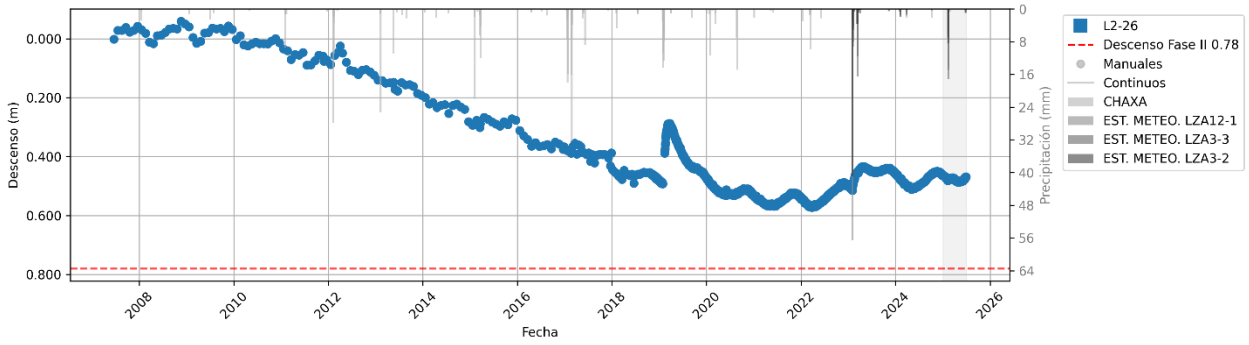
6.2.7 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIA

Tal como se indicó en la sección 5.2, y con el objetivo de fortalecer los resguardos sobre el Sistema Borde Este, SQM ha clasificado de manera complementaria al PC de seis pozos adicionales del PSAH, que no están incluidos en la RCA N°226/2006 como tal. Estos pozos son: L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25 (asociados al subsistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex), y L2-26 y L3-15 (asociados al subsistema Borde Este – Alerta Temprana). En la sección 6.1, estos indicadores fueron abordados según su pertenencia hidrogeológica: L7-14, L2-25 y L2-26 en el Sistema Soncor; L4-17 y L3-15 en el Sistema Aguas de Quelana; y L9-2 en el Sistema Vegetación Borde Este.

El pozo L2-26 (Figura 6-179), ubicado sobre la transecta L2, aguas abajo del pozo Allana, ha modificado su comportamiento a partir de la reducción en las extracciones de agua. Desde 2020, ha adoptado un patrón similar al de la Zona Marginal, en contraste con su comportamiento previo, más representativo del acuífero aluvial. A partir de 2022, se observa una tendencia ascendente, probablemente asociada a la

detención del pozo Allana en 2021 manteniéndose al menos 31 cm por sobre del umbral de activación de Fase II (estado desactivado) al cierre del primer semestre de 2025.

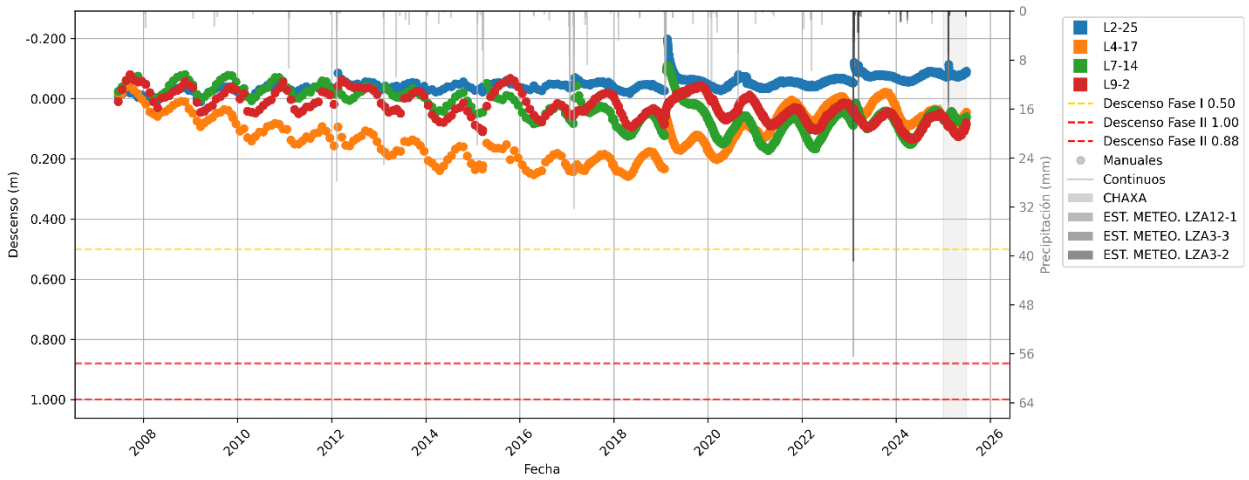
Figura 6-179: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

El resto de los pozos de este grupo presentan un comportamiento transicional entre el acuífero aluvial y la Zona Marginal. En la Figura 6-180 se grafican los descensos históricos de los pozos L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, mientras que en la Figura 6-181 se muestra el comportamiento del pozo L3-15.

Figura 6-180: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC



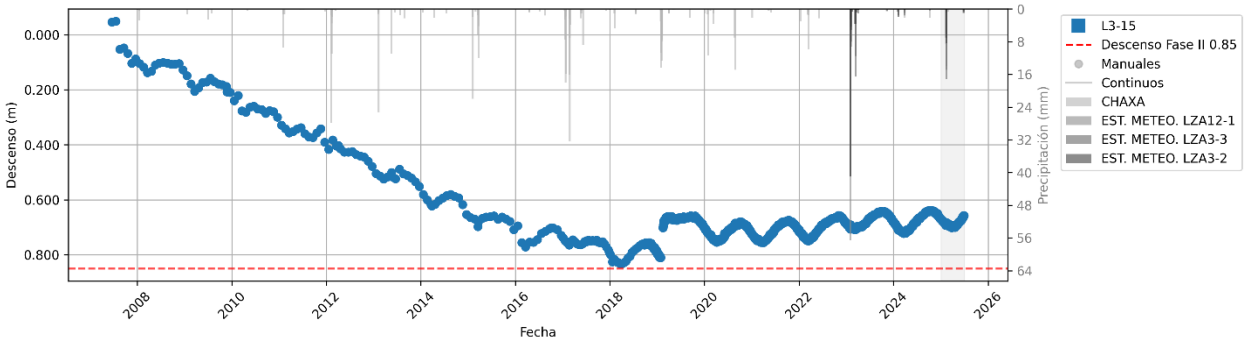
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al primer grupo (Figura 6-180), se aplicaron los umbrales de activación definidos para el subsistema Vegetación Brea-Atriplex. Desde 2007 a la fecha, ninguno de estos pozos ha descendido por

debajo del umbral de Fase I. A partir de 2020, se observa una tendencia general de ascenso atribuida a la reducción en las extracciones de agua.

El pozo L3-15 (Figura 6-181), ubicado aguas abajo del área comprendida entre los pozos Allana y Camar-2, presenta un comportamiento mixto entre el acuífero aluvial y la Zona Marginal. A partir de 2020, ha mostrado una tendencia ascendente en respuesta a la disminución de las extracciones. Para este indicador, el PC define únicamente el umbral de activación de Fase II, correspondiente a un descenso de 0,85 m. Al cierre del primer semestre de 2025, el nivel se encuentra al menos 19,2 cm por debajo de dicho umbral (estado desactivado), y de mantenerse la tendencia ascendente, se espera que esta distancia continúe aumentando.

Figura 6-181: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

7 CONCLUSIONES

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) asociado a la RCA Nº226/2006 cubre una amplia extensión espacial, consta de 225 puntos de monitoreo en los diferentes seguimientos, a lo que se suman los 46 puntos adicionales de carácter voluntario, completando un total de 271 puntos (Tabla 1-1). En estos puntos de monitoreo en los que se registran 45 parámetros diferentes, con diversas frecuencias de medición en función del punto, variable y parámetro objeto de control (desde medición continua a frecuencia semestral). En esta actualización se incluyen 21 puntos de monitoreo adicionales en respuesta a la Acción 16 del PdC, correspondientes a estaciones para monitoreo de variables meteorológicas (incorporando además 4 parámetros nuevos según lo recomendado en respuesta de la acción 16 del PdC), aforos y nivel de agua subterránea; y con ello la incorporación de dos sectores nuevos correspondientes a Sector Cuenca Salar de Atacama y Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña. Además, se incluyen 2 pozos complementarios a los pozos obturados naturalmente: MSW-252 y MSW-284, cuyos registros datan desde los años 2010 y 2012 respectivamente. Finalmente, en el Anexo 5 se incluyen los registros de nivel de agua subterránea de 23 puntos los que dan respuesta a la Resolución 1314.

El PSAH permite monitorear el comportamiento hidrogeológico del Salar de Atacama, proporcionando información crucial para la protección de los sistemas lacustres y vegetativos, así como también para mejorar el conocimiento del sistema hidrogeológico de la cuenca. Esta información sustenta las actualizaciones del modelo hidrogeológico comprometidas en la RCA Nº226/2006.

Durante el período semestral reportado, comprendido entre el 1 de enero al 30 de junio de 2025, se llevaron a cabo campañas de monitoreo de todos los puntos incluidos en el PSAH, de acuerdo con la frecuencia especificada. Sin embargo, no fue posible obtener resultados en varios puntos de control, debido a las restricciones de acceso, que se documentan y detallan en el capítulo 5 de este informe. La causa principal de la falta de información en algunos puntos fue la restricción de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF) para los Sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, y la falta de autorización de ingreso a las zonas sensibles de Sector Peine y Sector Cuña Salina.

A continuación, se describen las principales conclusiones de las variables de seguimiento específicas y del estado del Plan de Contingencias.

7.1 DE LOS NIVELES DE AGUA/SALMUERA SUBTERRÁNEA

Durante el primer semestre de 2025, los niveles registrados en los distintos pozos del sistema reflejan un comportamiento hidrogeológico coherente con su ubicación, evidenciando patrones característicos de las zonas Núcleo, Marginal y Aluvial, así como influencias de cuerpos de agua superficial y dinámicas transicionales entre zonas.

En la Zona Aluvial, los pozos presentan un patrón histórico de descenso, sin respuesta significativa a eventos de precipitación, pero sí influenciados por los conos de abatimiento generados por el bombeo de agua industrial. Tras el cese de extracción en el pozo Camar-2 (2018) y la reducción en Mullay-1 y Allana (2020), se observa una recuperación o estabilización de niveles en la mayoría de los puntos del acuífero aluvial. Esta recuperación también se manifiesta en la zona marginal adyacente, confirmando la extensión lateral del acuífero.

No obstante, los tiempos y magnitudes de respuesta a los cambios operacionales no han sido uniformes en toda la zona distal del acuífero aluvial ni en el inicio de la zona marginal. Estas diferencias reflejan la heterogeneidad en las propiedades hidráulicas del subsuelo, influenciadas por la interdigitación de depósitos sedimentarios de distinta granulometría (materiales finos, gruesos, clásticos y evaporíticos), lo que condiciona la propagación de los cambios en los niveles y genera variaciones espaciales en la recuperación.

En la Zona Marginal, los pozos muestran oscilaciones estacionales y respuesta variable a eventos de precipitación, dependiendo de su ubicación y condiciones hidrogeológicas. Los pozos más cercanos al acuífero aluvial han sido históricamente influenciados por la extracción de agua industrial, mostrando descensos y posterior estabilización por la reducción en el caudal extraído. En contraste, los pozos próximos a sistemas lagunares y la cuña salina reflejan una mayor relación con la dinámica de cuerpos de agua superficial. Los pozos ubicados al oeste de los sistemas lagunares, en particular aquellos que están localizados en el sector de salmuera, exhiben un descenso progresivo y sostenido. La recarga en esta zona ocurre principalmente de forma directa.

En el Sector Núcleo del salar, donde la extracción de salmuera tiene mayor influencia y la recarga es limitada, se mantiene conforme a lo esperado, con una tendencia de descenso continuo en los niveles, sin

estacionalidad marcada, pero con alta sensibilidad a eventos de precipitación, que generan aumentos centimétricos seguidos por descensos graduales. Los pozos cercanos a las zonas de producción de salmuera han registrado tasas de descenso aceleradas desde 2020.

Actualmente, existen tres pozos de la red de monitoreo del PSAH que se encuentran obturados y, por lo tanto, no cuentan con registros de nivel freático debido a condiciones físicas que impiden su medición. De estos, en dos casos se dispone de un pozo complementario que permite dar continuidad al monitoreo del sector. En el caso del pozo L2-24, el nivel freático se encuentra por debajo del punto de obturación, imposibilitando la medición directa. Para el pozo 1024, el seguimiento piezométrico puede continuar adecuadamente mediante el pozo MSW-284, ya que presentan niveles similares y un comportamiento representativo del núcleo. Asimismo, para el pozo 1001, el monitoreo se ha logrado retomar durante el primer semestre de 2025 tras una mantención destinada a profundizarlo; sin embargo, también se cuenta con el pozo MSW-284 como pozo complementario para asegurar la continuidad del registro en este sector. El tercer pozo obturado no dispone de un pozo complementario, por lo que no es posible continuar el monitoreo en ese punto específico.

7.2 DE LOS NIVELES DE AGUA SUPERFICIAL

Durante el primer semestre de 2025, los niveles de agua superficial en los distintos sistemas muestran un comportamiento oscilatorio influenciado por la estacionalidad, con variaciones asociadas a la dinámica de los cuerpos lagunares y a los procesos de recarga. Esta tendencia responde a factores como la movilidad de los flujos superficiales, la proximidad a surgencias de agua y la extensión de la superficie lacustre, que condicionan su estabilidad en el tiempo.

En el Sistema Soncor, los niveles han mantenido un patrón global relativamente estable, con oscilaciones estacionales. En la Reglilla Puilar (SQM y CONAF), se observa un comportamiento oscilatorio de largo período, con ciclos de ascenso y descenso de hasta 10 años. Desde el mínimo registrado en 2017, se evidencia una tendencia general ascendente. En el sector del Puente San Luis y la Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF), los registros muestran el mismo patrón oscilatorio, con una tendencia de aumento entre 2013 y 2017, seguida de una fase de estabilidad. Imágenes satelitales evidencian un aumento en el área de represamiento en el Puente San Luis, lo que sugiere una posible alteración en la distribución del flujo.

En la Reglilla Chaxa, el patrón se mantuvo estable hasta 2023, pero durante el verano 2023-2024-2025 se registraron mínimos estacionales históricos. En la Reglilla Barros Negros (SQM y CONAF), se observa un comportamiento descendente desde 2021, posiblemente relacionado con la expansión de la extensión lacustre hacia el Desborde Sur. Además, entre las lagunas Chaxa y Barros Negros se ha registrado una diferencia de nivel creciente desde 2020, lo que ha favorecido el flujo de agua a través del canal Burro Muerto e influido en el descenso de los niveles en la laguna Chaxa.

En el Sistema Peine, la Reglilla Salada ha mostrado registros estables a lo largo del periodo de monitoreo, aunque se han identificado mediciones puntuales con valores anómalos por debajo de lo esperado, posiblemente asociados a variaciones en los bordes del cuerpo lagunar por precipitados de sales o sedimentación. En la Reglilla Saladita, los niveles han oscilado en torno a una cota estable desde 2015, sin una tendencia clara. En la Reglilla Interna, las mediciones cesaron en 2015 por falta de cobertura de agua en el área de descarga.

Finalmente, en el Sector Vegas de Tilopozo, el único punto de monitoreo, la Reglilla Tilopozo, ha presentado históricamente un patrón oscilatorio estacional con una marcada tendencia ascendente. Sin embargo, desde 2022 se ha registrado una leve tendencia descendente, evidenciada en la disminución de los máximos y mínimos estacionales.

7.3 DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

Durante el primer semestre de 2025, los indicadores de estado en los distintos sistemas han mostrado comportamientos diferenciados, coherentes con sus condiciones hidrogeológicas y ubicación dentro del Salar de Atacama.

En el Sistema Soncor, los indicadores L1-5, L1-G4 Pozo y L1-G4 Reglilla han permanecido en Fase II desde su activación en abril de 2021. El desborde Cola de Pez, que anteriormente generaba recarga en las cercanías de estos puntos, ha modificado su patrón de descarga hacia el sur, dejando de influir en ellos. Esta migración ha sido identificada mediante imágenes satelitales históricas, atribuida a cambios en la topografía de los bordes lagunares y a procesos de depositación de sedimentos (Le Roux, 2017, 2018). Estos pozos presentan comportamiento tipo núcleo, con tendencia al descenso y respuesta rápida a eventos de precipitación.

El indicador L1-4 activó la Fase II por primera vez en enero de 2022. Tras las lluvias de febrero de 2023, se desactivaron ambas fases. Posteriormente, se reactivó la Fase I y luego la Fase II en noviembre de 2023, manteniéndose activa hasta el periodo reportado, en ausencia de precipitaciones significativas. Este pozo, al estar desconectado hidráulicamente del acuífero aluvial, no representa el estado del sistema agua, sino que actúa como referencia de los eventos de desborde desde el sistema lagunar. En tanto, el indicador L7-4 no ha superado los umbrales del Plan de Contingencia (PC) y ha mostrado oscilaciones propias de la evaporación y recarga estacional.

En el Sistema Aguas de Quelana, los indicadores L5-10 y L4-12 han presentado variaciones en sus activaciones. El pozo L5-10 muestra un comportamiento estacional, con picos en invierno y valles en verano, lo que ha generado activaciones sucesivas de las Fases I y II desde 2022. Desde octubre de 2023, mantiene la Fase II activa de forma continua. Por su parte, L4-12 activó la Fase II en noviembre de 2024, la desactivó en febrero de 2025, la reactivó en marzo y volvió a desactivarla en mayo. En junio de 2025, desactivó la Fase I, permaneciendo sin activación hasta el cierre del semestre.

En el Sistema Vegetación Borde Este, los pozos L1-17 y L2-27 activaron sus Fases I y II en tres ocasiones entre 2020 y 2022, producto de un cambio en el comportamiento del sector desde 2020, cercano a las vegas de Carvajal y Quelana, donde los mínimos estacionales se han registrado a cotas más bajas. Durante el primer semestre de 2024, ambos indicadores activaron la Fase I en febrero y la Fase II en marzo. Posteriormente, L1-17 desactivó la Fase II en mayo y L2-27 en junio. En el primer semestre de 2025, L2-27 activó la Fase I en marzo, la Fase II en abril, desactivó la Fase II en mayo y la Fase I en junio, cerrando el semestre con niveles por sobre los umbrales. Ambos pozos han registrado mínimos históricos en sus niveles.

En el Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex, los indicadores L2-7, L1-3 y L2-28 han mantenido la Fase I activa desde 2020. En el caso de L7-6, desde 2016, desactivando la Fase I en junio de 2025. En general, estos puntos muestran ascensos de nivel tras eventos de precipitación, con excepción de L7-6. Se encuentran en un área influenciada por la reducción de extracciones en los pozos Mullay-1 y Allana, lo que ha favorecido la estabilización o ascenso de niveles.

En el Sistema Peine, los indicadores 1028, L10-11 y L10-4 han mantenido activaciones sucesivas en los últimos años. El indicador 1028 superó el umbral de Fase I en mayo de 2023 y activó la Fase II en agosto de 2024, desactivándola temporalmente en octubre por un descenso en el nivel, y reactivándola en noviembre. L10-11 activó la Fase II en junio de 2024 y L10-4 en julio, manteniéndose ambos en ese estado hasta el cierre del periodo a reportar. Estas oscilaciones, en torno a umbrales escalonados, evidencian la sensibilidad de estos puntos a eventos de precipitación, lo que explica la variabilidad en sus activaciones.

Respecto a los indicadores PN-05B y PN-08A del PAT Sector Alerta Núcleo de Albemarle, según lo informado en la carta de activación GMAL 397/2024, el indicador PN-08A activó la Fase II el 15 de julio de 2024.

Finalmente, la revisión de registros históricos ha permitido reevaluar la idoneidad de ciertos pozos originalmente incluidos en el Plan de Contingencia asociado a la RCA N°226/2006. Tras más de 17 años de monitoreo y estudios posteriores, se ha evidenciado que algunos puntos no responden adecuadamente a cambios hidrogeológicos relevantes para los objetos de protección, ya sea por su ubicación en unidades hidrogeológicas distintas o por una respuesta temporal tardía. Este conocimiento ha sido clave para fundamentar ajustes en el diseño del monitoreo, como se detalla en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) “Plan de Reducción de Extracciones en el Salar de Atacama”, actualmente en tramitación.

7.4 DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

El análisis histórico de las variables meteorológicas asociadas a la RCA N°226/2006 considera precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, junto con variables adicionales incorporadas en cumplimiento de la Acción 16 del Programa de Cumplimiento (PdC) F-041-2016: dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación global. Para las estaciones KCL y Chaxa, se cuenta con registros desde 1999. En el caso de las estaciones adicionales, los registros se encuentran disponibles desde finales de 2022, mientras que aquellas instaladas durante 2023 cuentan con datos a partir de ese año.

Además de las estaciones meteorológicas Chaxa y KCL, consideradas en reportes anteriores, se incorporaron las estaciones LZA3-1 (Quelana), LZA3-2, LZA12-1, LZA12-2, LZA7-1, LZA7-2, LZA3-3, LZA9-1

(Interna), LZA10-1, SOP, Cordillera de la Sal, Domeyko, Llano de la Paciencia, LZA12-3, Cerro Cosor y El Tatio, todas con reporte completo de variables.

Durante el primer semestre de 2025, se registraron eventos de precipitación aislados, concentrados principalmente en febrero y, en menor medida, en junio. La distribución fue espacialmente heterogénea, con mayor recurrencia en estaciones ubicadas en altitudes intermedias.

En febrero, las estaciones generales reportaron acumulados mensuales variables, con máximos de 23,7 mm en Chaxa, 23,4 mm en LZA3-3 y 22,0 mm en LZA12-1. También se registraron valores menores, como 16,5 mm en Llano de la Paciencia, 15,8 mm en LZA3-1, 11,6 mm en LZA10-1 y 7,9 mm en LZA12-2, entre otros.

En junio, se observaron lluvias puntuales el día 25, con registros entre 0,3 mm y 2,1 mm, siendo este último el máximo diario registrado en LZA7-2. También destacaron acumulados de 8,0 mm en Llano de la Paciencia, 7,9 mm en Domeyko y 1,7 mm en Cordillera de la Sal.

Las estaciones de alta montaña, Cerro Cosor y El Tatio, presentaron mayores acumulados en febrero, con 28,0 mm y 124,5 mm respectivamente, reflejando una mayor intensidad y frecuencia de eventos en zonas sobre los 4.000 m s.n.m.

La evaporación presentó una marcada oscilación estacional, con máximos en verano y un descenso progresivo hacia el invierno. Este comportamiento se relaciona directamente con la disminución en la radiación global, la temperatura del aire y el aumento de la humedad relativa en todas las estaciones meteorológicas analizadas.

En enero, los valores promedio de evaporación diaria oscilaron entre 11,9 y 13,4 mm/día, mientras que en junio descendieron a rangos entre 4,5 y 6,8 mm/día. Las temperaturas promedio en estaciones de baja y media altitud se ubicaron entre 16,9 °C y 20,8 °C en enero, y entre 7,2 °C y 10,8 °C en junio. La humedad relativa en estas estaciones fluctuó entre 19,4% y 28,1% en enero, con máximos puntuales superiores al 65%, y aumentó en junio a valores promedio entre 23% y 28%.

Por su parte, las estaciones de alta montaña (Cerro Cosor y El Tatio) registraron temperaturas más bajas, con promedios entre 5,1 °C y 8 °C en enero, y entre –2,7 °C y –1,2 °C en junio. La humedad relativa fue

significativamente mayor, con promedios semestrales de 47,56% en El Tatio y 37,34% en Cerro Cosor, alcanzando máximos de hasta 99,99% en ciertos periodos.

La radiación global disminuyó gradualmente durante el semestre. En enero, los valores en estaciones generales se ubicaron entre 360 y 409,2 W/m², descendiendo en junio a entre 170,2 y 202,4 W/m². En estaciones de alta montaña, los rangos fueron ligeramente inferiores, con registros entre 339,4 y 377,6 W/m² en enero, y entre 193,2 y 198,5 W/m² en junio.

Este patrón refleja una alta demanda evaporativa durante el verano, impulsada por la radiación solar y condiciones de baja humedad, que se atenúan hacia el invierno. Las diferencias observadas en temperatura y humedad entre estaciones responden principalmente a la altitud y características geográficas de cada ubicación.

La velocidad del viento presentó una disminución progresiva hasta mayo, seguida de mayor variabilidad en junio. En estaciones generales, los promedios oscilaron entre 2,0 y 4,5 m/s. En El Tatio, se registraron episodios más intensos que en Cerro Cosor, reflejando condiciones más ventosas en esa zona.

La dirección del viento mostró variaciones moderadas durante el semestre. En estaciones generales, las medianas se mantuvieron entre 158,7° y 235,9°, con ligeras fluctuaciones. En estaciones de alta montaña, como El Tatio y Cerro Cosor, se observaron rangos más amplios, entre 0° y 350°, influenciados por la topografía local.

La presión atmosférica se mantuvo dentro de los rangos históricos, presentando variaciones acordes a la altitud de cada estación meteorológica. Estas diferencias son esperables, dado que las estaciones ubicadas a mayor altura registran presiones más bajas, mientras que aquellas en zonas de menor altitud presentan valores más elevados.

7.5 DE LA EXTENSIÓN LAGUNAR

Durante el primer semestre de 2025 se realizó la medición de la superficie lagunar en el Sistema Soncor (Laguna Puilar, Barros Negros y Laguna Chaxa) mediante imágenes satelitales de alta resolución, conforme a la frecuencia trimestral establecida en el Programa de Cumplimiento (PdC). Esta metodología fue complementada con datos obtenidos en terreno a partir de puntos de control cercanos a las fechas de

captura satelital, incluyendo mediciones de extensión lagunar mediante estacas perimetrales. Asimismo, se efectuó el levantamiento topográfico del perímetro lagunar en las tres lagunas mencionadas, cumpliendo con el compromiso de realizar esta medición cada cinco años.

En la Laguna Puilar, los datos satelitales evidenciaron una leve disminución de superficie, pasando de 63.933 m² en enero a 61.309 m² en abril, lo que representa una reducción del 4%. Al comparar enero de 2024 con enero de 2025, se observa un incremento del 1,9%, mientras que abril muestra una disminución del 1% respecto al mismo mes del año anterior. El levantamiento topográfico realizado en mayo de 2025 reportó una superficie de 63.368,4 m². Desde 2019, cuando la laguna alcanzaba aproximadamente 62.000 m², se ha observado una tendencia decreciente con fluctuaciones estacionales desde el inicio de las mediciones trimestrales en 2022.

En el cuerpo principal de Barros Negros, la superficie lagunar aumentó un 14% entre enero (744.659 m²) y abril (849.532 m²) de 2025. Comparando enero de 2024 con enero de 2025, se registra una disminución del 1,4%, mientras que abril muestra un incremento del 3% respecto al año anterior. El levantamiento topográfico realizado en marzo de 2025 arrojó una superficie de 878.273,6 m².

En la Laguna Chaxa, se observó una disminución del 1,6% entre enero (284.501 m²) y junio (279.817 m²) de 2025. Las comparaciones interanuales indican aumentos del 1,5% en enero y del 1,4% en abril. El levantamiento topográfico efectuado en mayo de 2025 reportó una superficie de 286.376,9 m². Desde 2022, se ha identificado una estacionalidad en esta laguna, con valores máximos generalmente registrados en el segundo y tercer trimestre del año.

En el Sistema Aguas de Quelana, la superficie lagunar aumentó un 3,5% entre enero (154.649 m²) y abril (160.071 m²) de 2025. Sin embargo, al comparar con los mismos meses de 2024, se observa una disminución del 29,3% en enero y del 38,2% en abril. Esta variabilidad estacional es consistente con el comportamiento observado en años anteriores, donde los valores más altos se registran en el segundo semestre, seguidos por una disminución hacia fin de año.

En el Sistema Peine, durante el semestre solo fue posible realizar mediciones mediante imágenes satelitales debido a restricciones de acceso. Se intentó efectuar el levantamiento topográfico en el

Desborde de Laguna Interna, pero el acceso parcial impidió completar la actividad, por lo que esta metodología no se incluye en el presente informe.

La Laguna Salada presentó una leve reducción de superficie, pasando de 172.846 m² en enero a 172.712 m² en abril, equivalente a una disminución del 0,07%. Comparando con los mismos meses de 2024, se observa una reducción del 0,005% en enero y un aumento del 1% en abril.

Laguna Saladita mostró un incremento del 4% entre enero (78.298 m²) y abril (81.736 m²) de 2025. En comparación con los mismos meses de 2024, se registran disminuciones del 8,2% en enero y del 0,3% en abril.

Finalmente, el Desborde de Laguna Interna presentó un aumento significativo de superficie, pasando de 34.109 m² en enero a 62.072 m² en abril, lo que representa un incremento del 82%. Comparado con los registros de 2024, se observa una disminución del 4,5% en enero y un aumento del 9% en abril, lo que sugiere una mayor disponibilidad hídrica en este sector durante el semestre.

7.6 DE LOS CAUDALES DE AGUA SUPERFICIAL

Durante el primer semestre de 2025, se mantuvieron mediciones continuas y manuales en el punto Puente San Luis, ubicado aguas arriba de la Laguna Chaxa, correspondiente al Sistema Soncor. En el punto Barros Negros, solo se realizaron mediciones en mayo y junio, debido a restricciones de acceso en la Reserva Nacional Los Flamencos (RNLF), conforme al Protocolo de Ingreso aprobado por la Resolución N°56/2019 de CONAF y las comunidades locales.

Asimismo, se mantuvo el monitoreo en las estaciones de aforo del Sistema Vegetación Borde Este, en el marco de la Acción 16 del Programa de Cumplimiento (PdC) F-041-2016. Las estaciones incluidas fueron: Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Aguas Blancas Oeste, Quebrada Camar y Quebrada Soncor, lo que permitió ampliar la cobertura del monitoreo y mejorar la comprensión de la dinámica de los caudales en la región.

En Puente San Luis, los caudales registrados por el ETFA de terreno mostraron un incremento durante el semestre. Se excluye la medición de febrero, que alcanzó un valor histórico de 224,5 m³/s, coincidente con eventos de precipitación. Comparando los valores de enero (89,3 m³/s) y junio (151,53 m³/s), se observa

un aumento del 69,7%. Se mantiene la variabilidad estacional observada en años anteriores, con máximos en la primera parte del semestre y una disminución progresiva hacia los meses finales. En períodos secos (2008–2012), los caudales superficiales presentan mínimos en verano y máximos en invierno, mientras que en años más húmedos (2012–2019), los eventos de precipitación generan aumentos abruptos que pueden enmascarar la evolución estacional.

En Barros Negros, las mediciones realizadas por SEGEA en mayo y junio registraron un caudal promedio de 262 L/s. Al comparar con el registro de julio de 2024, se evidencia un incremento del 26,16%.

En el Sistema Borde Este, la estación Quebrada Aguas Blancas Oeste se mantuvo como la de mayor caudal, alcanzando valores cercanos a los 250 L/s. En contraste, las estaciones Quebrada Aguas Blancas Tranque, Quebrada Camar y Quebrada Soncor presentaron caudales significativamente menores, en torno a los 50 L/s. Se observó una tendencia descendente en los aforos de Camar, Tranque y Soncor, mientras que Aguas Blancas Oeste mostró un aumento en sus registros durante el periodo.

En el Sistema Peine, no se realizaron mediciones en los puntos Salada y Saladita debido a la falta de autorización de acceso por parte de la comunidad de Peine. Históricamente, estos puntos han mostrado oscilaciones con una frecuencia superior a la anual, no necesariamente asociadas a eventos estacionales. En el caso de Saladita, los datos históricos indican ciclos ascendentes entre 2009 y 2012, seguidos de descensos entre 2013 y 2018. No obstante, la discontinuidad en los registros impide confirmar estos patrones en la actualidad.

7.7 DE LA CALIDAD QUÍMICA DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Las muestras analizadas corresponden a pozos de monitoreo, pozos de agua industrial y reglillas distribuidas en cada sistema, desde la Zona Aluvial en el borde este del Salar de Atacama, atravesando la Zona Marginal como área de transición hacia el oeste, hasta el Núcleo. La concentración de los distintos parámetros evidencia una evolución en la composición del agua, con un enriquecimiento progresivo en sales desde el este hacia el núcleo del salar.

En el Sistema Peine, ubicado al sur del Salar de Atacama, se cuenta con puntos de muestreo en las zonas Marginal y de Núcleo. En relación con la calidad fisicoquímica de las aguas superficiales y subterráneas, se

concluye que la mayoría de los parámetros monitoreados durante el primer semestre de 2025 se mantienen dentro de los rangos históricos. Las excepciones observadas no indican alteraciones en las características de los sistemas ni anomalías en la metodología de muestreo o en los análisis de laboratorio.

Los cambios de tendencia históricos más relevantes corresponden al aumento en los sólidos disueltos totales, registrado desde 2016 y vigente hasta la fecha. Esta tendencia no se observa en los pozos de bombeo de agua industrial, donde los valores se han reducido o estabilizado dentro del rango histórico. El incremento de sólidos disueltos totales en los demás puntos fue abordado en el PSAH N°26/2019, el cual concluye que dicho aumento no se relaciona con modificaciones en el acuífero, sino con cambios en los protocolos de muestreo, transporte y tratamiento de las muestras en laboratorio.

7.8 DE LOS CAUDALES BOMBEADO DE AGUA

De acuerdo con el registro histórico, todos los pozos incluidos en el Programa de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) han operado con caudales inferiores a los autorizados ambientalmente. En el marco del Programa de Cumplimiento (PdC), Acción N°8, se ha reducido en un 50% la extracción de agua industrial, alcanzando un caudal de 120 L/s.

La totalidad de los pozos de bombeo contemplados en el PSAH han mantenido extracciones por debajo del límite establecido en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N°226/2006.

En el sector este del Sistema Soncor, los pozos Mullay-1 y Allana, con derechos de aprovechamiento y aprobación ambiental para una extracción máxima de 40 L/s cada uno, registraron caudales promedio semestrales de 11,17 L/s y 2,92 L/s, respectivamente.

En la Zona Aluvial, próxima al Sistema Aguas de Quelana, la extracción de agua industrial se concentra en el pozo Socaire-5B, dado que el pozo Camar-2 fue desmantelado. Durante el primer semestre de 2025, Socaire-5B operó con un caudal promedio de 62,45 L/s, manteniéndose por debajo del umbral autorizado de 65 L/s.

En el Sistema Vegetación Borde Este, el pozo CA-2015, que reemplazó al pozo P2 en 2017, ha mantenido su operación dentro del límite autorizado de 35 L/s, con un caudal promedio de 27,52 L/s durante el periodo evaluado.

7.9 DE LA POSICIÓN DE LA CUÑA SALINA

La cuña salina, que representa la transición entre el agua dulce del acuífero aluvial y la salmuera del acuífero del núcleo, ha mantenido su posición estable en los distintos sistemas monitoreados, manteniendo un equilibrio en la transición entre el acuífero aluvial y el núcleo del salar.

En el Sistema Soncor, los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 muestran valores de CE superiores a 200 mS/cm, lo que indica que los flujos subterráneos provienen del núcleo del salar sin interacción con el acuífero de agua dulce-salobre del margen este. A lo largo del período de monitoreo, los valores de CE en estos pozos se han mantenido estables, salvo oscilaciones puntuales, sin evidencia de desplazamiento de la interfaz salina.

En el Sistema Aguas de Quelana, los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3 han mostrado un comportamiento estable en la profundidad de la interfaz salina. En el pozo Cuña 4, ubicado más al este, se han registrado menores valores de CE en los niveles superficiales, con una zona de transición bien definida a 55 m de profundidad, la cual no ha presentado variaciones significativas a lo largo del tiempo. En el punto más al este del sistema, el pozo L4-3, la interfaz salina se encuentra a 40 m de profundidad, manteniéndose en equilibrio con ligeras oscilaciones entre campañas, pero sin una tendencia clara de avance o retroceso.

En el Sistema Peine, los perfiles de conductividad en los pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1 indican estabilidad en la ubicación de la cuña salina. En el pozo Cuña 7, la interfaz se encuentra muy próxima a la superficie, mientras que en L10-1, la zona de transición se ha mantenido en torno a los 50 m de profundidad, sin cambios significativos en los registros históricos. En el pozo Cuña 6, el mayor quiebre de CE se encuentra a 70 m, con una tendencia estable a lo largo de los años.

8 REFERENCIAS

Amphos 21 Actualización del modelo conceptual del sector Soncor, Informe para SQM [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2009a.

Boutt David [y otros] Imbalance in the modern hydrologic budget of topographic catchments along the western slope of the Andes (21-25ºS): implications for groundwater recharge assessment [Journal] // Hydrogeology Journal. - [s.l.] : Springer, 2021. - págs. 985-1007.

Fetter Charles Willard Applied Hydrogeology [Libro]. - New Jersey : Prentice Hall, 2001.

FLOW Protocolo de validación de datos químicos. Salar de Atacama y Salar del Carmen [Informe]. - 2023.

FLOW Situación del punto L1-G4 Reglilla en el PSAH [Informe]. - 2023.

Hidroestudios Informe de investigación Activación fase II indicador de estado L2-27 (marzo 2021) [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2021.

Hidroestudios Informe investigación Activación Fase II L1-17 (marzo 2021) [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2021.

IDAEA-CSIC Informe de Efectividad de Acción [Informe]. - Barcelona : [s.n.], 2018.

IDAEA-CSIC Informe de Investigación producto de la activación del plan de contingencia en los puntos L1-5 y reglilla L1-G4 [Informe]. - Barcelona : [s.n.], 2018.

Marazuela M. A [y otros] 3D mapping, hydrodynamics and modelling of the freshwater-brine mixing zone in salt flats similar to the Salar de Atacama (Chile) [Journal] // Journal of Hydrology 561. - 2018. - págs. 223–235.

SGA Soluciones en Gestión Ambiental Estudio hidrogeológico y modelo numérico Sector Sur del Salar de Atacama (Anexo 1). Estudio de Impacto Ambiental proyecto "Modificaciones del Sistema de Pozas de Evaporación solar en el Salar de Atacama de Rockwood Lithium" [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2015.

SMA Resolución exenta N°223: 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 [Informe]. - 2015.

SQM INFORME Nº 19 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2016.

SQM SpA. Propuesta de actualización del plan de seguimiento ambiental hidrogeológico [Informe]. - 2024.

Urrutia Javier [y otros] Processes explaining the origin and evolution of groundwater composition in the Andean Precordillera and Altiplano of the Tarapacá Region of northern Chile [Journal] // Science of the Total Environment. - [s.l.] : Elsevier, 2021.

Yang J. [y otros] Visualization of Aqueous Geochemical Data Using Python and WQChartPy [Journal] // Groundwater. - 2022.

9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES

9.1 GLOSARIO

Antepozo: Tubería metálica o de PVC que protege a un pozo.

Cota piezométrica: Altura del agua/salmuera respecto al nivel medio del mar.

Cota de punto de referencia: Altura del punto de referencia respecto al nivel medio del mar, desde donde se mide el nivel del agua y/o salmuera.

Cota punto: Definición equivalente a Cota de punto de referencia indicada en los Informes Nº1 y Nº2 de Integrant, 2007.

Georreferenciación: Proceso que consiste en ligar o relacionar una información geográfica a uno o varios puntos en común.

Indicador de estado: Se refiere a un parámetro o punto de monitoreo utilizado para evaluar y reportar la condición de un sistema hidrogeológico o ambiental en un momento dado.

Limnímetro: Reglilla graduada para medición de nivel.

Nivel freático: Termino hidrológico referente a la superficie superior de la zona de saturación en un acuífero.

Remedición: medición que se realiza sobre un punto ya medido previamente, con la finalidad de ratificar el resultado original.

Salmuera: Solución altamente concentrada en sales, puede estar presente de manera superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a 100.000 mg/L. o análogamente de acuerdo a lo definido en este informe para el Salar de Atacama, con conductividades > a 142,9 mS/cm.

Sistemas ambientales: Sectores con valor ambiental, donde se encuentran los objetos de protección ambiental obligatorios estipulados en la RCA 226/2006 para el Salar de Atacama. En específico estos sistemas son 4 y corresponden a Sistema Soncor, Sistema Aguas de Quelana, Sistema Vegetación Borde Este y Sistema Peine.

Sector: Lugar o zona geográfica con valor hidrogeológico o ambiental. En específico estos sectores son 5 y corresponden a Sector Vegas de Tilopozo, Sector Núcleo del Salar de Atacama, Sector Cuña Salina (como parte de los compromisos de la RCA), Sector Cuenca Salar de Atacama, y Sector Estaciones Meteorológicas de Alta Montaña.

Zonas de Interés Ambiental: En la zona marginal del Salar de Atacama se han identificado cuatro sectores con valor ambiental, donde se encuentran los objetos de protección ambiental según lo estipulado tanto en la RCA N°226 del año 2006 como en estudios de terceros en la zona de estudio. Las zonas de interés ambiental corresponden a sectores con un valor ambiental y ecológico en el área de estudio. Dichos sectores corresponden, de norte a sur, a: Sistema Soncor, Sistema Aguas de Quelana, Sistema Vegetación borde Este, Sistema Peine y Sistema Tilopozo, todos los cuales se ubican principalmente en la zona marginal del Salar de Atacama

Zona marginal: La zona marginal del salar se ubica a elevaciones entre 2.300 y 2.320 m.s.n.m., en el margen sureste, este y noreste del núcleo. Se caracteriza por presentar gradientes topográficos muy bajos, sin escorrentía superficial durante todo el año, salvo por el Canal de Burro Muerto originado por la surgencia de agua subterránea. La litología de esta zona es fundamentalmente de tipo carbonatada, sulfatada, clorurada y detrítica tipo arena fina, limo y arcilla más material orgánica, con contenidos de humedad perceptibles en una imagen satelital producto de niveles someros de agua subterránea, lo que en algunos sectores puede justificar la presencia de cuerpos lagunares debido a la dinámica con la interfaz agua-salmuera.

Zona de transición: Agua superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos entre 3.000 y 100.000 mg/L. o análogamente, aguas con conductividades entre 2,2 y 142,9 mS/cm. Zona intermedia entre la Zona Marginal al este y el núcleo al oeste.

Zona Núcleo: Se caracteriza por presentar poca variación altitudinal, siendo prácticamente una superficie totalmente plana, sin escorrentía superficial durante todo el año. La litología de esta zona es prácticamente costra salina de Cloruro de Sodio. Se considera que esta superficie representa la cota más baja de la cuenca.

Zona Aluvial: Se caracteriza por presentar gradientes topográficos bajos a medios, sin escorrentía superficial durante la mayor parte del año, salvo durante eventos de crecidas. La litología de esta zona es de tipo detrítico aluvial y en pequeñas proporciones de tipo eólico. En esta zona, la escorrentía proveniente de las subcuencas se infiltra recargando los acuíferos asociados.

9.2 ABREVIACIONES

BM: Balance de masa, corresponde a un criterio de validación analítica que evalúa la relación matemática que existe entre sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos totales

C.: Registros Continuos de nivel.

DGA: Dirección General de Aguas.

EBI: Error de Balance Iónico, corresponde a un criterio de validación analítica que evalúa si la suma de las concentraciones de cationes y aniones en una muestra acuosa está en equilibrio, según el principio de neutralidad eléctrica

LD: Límite de detección, es la concentración más baja de una sustancia química en una muestra de agua que puede ser detectada con precisión y fiabilidad por el método analítico utilizado

LQ: Límite de Cuantificación (superior), es la concentración más baja de una sustancia química en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud utilizando el método analítico específico.

LT: Level Troll, es un equipo para medición en continuo de niveles de agua subterránea basado en sensores de presión hidroestática.

M.C.: Mediciones manuales en pozos con registro Continuo.

m s.n.m.: Metros sobre nivel medio del mar.

PC: Plan de Contingencias.

PdC: Programa de Cumplimiento

PSA: Plan de Seguimiento Ambiental.

PSAH: Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

RCA: Resolución de Calificación Ambiental

SMA: Superintendencia de Medio Ambiente

WGS84: World Geodetic System 84 (Siglas en ingles que significa Sistema Geodésico Mundial 1984). Sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas.