SQM SALAR S.A.

INFORME Nº30 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 DICIEMBRE DE 2021

ÍNDICE

1 RESUMEN....16
2 INTRODUCCIÓN....24
3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 29
4 MATERIALES Y MÉTODOS....30
4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO....30
4.2 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES....30
4.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO....32
4.3.1 Sistema Soncor....35
4.3.2 Sistema Aguas de Quelana....48
4.3.3 Sistema Vegetación Borde Este....52
4.3.4 Sistema Peine....56
4.3.5 Sector Vegas de Tilopozo....60
4.3.6 Núcleo del Salar de Atacama....62
4.3.7 Cuña Salina....65
4.3.8 Plan de Contingencias....67
4.4 MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO....72
4.4.1 Monitoreo manual de nivel de agua y salmuera subterránea en piezómetros y pozos72
4.4.2 Monitoreo manual de nivel de agua superficial....74
4.4.3 Monitoreo continuo de nivel de agua subterránea....75
4.4.4 Medición de superficie lacustre....78
4.4.5 Monitoreo de caudal de pozos de bombeo de agua industrial....82

4.4.6 Descripción de los sistemas objeto del PSAH 84
4.4.7 Monitoreo manual de caudal superficial (aforos) 89
4.4.8 Monitoreo continuo de caudal superficial (aforos) 90
4.4.9 Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas 91
4.4.10 Perfilaje de conductividad eléctrica en pozos 100
4.4.11 Medición Meteorología 101
4.5 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS 101
4.6 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS 102
4.7 EVENTOS POSTERIORES AL PERÍODO REPORTADO 104
5 RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE DE 2021 107
5.1 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO 109
5.1.1 Resumen de puntos no visitados 111
5.1.2 Sistema Soncor 115
5.1.3 Sistema Aguas de Quelana 171
5.1.4 Sistema Vegetación Borde Este 205
5.1.5 Sistema Peine 219
5.1.6 Sector Vegas de Tilopozo 240
5.1.7 Núcleo del Salar de Atacama 244
5.1.8 Cuña Salina 257
5.2 MONITOREO Y ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 265
5.2.1 Sistema Soncor 268
5.2.2 Sistema Aguas de Quelana 273
5.2.3 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa 276
5.2.4 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex 279
5.2.5 Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana 283

5.2.6 Sistema Peine....287
5.2.7 Pozos adicionales al Plan de Contingencias....293
6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS....298
6.1 ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL....298
6.1.1 Sistema Soncor – Vegetación Borde Este....301
6.1.2 Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este....381
6.1.3 Sistema Vegetación Borde Este – Sector pozo CA-2015....424
6.1.4 Sistema Peine....435
6.1.5 Sector Vegas de Tilopozo....461
6.1.6 Núcleo del Salar de Atacama....464
6.1.7 Cuña Salina....477
6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS....488
6.2.1 Sistema Soncor....488
6.2.2 Sistema Aguas de Quelana....493
6.2.3 Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa....496
6.2.4 Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex....498
6.2.5 Sistema Borde Este - Alerta Temprana....501
6.2.6 Pozos Adicionales al Plan de Contingencia....505
6.2.7 Indicadores de estado Sistema Peine....508
7 CONCLUSIONES....512
8 REFERENCIAS....517
9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES....519

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH 34
Figura 4-2: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor 36
Figura 4-3: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente San Luis 42
Figura 4-4: Registro fotográfico de la reglilla L7-G2 43
Figura 4-5: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 49
Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este 54
Figura 4-7: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine 58
Figura 4-8: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo 61
Figura 4-9: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama 63
Figura 4-10: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 66
Figura 4-11: Ubicación indicadores de estado 71
Figura 4-12: Esquema conceptual de pozos de monitoreo 74
Figura 4-13: Métodos y frecuencia para la medición de la superficie lagunar en el PSAH 78
Figura 4-14: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSA Hidrogeológico ... 86
Figura 4-15: Zonificación del Salar de Atacama basado en la delimitación de las unidades hidrogeológicas (UH) 88
Figura 4-16: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016 99
Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor 120
Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial 121
Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 124
Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros 126
Figura 5-5: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector oste y sur de la laguna Chaxa 129
Figura 5-6: Fotografías esquemáticas del GD-01 respecto del punto de referencia para la medición de nivel 131
Figura 5-7: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros 136
Figura 5-8: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 140
Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor 143
Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor 146
Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis 149
Figura 5-12: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – niveles en las lagunas 152
Figura 5-13: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa 154
Figura 5-14: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 157
Figura 5-15: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor 160
Figura 5-16: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay-1 y Allana 162
Figura 5-17: Resultados de calidad del agua en agua superficial 164
Figura 5-18: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor 168
Figura 5-19: Caudales medidos en el punto Puente San Luis Aforo, del sistema Soncor 170
Figura 5-20: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 174
Figura 5-21: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 178

Figura 5-22: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 183
Figura 5-23: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas 187
Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas 192
Figura 5-25: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 194
Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana 196
Figura 5-27: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 198
Figura 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 201
Figura 5-29: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2, Socaire-5 y L4-10 203
Figura 5-30: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana 205
Figura 5-31: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 210
Figura 5-32: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 213
Figura 5-33: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 214
Figura 5-34: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015 217
Figura 5-35: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este 219
Figura 5-36: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 223
Figura 5-37: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine 228
Figura 5-38: Nivel observado (m s.n.m.) en las lagunas del sistema Peine 230
Figura 5-39: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine 233
Figura 5-40: Resultados de calidad del agua en cuerpos lagunares del Sistema Peine 236
Figura 5-41: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine 239
Figura 5-42: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 242
Figura 5-43: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 244
Figura 5-44: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo 247
Figura 5-45: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo 251
Figura 5-46: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo 253
Figura 5-47: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2020 254
Figura 5-48: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama 256
Figura 5-49: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo 257
Figura 5-50: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina 260
Figura 5-51: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2021 262
Figura 5-52: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a diciembre de 2021 263
Figura 5-53 Registro de CE para los pozos L10-1, Cuña 6 y Cuña 7 a diciembre de 2021 264
Figura 5-54: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 271
Figura 5-55: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 271
Figura 5-56: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L7-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 272
Figura 5-57: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 272
Figura 5-58: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 276

Figura 5-59: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa 279
Figura 5-60: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex 282
Figura 5-61: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 285
Figura 5-62: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 285
Figura 5-63: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 286
Figura 5-64: 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 286
Figura 5-65: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine 292
Figura 5-66: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine 292
Figura 5-67: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine 293
Figura 5-68: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex 296
Figura 5-69: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 296
Figura 5-70: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 297
Figura 6-1: Infraestructura englobada en el sistema Soncor – Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 303
Figura 6-2: Niveles medidos en los puntos del sector Tambillo 305
Figura 6-3: Descensos calculados de los puntos del sector de Tambillo 306
Figura 6-4: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor 308
Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor-Vegetación Borde Este que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 310
Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar 312
Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís 315
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa 316
Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros 317
Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros 319
Figura 6-11: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial 321
Figura 6-12: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal 323
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) 325
Figura 6-14: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección 326
Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10) 327
Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-7 y L2-5) 328
Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez 330
Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez 332
Figura 6-19: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección 333

Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1) 336
Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2) 337
Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor 339
Figura 6-23: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor 341
Figura 6-24: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor 342
Figura 6-25: Meteorología Estación Chaxa 344
Figura 6-26: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial) 345
Figura 6-27: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4 347
Figura 6-28: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4 348
Figura 6-29: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5 349
Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6 350
Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3 351
Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5 352
Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3 353
Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6) 354
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14 355
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla 356
Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1 357
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1 359
Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana 363
Figura 6-40: Diagrama de Piper para los puntos Mullay-1 y Allana 366
Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto 368
Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa 370
Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros 373
Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar 376
Figura 6-45: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor 378
Figura 6-46: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros 379
Figura 6-47: Registro de mediciones en el aforo de Puente San Luís 380
Figura 6-48: Registro de mediciones en el aforo de Barros Negros 381
Figura 6-49: Infraestructura englobada en el sistema Aguas de Quelana y clasificada según comportamiento de los niveles 382
Figura 6-50: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana 384
Figura 6-51: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 386
Figura 6-52: Descensos calculados de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial 388
Figura 6-53: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana 389
Figura 6-54: Análisis de promedios mensuales para L2-27 392
Figura 6-55: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13) 393
Figura 6-56: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3) 395
Figura 6-57: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L14) 396
Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L4) 398
Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5) 399

Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13) 400
Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3) 401
Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14) 401
Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4) 402
Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5) 402
Figura 6-65: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana 404
Figura 6-66: Superficie histórica del Sistema Aguas de Quelana 405
Figura 6-67: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial) 406
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3 407
Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6 408
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8 409
Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9 410
Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12 411
Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3 412
Figura 6-74: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 413
Figura 6-75: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10 417
Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2 418
Figura 6-77 Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5 421
Figura 6-78: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5 424
Figura 6-79: Infraestructura englobada en el sistema Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 425
Figura 6-80: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al sistema de Vegetación Borde Este 427
Figura 6-81: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este 428
Figura 6-82: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este 429
Figura 6-83: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial) 430
Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015) 431
Figura 6-85: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017) 435
Figura 6-86: Infraestructura englobada en el sistema Peine y clasificada según comportamiento de los niveles 436
Figura 6-87: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine 438
Figura 6-88: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo 440
Figura 6-89: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine 442
Figura 6-90: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine 444
Figura 6-91: Superficie histórica de las lagunas del sistema Peine 445
Figura 6-92: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1 448
Figura 6-93: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4 449
Figura 6-94: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028 450
Figura 6-95: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada 451
Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita 454

Figura 6-97 Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna..... 456
Figura 6-98: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10% . 458
Figura 6-99: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna..... 459
Figura 6-100: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine..... 460
Figura 6-101: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles..... 461
Figura 6-102: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo..... 463
Figura 6-103: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo..... 464
Figura 6-104: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles..... 465
Figura 6-105: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar.. 467
Figura 6-106: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle ... 468
Figura 6-107: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle. Detalle para los puntos 2040, E-101 y M1-C..... 469
Figura 6-108: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar..... 470
Figura 6-109: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar..... 471
Figura 6-110: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar.. 472
Figura 6-111: Estación meteorológica KCL..... 6-474
Figura 6-112: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C..... 476
Figura 6-113: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001..... 477
Figura 6-114: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1)..... 479
Figura 6-115: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 2)..... 480
Figura 6-116: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)..... 482
Figura 6-117: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)..... 484
Figura 6-118: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)..... 486
Figura 6-119: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia . 490
Figura 6-120: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 490
Figura 6-121: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 491
Figura 6-122: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 492
Figura 6-123: 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..... 495
Figura 6-124: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia..... 496
Figura 6-125: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia..... 498
Figura 6-126: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC..... 500
Figura 6-127: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC. 501
Figura 6-128: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 503
Figura 6-129: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 504
Figura 6-130: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 504
Figura 6-131: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC..... 505
Figura 6-132: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC..... 506

Figura 6-133: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC 507
Figura 6-134: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC 508
Figura 6-135: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine..... 510
Figura 6-136: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine..... 511
Figura 6-137: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine..... 511

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe..... 27
Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia..... 28
Tabla 4-1: Parámetros considerados en PSAH..... 32
Tabla 4-2: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor 37
Tabla 4-3: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua..... 41
Tabla 4-5Tabla 4-4: Registro fotográfico del L7-7 46
Tabla 4-5: Relación de las mediciones (fecha/empresa) con la infraestructura L7-7 y L7-7B correspondiente 47
Tabla 4-6: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 50
Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este..... 55
Tabla 4-8: Puntos de monitoreo del Sistema Peine 59
Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo 62
Tabla 4-10: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama..... 64
Tabla 4-11: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 65
Tabla 4-12: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 67
Tabla 4-13: Piezómetros Indicadores de Estado del Plan de Contingencia 70
Tabla 4-14: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua subterránea 73
Tabla 4-15: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua superficial 75
Tabla 4-16: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 77
Tabla 4-17: Resumen de las fechas comprometidas para la medición con técnica RTK..... 81
Tabla 4-18: Relación número serial del flujómetro con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 83
Tabla 4-19: Sistemas objeto de protección..... 87
Tabla 4-20: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 91
Tabla 4-21: Puntos muestreados por ETFA SEGEA entre julio y diciembre 2021 92
Tabla 4-22: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 93
Tabla 4-23: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 93
Tabla 4-24: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales..... 94
Tabla 4-25 Rangos según SDT para definición de agua dulce, transición y salmuera. 98
Tabla 4-26 Clasificación de tipos fluidos en base a TSD, CE y Densidad. 100
Tabla 5-1: Detalle de la frecuencia y el responsable de las mediciones según éstas sean comprometidas o tomadas de forma voluntaria..... 108
Tabla 5-2: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de ingreso a RNF..... 113
Tabla 5-3: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de las comunidades. 115

Tabla 5-4: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor por una ETFA 116
Tabla 5-5: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor 118
Tabla 5-6: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 120
Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 123
Tabla 5-8: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 123
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros 125
Tabla 5-10: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 126
Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa 128
Tabla 5-12: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 129
Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez 132
Tabla 5-14: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 135
Tabla 5-15: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 138
Tabla 5-16: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 139
Tabla 5-17: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector norte 141
Tabla 5-18: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor 142
Tabla 5-19: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 143
Tabla 5-20: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor 145
Tabla 5-21: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 146
Tabla 5-22: Registro de niveles en reglillas del Sistema Soncor – subsector del Puente San Luis 148
Tabla 5-23: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 148
Tabla 5-24: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor 150
Tabla 5-25: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 151
Tabla 5-26: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa 153
Tabla 5-27: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 156
Tabla 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Soncor segundo semestre de 2021 159
Tabla 5-29: Resultados calidad del agua en pozos de extracción 161
Tabla 5-30: Resultados calidad del agua en agua superficial 163
Tabla 5-31: Resultados validación Soncor 167
Tabla 5-32: Resultados aforos manuales en el punto de Aforo Barros Negros y Puente San Luis 169
Tabla 5-33: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana 171
Tabla 5-34: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 173
Tabla 5-35: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 174
Tabla 5-36: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 176
Tabla 5-37: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 177
Tabla 5-38: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 180
Tabla 5-39: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 182
Tabla 5-40: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas 185
Tabla 5-41: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 186
Tabla 5-42: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas 189
Tabla 5-43: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 191
Tabla 5-44: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 193
Tabla 5-45: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 193
Tabla 5-46: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana 195

Tabla 5-47: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 196
Tabla 5-48: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 198
Tabla 5-49: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana..... 200
Tabla 5-50: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5, Camar-2 y L4-10 202
Tabla 5-51: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana 204
Tabla 5-52: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este..... 208
Tabla 5-53: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 209
Tabla 5-54: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 211
Tabla 5-55: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 212
Tabla 5-56: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 214
Tabla 5-57: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015 216
Tabla 5-58 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este 218
Tabla 5-59: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine 220
Tabla 5-60: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine 222
Tabla 5-61: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 223
Tabla 5-62: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine 225
Tabla 5-63: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 227
Tabla 5-64: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine..... 229
Tabla 5-65: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 229
Tabla 5-66: Resultados calidad del agua en pozos del sistema Peine, segundo semestre de 2021 232
Tabla 5-67 Resultados calidad del agua en cuerpos lagunares del sistema Peine. 234
Tabla 5-68: Resultados de la validación en el sistema Peine 238
Tabla 5-69: Resultados aforos manuales Saladita y Salada 240
Tabla 5-70: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 241
Tabla 5-71: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 242
Tabla 5-72: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo..... 243
Tabla 5-73: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 243
Tabla 5-74: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo 246
Tabla 5-75: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 247
Tabla 5-76: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo 249
Tabla 5-77: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 250
Tabla 5-78: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo..... 252
Tabla 5-79: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 252
Tabla 5-80: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL..... 253
Tabla 5-81: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama..... 255
Tabla 5-82: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina..... 258
Tabla 5-83: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina 259
Tabla 5-84: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 260
Tabla 5-85 Puntos singulares obtenidos de los perfiles CE del presente semestre 261
Tabla 5-86: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno 265
Tabla 5-87: Estado del Plan de Contingencias 267
Tabla 5-88: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes..... 270
Tabla 5-89: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 275
Tabla 5-90: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del 278
Tabla 5-91: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este- Vegetación Brea-Atriplex 281
Tabla 5-92: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes 284

Tabla 5-93: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine 291
Tabla 5-94: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias 294
Tabla 5-95: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este 295

LISTADO DE ANEXOS

	Nombre Anexo	Tipo documento
Anexo 1	**RESPONSABLES Y PARTICIPANTES**	pdf
Anexo 2	**CATASTRO INFRAESTRUCTURAS PSAH**	pdf
Anexo 3	**METODOLOGIAS**	
Anexo 3.1	*Instructivos y procedimientos*	pdf
Anexo 3.2	*Certificaciones y calibraciones de equipos utilizados (no LT)*	pdf
Anexo 3.3	*Certificados calibración Level troll (LT)*	pdf
Anexo 3.4	*Curriculums monitores SQM*	pdf
Anexo 4	**COMUNICACIONES, ORDINARIOS Y RESOLUCIONES**	
Anexo 4.1	*Gestión ingreso a RNF*	pdf
Anexo 4.2	*Gestión ingreso a Sistema Peine*	pdf
Anexo 4.3	*Gestión ingreso a sector Tambillo*	pdf
Anexo 4.4	*Cartas informativas activación de fase*	pdf
Anexo 4.5	*Otras comunicaciones*	pdf
Anexo 5	**NIVEL AGUA SUBTERRÁNEA y SUPERFICIAL**	
Anexo 5.1	*Informes ETFA*	.xls
Anexo 5.2	*Resultado de niveles (formato RES. 894)*	pdf
Anexo 5.3	Levantamiento topográfico L7-7 y L7-7B	pdf
Anexo 6	**CALIDAD QUÍMICA**	
Anexo 6.1	*Informes ETFA*	pdf
Anexo 6.2	*Calidad de Agua resultante formato RES. 894*	.xls
Anexo 6.3	*Perfiles de conductividad*	.xls
Anexo 6.4	*Cadena de custodias*	pdf
Anexo 7	**CAUDAL AGUA INDUSTRIAL** *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 8	**CAUDAL AGUA SUPERFICIAL** *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 9	**VARIABLES METEOROLOGICAS**	
Anexo 9.1	*Resultados variables meteorológicas*	.xls
Anexo 9.2	*Informes para el relleno de series*	pdf
Anexo 10	**ESTRATIGRAFIA Y HABILITACIÓN DE PIEZÓMETROS Y POZOS**	pdf
Anexo 11	**AUDITORIA AMBIENTAL**	pdf
Anexo 12	**INDICADORES, UMBRALES Y MEDIDAS APLICABLES AL SISTEMA PEINE**	
Anexo 12.1	*Anexo 4.02 del PdC: Definición de umbrales de activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine*	pdf
Anexo 12.2	*Anexo 4.03 del PdC: Definición de medidas de control frente a activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine*	pdf
Anexo 12.3	*Anexo 4.04 del PdC: Definición medidas de control frente a la activación de Fase I y Fase II Sistema Peine, septiembre 2021*	pdf
Anexo 12.4	*Anexo 4.05 del PdC: Protocolo de aplicación de umbrales definidos para el Sistema Peine*	pdf

1 RESUMEN

Mediante el presente informe se reporta y analiza la información del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) que se realiza en el Salar de Atacama, para el período julio a diciembre de 2021, de acuerdo con los compromisos establecidos en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) Nº226/2006, cuyo titular es SQM Salar S.A. Dichos compromisos han sido actualizados y ampliados en el Programa de Cumplimiento (PdC) en actual evaluación[1] en el marco del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) [2].

En este informe se presentan tanto los registros obtenidos en el semestre antes referido del PSAH, así como un análisis de las tendencias históricas para cada uno de los sistemas ambientales objeto del seguimiento ambiental hidrogeológico a partir de la información levantada. En particular, se presentan los registros y análisis de los parámetros hidrogeológicos observados, correspondientes a: nivel de la napa de salmuera y de agua dulce, nivel y superficies lacustres, parámetros meteorológicos (precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura), calidad fisicoquímica de las aguas, caudal bombeado de agua dulce y caudal de recarga superficial a sistemas lacustres. De acuerdo con el considerando 10.2.7 de la RCA 226/2006, los resultados del caudal bombeado de salmuera se entregan a la autoridad ambiental en un informe anual independiente.

Las mediciones y acciones consideradas en el PSAH están orientadas al seguimiento y resguardo de los sistemas protegidos de la cuenca de Salar de Atacama, a proveer información para operar

[1] A la fecha de presentación de este informe, se ha ingresado con fecha 29 de septiembre de 2021 ante la Superintendencia del Medio Ambiente un nuevo Programa de Cumplimiento refundido que aborda las observaciones contenidas en la Res. Ex. N°34/Rol F-041-2016. Esta propuesta se encuentra pendiente de resolución por parte de la autoridad.

[2] Asimismo, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. N°2141/2020, de 28 de octubre de 2020; Res. Ex. N°962/2021, de 30 de abril de 2021; Res. Ex. N°1695/2021, de 28 de julio de 2021; Res. Ex. N°1940/2021, de 01 de septiembre de 2021, y Res. Ex. N°2389/2021, de 5 de noviembre de 2021, esta última disponiendo la aplicación de parte de las acciones incluidas en el programa de cumplimiento propuesto por SQM Salar S.A., en los términos que se explican en la sección 4.7.

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. Además, toda la información recopilada en el marco del PSAH sirve para nutrir las actualizaciones bienales del Modelo Numérico Hidrogeológico mediante el cual se evaluó el proyecto.

Los sistemas y sectores considerados en el PSAH del titular son los siguientes:

- Sistema Soncor
- Sistema Aguas de Quelana
- Sistema Vegetación Borde Este
- Sistema Peine
- Sector Vegas de Tilopozo
- Núcleo del Salar de Atacama

Adicionalmente, y según lo comprometido en la RCA de referencia, se ha realizado el monitoreo de la Cuña Salina.

El PSAH está constituido por 225 puntos de monitoreo, que se desglosan de la siguiente manera:

- 196 pozos para el seguimiento de las aguas subterráneas;
- 5 pozos de bombeo de agua industrial[3];
- 18 reglillas para el seguimiento de agua superficial;
- 4 estaciones de aforo de aguas superficiales;
- 2 estaciones meteorológicas.

La dinámica de los sistemas hidrogeológicos del Salar de Atacama depende principalmente del balance hídrico y de la actividad antrópica en las distintas unidades acuíferas presentes en el

[3] Cabe decir que, de entre los 5 pozos de bombeo mencionados, el pozo Camar-2 fue deshabilitado en junio de 2021, conforme a lo acordado con la Comunidad Atacameña de Camar y lo comprometido en la propuesta de programa de cumplimiento formulada con fecha 29 de septiembre de 2021, en el proceso rol F-041-2016. No obstante, se mantiene este pozo como punto de medición de nivel y calidad, asociado al PSAH para el Sistema Aguas de Quelana, conforme a la Tabla 6 de la RCA 226/2006.

sector donde se ubica el proyecto. Sin desmedro de lo anterior, esta dinámica también puede verse influenciada por fenómenos locales identificados en la cuenca.

Las estructuras hidrogeológicas asociadas al proyecto de SQM en la cuenca de Salar de Atacama son las siguientes:

- Acuífero aluvial del Borde Este del Salar
- Reservorio de salmuera del Núcleo

En la zona marginal del Salar de Atacama convergen los flujos subterráneos provenientes de las zonas altas de la cuenca que fluyen a través del acuífero aluvial hasta llegar al límite del núcleo del Salar. El contacto entre los dos tipos de fluido se da en la zona marginal del Salar debido al contraste de densidades entre la salmuera y el agua dulce/salobre; esta última asciende produciendo una somerización de los niveles freáticos hasta la superficie del terreno y originando la formación de distintos sistemas lagunares y/o humedales, potenciando así la descarga por evaporación.

Cabe señalar que la mayoría de los puntos de medición del PSAH se ubican en la zona marginal, justamente donde se encuentran los sistemas ambientales que son objeto de protección. Por otra parte, los caudales de bombeo de salmuera asociados al proyecto se diseñaron de manera que las extracciones no afectaran a los sistemas objeto de protección. Hasta la fecha, se han realizado cuatro aumentos de extracción de salmuera acorde a los escalones de extracción definidos en la RCA 226/2006, la que considera en su último escalón una extracción máxima de salmuera de 1.700 l/s. Al respecto, es relevante señalar que, a partir de octubre de 2020, SQM ha adoptado voluntariamente un Plan de Desarrollo Sustentable que, entre otras medidas, considera la aplicación de un plan de reducción de extracciones de salmuera y agua. Para concretar este compromiso, se ha incorporado al Programa de Cumplimiento presentado en el procedimiento sancionatorio rol F-041-2016[4], una reducción progresiva del caudal promedio anual máximo de

[4] La última versión del Programa de Cumplimiento fue presentada el 29 de septiembre de 2021, en respuesta a las observaciones formuladas mediante Res. Ex. N°34/Rol F-041-2016.

extracción hasta alcanzar un caudal promedio anual de salmuera de 1.187,96 l/s y 120 l/s de agua. Asimismo, a inicios de 2022 fue presentado un Estudio de Impacto Ambiental que dará continuidad a estas reducciones, manteniendo el caudal de 120 l/s de agua e implementando una reducción progresiva del bombeo de salmuera hasta llegar a un caudal promedio anual máximo de 822 l/s que se mantendrá hasta el término de la vida útil de la operación aprobada mediante RCA N°226/2006. En el periodo reportado, el proyecto se encuentra con una extracción neta promedio anual de 1.328,22 L/s[5].

Como se señaló anteriormente, uno de los objetivos del PSAH es proveer información para operar el PC, el cual está orientado a dar una respuesta pronta y oportuna frente a desviaciones no previstas según lo definido originalmente. El PC establecido con motivo del EIA del proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama", se sustenta en los resultados de más de 13 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 2007) a la fecha.

El PC tiene como objetivo establecer un área de control alrededor de los sistemas de lagunas y en los sectores de vegetación en el Borde Este, que consta de piezómetros o reglillas indicadores de estado, ubicados a cierta distancia de estos sistemas objeto de protección. Estos indicadores tienen asociada la activación del PC en una o dos fases, cada una con sus respectivas acciones de control principales:

Fase I: Alerta Temprana → aumento de la frecuencia de medición
Fase II: Medidas de Contingencia → reducción de extracción de agua/salmuera

En la sección 4.3.8 se identifican los indicadores de estado que componen el PC, mientras que en las secciones 5.2 y 6.2 se evalúan los resultados obtenidos y se describen las acciones implementadas en el periodo reportado en cumplimiento del Plan de Contingencia. Este análisis

[5] Acción 8 del PdC Refundido presentado a la SMA el pasado 29 de septiembre de 2021.

se presenta para cada uno de los sistemas que se busca proteger. Para ello, se identifican los elementos a proteger, el tipo de seguimiento y el comportamiento para cada uno de los sistemas y sectores que conforman el PSAH.

Cabe señalar que, de acuerdo con los compromisos propuestos en el PdC, a partir de diciembre de 2018 la frecuencia de medición de los indicadores de estado del PC pasó de mensual a diaria, salvo respecto de los indicadores ubicados dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos (sectores Aguas de Quelana y Sistema Hidrológico de Soncor[6]). Para el caso de los indicadores que están dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos (sectores Aguas de Quelana y Sistema Hidrológico de Soncor), la frecuencia de monitoreo se ajusta a lo indicado en el Protocolo de ingreso aprobado por la Resolución Nº 56/2019 de CONAF, que considera, entre otras cosas, controles y autorizaciones de ingreso a diversos sectores de la Reserva por parte de CONAF, así como de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao, en el caso particular del sistema Soncor.

Finalmente, conforme a lo establecido en el PdC, a partir de octubre de 2018, SQM incluye en el PC provisorio del Sistema Peine 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”, aprobado mediante RCA N°21/2016, junto con los indicadores de estado de SQM, 1028, L10-11 y L10-4. La consideración de los dos primeros indicadores en los informes del PSAH está condicionado al aviso de activación por parte de la SMA a SQM. Para el actual periodo reportado, no se ha producido dicho aviso, por lo que el presente informe solo contempla los análisis derivados de los indicadores de SQM.

Es necesario mencionar que las mediciones durante este segundo semestre de 2021 de los indicadores de estado definidos han evolucionado, en términos generales, de acuerdo con lo esperado.

[6] Acción 5 del PdC Refundido

A modo de resumen, para el presente periodo reportado (julio a diciembre 2021) en el Sistema Soncor se ha mantenido la activación de Fase II en los indicadores de estado L1-5 y L1-G4, que se produjo durante el anterior semestre y que, por tanto, fue reportado en el Informe Nº 29 del PSAH. Esta activación se vincula al cambio de la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros, que dio lugar a la primera activación en mayo de 2018. En octubre de 2021[7] (dentro del periodo reportado) se hizo entrega del informe de efectividad de la medida.

Durante el semestre reportado también se ha mantenido la condición de Fase I activada para el indicador L1-4, que se produjo también en el anterior semestre y que, por tanto, también fue informado en el Informe Nº 29 del PSAH. Cabe decir que este indicador activó la Fase II posteriormente al cierre del periodo reportado, en enero de 2022, de manera que en el próximo informe PSAH Nº 31 se describirá esta situación. En el apartado 5.2.1 se entregan más detalles.

En el Sistema Aguas de Quelana se ha producido la activación de Fase I (noviembre 2021), y posteriormente de Fase II (diciembre 2021), del indicador L5-10. Esta situación se mantiene invariable durante todo el periodo reportado y también en el momento de la elaboración del presente trabajo. Dada esta activación, se presentó el informe de investigación a los 30 días de la activación y el día 29 de junio 2022 se ha presentado el informe de efectividad de la medida correspondiente (carta GMAL 120/2022). En el apartado 5.2.2 se presentan más detalles al respecto.

En el sistema Vegetación Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex se contabilizan 4 indicadores de estado que se han mantenido con la Fase I activada de forma continua durante todo el periodo sin alcanzar en ningún caso la Fase II; L7-6, L2-7, L1-3 y L2-28. Estas activaciones son previas al semestre reportado. En todos los casos se adoptaron las acciones de control comprometidas puesto que, de acuerdo a la RCA 226/2006, en caso de activación de Fase I, corresponde dar aviso a la autoridad (Superintendencia del Medio Ambiente) y disponer que el monitoreo de estos

[7] Mediante carta GMPL 204/2021 del día 12 de octubre de 2021. En el apartado 5.2.1 se entregan más detalles.

puntos pase de mensual a quincenal, lo que estaría cubierto con las medidas diarias que SQM se efectúan a los pozos pertenecientes al PC.

Respecto del sistema Peine, en el presente semestre reportado se produce la activación de la Fase I del indicador L10-11, concretamente el día 29 de junio (2021), lo que, según el PdC, implica la elaboración de un informe a los seis meses de activación que aplique la Herramienta de Verificación de Efecto Sinérgico (HVES). Este trabajo ha sido entregado en marzo de 2022[8], posterior al cierre del semestre reportado, no obstante, se abordan los detalles en el presente trabajo.

Se destaca que, al ser la primera vez que se presentaba un análisis de este tipo, se elaboró un análisis crítico de la metodología HVES, lo que ha llevado a generar una propuesta de modificación en esta herramienta, que tiene por objetivo presentar resultados más representativos.

Por otro lado, el indicador 1028 activó la Fase I posterior al cierre del segundo semestre 2021, en febrero (2022). Dada la estrecha relación con el L10-11 en cuanto al patrón de comportamiento de los niveles y su similar ubicación en el núcleo, se decidió incluir el análisis HVES correspondiente en el informe elaborado por activación del indicador L10-11.

A continuación, se detalla la situación de cada indicador mencionado:

i. **L1-5 (Sistema Soncor):** Produjo la activación de Fase II en abril de 2021 y se ha mantenido en la misma situación durante el periodo reportado.
ii. **Reglilla L1-G4 (Sistema Soncor):** Produjo la activación de Fase II en abril de 2021 y se ha mantenido en la misma situación durante el periodo reportado.
iii. **L1-4 (Sistema Soncor):** Se produce la activación de la Fase I en junio 2021 y se ha mantenido en la misma situación durante el periodo reportado.

[8] Mediante carta GMPL 055/2022 del día 31 de marzo de 2022. En el apartado 5.2.6 se entregan más detalles.

iv. **L7-6 (Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex):** Activó la Fase I en junio de 2015 y así se ha mantenido durante todo el periodo reportado. Cabe indicar que este punto se declaró en Fase I, posterior a la formulación de cargos por parte de la SMA aunque no representa un indicador de estado adecuado para la vegetación Brea Atriplex.

v. **L1-3 (Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex)**: Activó la Fase I en noviembre de 2019 y así se ha mantenido durante todo el periodo reportado.

vi. **L2-7 (Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex)**: Activó la Fase I en diciembre de 2019 y así se ha mantenido durante todo el periodo reportado.

vii. **L2-28 (Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex)**: En noviembre de 2020 activó la Fase I y se ha mantenido en la misma situación durante el periodo reportado.

viii. **L10-11 (Sistema Peine):** en septiembre (2021) se produce la activación de la Fase I y se mantiene en la misma situación durante todo el periodo reportado.

El resto de las variables monitoreadas (niveles en el resto de la red PSAH, calidad, caudal de agua superficial y cuña salina)[9] muestra un comportamiento estable, sin presentar variaciones relevantes, salvo situaciones puntuales que no reflejarían un comportamiento de tendencia de largo plazo del sistema. Ello lleva a concluir que los objetos de protección se encuentran dentro de su variabilidad natural, dentro de lo esperado. Esto viene reforzado también por los análisis que se han realizado durante este periodo en respuesta a las activaciones del PC, por ejemplo, en el informe de efectividad de la medida presentado para los indicadores L1-G4 Reglilla y L1-5 en el sistema Soncor (octubre 2021) o el informe de investigación presentado para el indicador L5-10 (enero 2022).

A continuación, se sintetizan los principales resultados, análisis y conclusiones obtenidas para los distintos sistemas y sectores que conforman el PSAH.

[9] No se menciona superficie lacustre en este listado, pues esta variable no ha sido medida en el periodo reportado. Más detalle en el apartado 5.1.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°30 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (en adelante PSAH) y tiene por objeto reportar y analizar la información recolectada durante el segundo semestre del año 2021 (periodo julio – diciembre del 2021), de acuerdo a los compromisos ambientales derivados de la Resolución de Calificación Ambiental (en adelante RCA Nº226/2006), que calificó favorablemente el proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, cuyo titular es SQM Salar S.A. (en adelante e indistintamente, SQM o SQM Salar) y en específico los compromisos asumidos en los considerandos 10.2 y 11.1 de la RCA Nº226/2006.

El presente PSAH considera la medición de las variables ambientales relativas a la componente ambiental agua, las cuales reflejan el comportamiento hidrogeológico del sistema, así como la variable meteorología. Entre los parámetros de medición se encuentran nivel del agua y salmuera subterránea, nivel de cuerpos de agua superficial, calidad química de los acuíferos y cuerpos superficiales, caudal de canales afluentes y/o efluentes de cuerpos de agua, superficies lacustres, caudales de bombeo de agua industrial y parámetros meteorológicos (precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura).

El PSAH contempla mediciones en los sistemas del Salar de Atacama que son representativos de la dinámica del núcleo, en los sistemas lacustres emplazados en el borde este y sur del salar y en el acuífero aluvial que alimenta la vegetación del borde este. Los sistemas y sectores objeto de monitoreo del PSAH son los siguientes:

- Sistema Soncor
- Sistema Agua de Quelana
- Sistema Peine
- Sistema Vegetación Borde Este
- Sector Vegas de Tilopozo
- Núcleo del Salar de Atacama

Adicionalmente, el presente informe da cuenta de los resultados del monitoreo de la Cuña Salina asociado a cada uno de los sistemas lacustres (Soncor, Aguas de Quelana y Peine).

Tal y como establece la RCA Nº226/2006, se define el Plan de Contingencia (en adelante PC), que consta de un grupo de indicadores de estado, obtenidos de entre los puntos de la red de monitoreo de niveles subterráneos de los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, en los que se han definido umbrales en forma de nivel o descenso máximos. El objetivo de este sistema de alarma es prevenir posibles efectos adversos sobre los sistemas ambientalmente sensibles producto de la actividad extractiva definida en el proyecto. 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), relacionadas con el PSAH, que son los siguientes:

i. Definir y aplicar indicadores de estado, umbrales de activación y medidas de control a implementar 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 Planes de Contingencia de los sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Vegetación Borde Este y Peine[10].

El Decreto Supremo N°38/2013 del Ministerio del Medio Ambiente establece que todas las actividades de muestreo, medición y/o análisis que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la SMA, deberán ser ejecutadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (en adelante ETFA) con autorización vigente. La SMA ha instruido que lo anterior aplica a aquellas actividades con frecuencias menores a diarias, mientras que para aquellas actividades con frecuencia diaria o con mayor frecuencia, no se requiere que la medición sea ejecutada por una ETFA. Para dar cumplimiento al decreto mencionado, y de acuerdo con la Res. Ex. Nº 127 de 2019, para el período objeto del presente reporte (segundo semestre de 2021), las mediciones de nivel y caudal efectuadas con frecuencias menores a diarias han sido realizadas por la ETFA

[10] Para el caso de los indicadores que están dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos (sectores Aguas de Quelana y Sistema Hidrológico de Soncor), la frecuencia de monitoreo se ajustará a lo indicado en el Protocolo de ingreso aprobado por la Resolución Nº 56 de junio de 2019 de CONAF.

SEGEA y las mediciones diarias de nivel han sido realizadas por personal de SQM. Por su parte, los muestreos, mediciones y análisis de calidad del agua fueron realizadas por la ETFA ALS Environmental que contrató para el muestreo en terreno a la empresa SOPROCERT. En caso de obtenerse permiso para puntos dentro de RNF, o bien, en el área del territorio cuyo acceso se encuentra controlado por la Comunidad de Peine y que no se pudieron ser visitados por SOPROCERT dados los cortos tiempos entre el aviso y el ingreso, los muestreos fueron realizados por la ETFA SEGEA.

Como ha sido reportado en informes anteriores, en diciembre de 2018 finalizó el convenio CONAF-SQM, establecido en la RCA N°226/2006, mediante el cual CONAF se comprometía a compartir información relativa a mediciones de nivel de agua superficial, extensión lacustre y calidad química de las aguas en las lagunas Barros Negros, Chaxa, Puilar y canal de Burro Muerto. Las mediciones comprometidas en el marco de dicho convenio fueron asumidas por SQM, mediante la contratación de la entidad ETFA ALS Environmental para el caso de calidad.

Un antecedente relevante asociado a la ejecución del PSAH y que condiciona el resultado del monitoreo es la restricción de acceso a las zonas que forman parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (en adelante RNF). Mediante Resolución N°56/2019, CONAF[11] 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 un procedimiento, requisitos y limitaciones para autorizar actividades de monitoreo al interior de la Reserva. A pesar de haber contado autorizaciones en todos los meses del periodo reportado, 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 en las autorizaciones otorgadas por las entidades co-administradoras de la RNF (CONAF y la Comunidad de Toconao) limitan los sectores y el tiempo efectivamente disponible de trabajo.

[11] 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.

En la Tabla 2-1 se presentan los responsables de las actividades ejecutadas durante el segundo semestre del año 2021 y que se reportan a través del presente informe. Adicionalmente en el Anexo 1, se listan las personas participantes e 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 S.A.	Mediciones diarias de nivel freático, caudales de pozos de agua industrial y perfiles de conductividad eléctrica. Mediciones en campo de parámetros fisicoquímicos[12] Mantención y descarga de datos de estaciones meteorológicas Mediciones y análisis datos para área de superficies lacustres mediante método de RTK Área de superficies lacustres mediante estacas perimetrales (en el marco de ex convenio CONAF-SQM)
SEGEA	Mediciones de nivel freático y nivel de agua superficial (incluidos los puntos del ex convenio CONAF-SQM). Caudales superficiales. Muestreo de calidad en puntos que no pudieron ser visitados por SOPROCERT
ALS Environmental S.A.	Muestreo de aguas, medición de parámetros de campo y análisis de parámetros fisicoquímicos
SOPROCERT	Subcontratado para muestreo de calidad por ALS. Realizan una campaña por trimestre. Los puntos que no pueden ser visitados los asume SEGEA en caso de contar con permiso de acceso posterior a esa campaña-

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo requerido por la SMA mediante el Ord. MZN N°418/2016, en la Tabla 2-2 se indican las fechas aproximadas de entrega de los siguientes informes del PSAH indicándose, además, el número de informe en que corresponde realizar la revisión del Plan de Contingencia, según lo establecido por la RCA Nº226/2006[13].

[12] Mediciones complementarias a las efectuadas por las ETFAS.

[13] En diciembre de 2021, se presentará al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental 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, el presente Informe no contiene una revisión del Plan de Contingencias, la que se efectuará en profundidad en el marco de la evaluación del EIA.

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

Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Observaciones
Informe PSAH N° 31	jun-22	oct-22	
7ª actualización del modelo numérico	jun-22	feb-23	
Informe PSAH N° 32	dic-22	abr-23	
Informe PSAH N° 33	jun-23	oct-23	Revisión del Plan de Contingencia, según el Cons. 11.1 de RCA Nº226/2006.
Informe PSAH N° 34	dic-23	abr-24	

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 (precipitación y evaporación), 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 julio a diciembre de 2021.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente 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, medición y/o análisis de cada parámetro, las fechas en que se realizaron estos muestreos, mediciones y/o análisis y finalmente, la identificación de principales incertidumbres asociadas a los métodos utilizados.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Salar de Atacama se localiza en la Región de Antofagasta, a 55 km al sur 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 100 km de largo y 80 km de ancho aproximadamente, abarcando un área aproximada de 3.100 km^2. El núcleo del Salar, donde se ubican las faenas extractivas de salmuera, posee una superficie aproximada de 1.100 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 extrae el agua industrial para el Proyecto.

4.2 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES

La definición de este PSAH parte de la RCA 226/2006 y la Res. Ex. N° 223, que “Dicta instrucciones generales sobre la elaboración del plan de seguimiento de variables ambientales, los informes de seguimiento ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental”. La forma en que se reportan estos parámetros en los anexos de este informe se basa en las indicaciones contenidas en la Res. Ex. Nº 894/2019 que “Dicta instrucciones para la elaboración y remisión de informes de seguimiento del componente ambiental agua”. En 2020 la SMA emitió una actualización de estos formatos y que aplica a los subcomponentes de Agua superficial (calidad y caudal de agua) y Agua subterránea (calidad, caudal y nivel de agua).

Si bien para la elaboración del presente informe se clasifican los monitoreos meteorológicos como componente Aire, su objetivo dice relación con el complemento de la hidrología del sistema y, por consiguiente, no corresponde a un compromiso del componente Aire, quedando consignado en la RCA como parte del PSAH. En relación con esta variable, cabe mencionar que la Res. Ex. N° 894/2019 no menciona la forma en que debe ser reportada en los anexos. Por consiguiente, se han adaptado las planillas de las otras variables para este fin. Lo mismo ocurre con el parámetro de superficie lacustre, de la variable Cantidad de agua superficial; para el cual no se ha determinado el formato de entrega de los datos, por lo que se ha elaborado una planilla con el formato más adecuado para su reportabilidad.

En la Tabla 4-1 se muestran las variables y los parámetros que se reportan en el presente informe y que parte del compromiso adquirido en la RCA Nº226/2006. Tal y como se ha descrito anteriormente, junto con la resolución que marca el formato de entrega de cada data. A su vez, se resumen los responsables de las mediciones de estos parámetros puesto que los informes elaborados por las ETFAs, que se entregan adjuntos en los anexos correspondientes de este informe, deben cumplir con el formato establecido en la Res. Ex. Nº. 127/2019 (SMA).

Cabe mencionar que la definición de la metodología, frecuencia y responsable de cada parámetro está determinada por la RCA N°226/2006, la Res. Ex. Nº 127/2019 (SMA) y lo comprometido en el Programa de Cumplimiento (PdC). En la sección 4.4. Materiales, Equipos y Metodologías de monitoreo se describe con más detalle.

Tabla 4-1: Parámetros considerados en PSAH

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Formato de reportabilidad de la data	Método | Frecuencia | Responsable de la medición
Agua	Agua subterránea	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020	**Red PSAH:** Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM **Red PC**: Manual | Diaria | SQM Continua | 1 min | SQM[14]
			Caudal bombeo	Res. Ex. N° 894/2020	Continua | Mensual | SQM
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Semestral | ETFA
	Agua superficial	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020[15]	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM
			Superficie Lacustre	Propio	RTK | 5 años | SQM Estacas | Trimestral | SQM Imágenes satelitales | Anual | SQM[16]
			Caudal	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Trimestral | ETFA
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación Evaporación Velocidad del viento Temperatura	Propio	Continua | 5 min | SQM

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 74 corresponden a puntos de monitoreo existentes y con registros previos a la RCA Nº226/2006 y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se encontraban todos habilitados el 31 de octubre de 2007. Todos los puntos de monitoreo corresponden a puntos fijos

[14] 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 el apartado 4.3 Ubicación de los puntos o áreas de Monitoreo.

[15] Se entregan los datos en el formato establecido por la Res. Ex. Nº 894/2020 de forma voluntaria ya que, según la misma, no se establece formato definido para esta variable de agua superficial.

[16] La medición de superficies lagunares se realiza con varias metodologías, con frecuencias distintas y qué a su vez, hacen un uso combinado de técnicas manuales y automáticas. Se extiende el detalle en el apartado 4.4 Materiales, Equipos y Metodologías de monitoreo.

en el tiempo y, en algunos casos, estos puntos forman parte de más de uno de los sistemas objeto de protección anteriormente indicados.

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

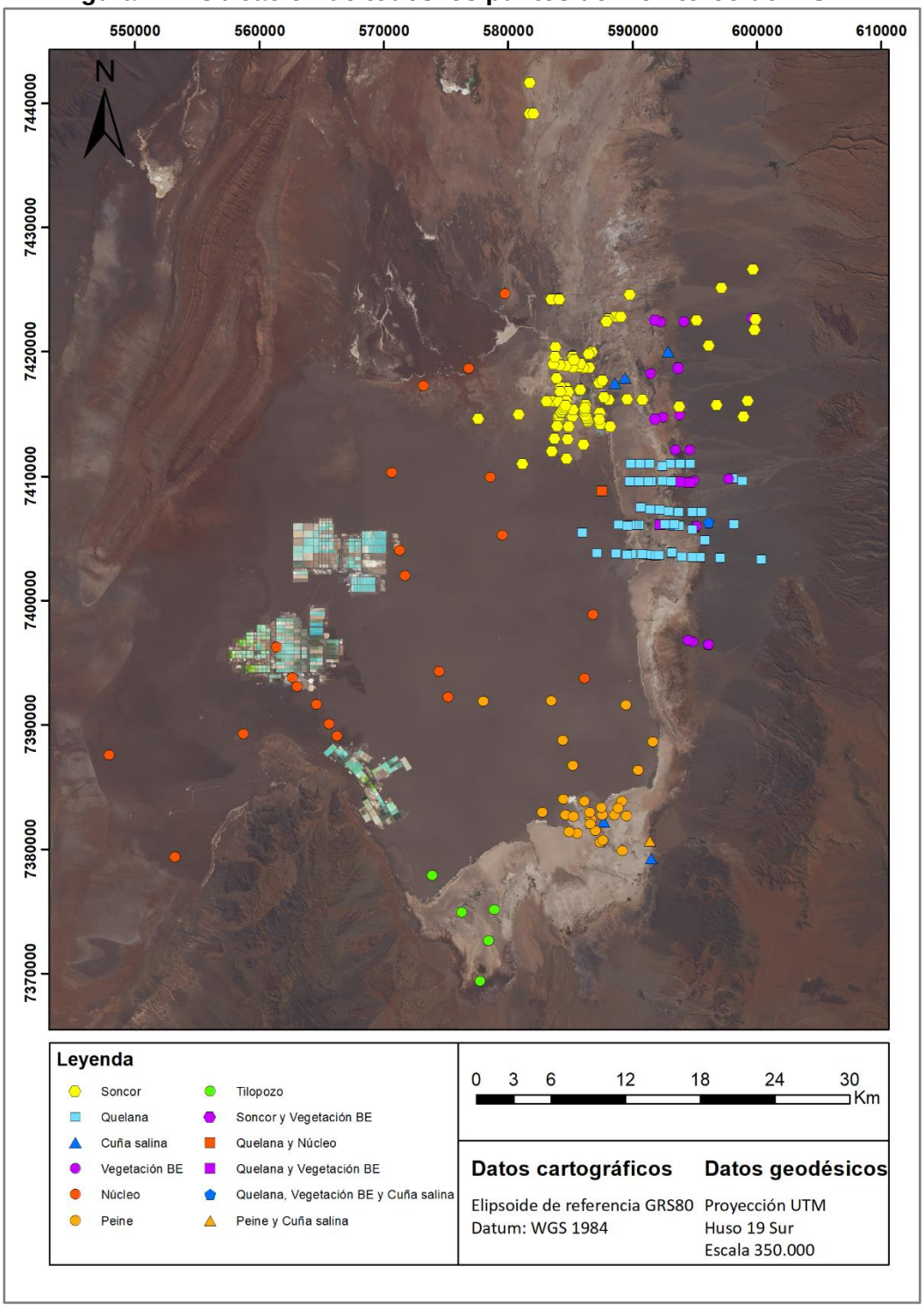
- 196 pozos de monitoreo de nivel de agua/salmuera subterránea
- 5 pozos de bombeo de agua industrial[17]
- 18 reglillas para la medición del nivel de agua superficial
- 4 estaciones de aforo de flujos de agua superficiales
- 2 estaciones meteorológicas

La ubicación de los puntos de monitoreo que conforman el PSAH se muestran en el mapa de la Figura 4-1, donde se diferencia por color los sistemas objeto del PSAH del proyecto. 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. Dichas coordenadas se levantaron en proyección UTM Huso 19S, considerando datum WGS 1984 y elipsoide de referencia GRS80.

En los apartados que siguen, se describe y presenta la ubicación de las redes de monitoreo para cada sistema o sector considerados.

[17] Cabe decir que, de entre los 5 pozos de bombeo mencionados, el pozo Camar-2 fue deshabilitado en junio de 2021, conforme a lo acordado con la Comunidad Atacameña de Camar y lo comprometido en la propuesta de programa de cumplimiento formulada con fecha 29 de septiembre de 2021, en el proceso rol F-041-2016. No obstante, se mantiene este pozo como punto de medición de nivel y calidad, asociado al PSAH para el Sistema Aguas de Quelana, conforme a la Tabla 6 de la RCA 226/2006.

Figura 4-1: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH



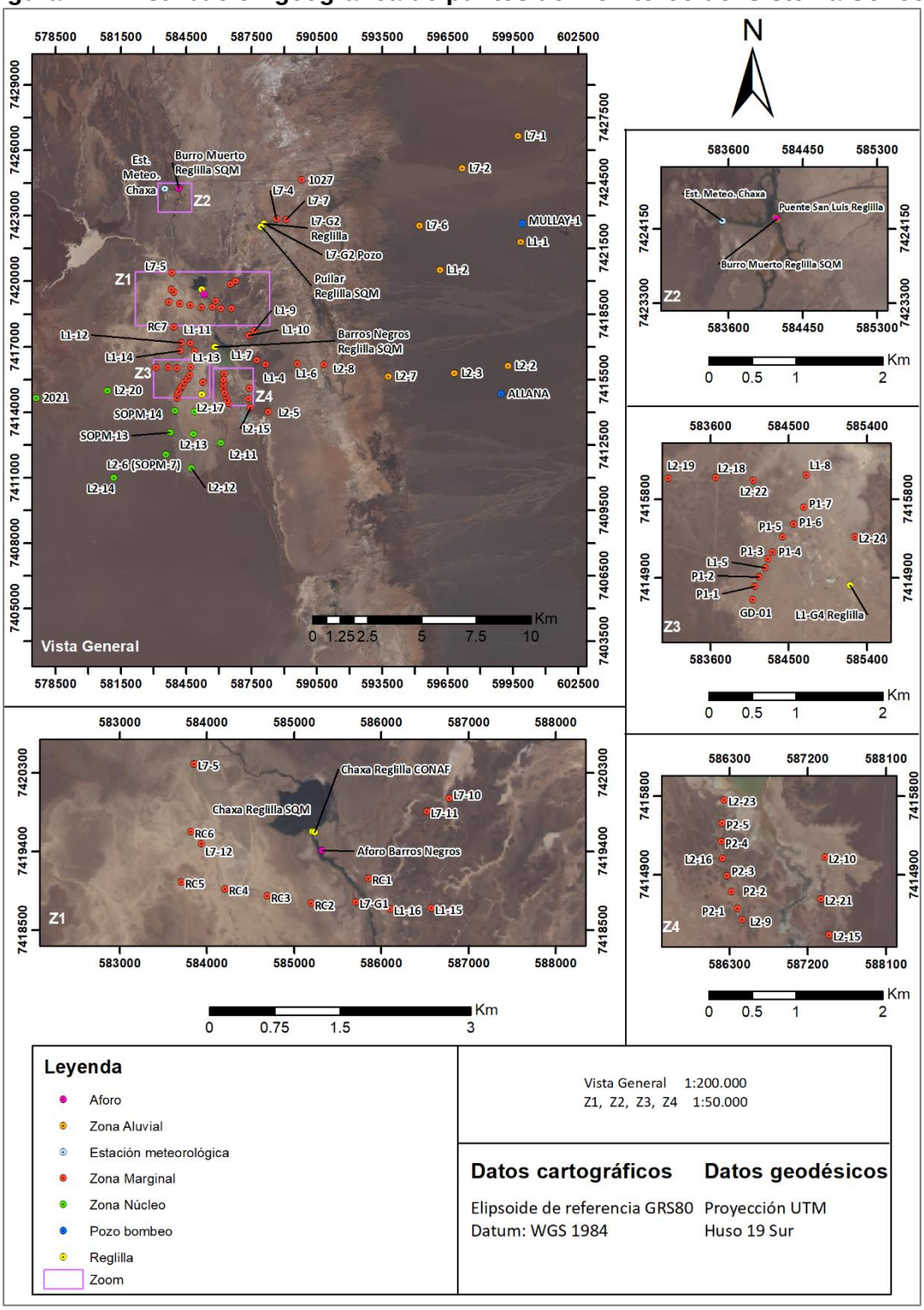
Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

4.3.1 SISTEMA SONCOR

Los puntos de monitoreo del PSAH del Sistema Soncor se ubican entre las coordenadas UTM 7.442.000 a 7.410.000 norte y 577.000 a 600.000 este. 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 4-2, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación Aluvial / Zona Marginal / Núcleo presentada en la Figura 4-15. En la Tabla 4-2 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 4-2: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor



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

Tabla 4-2: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor[18]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L1-6	Pozo	7.416.216,460	589.607,280	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L1-7	Pozo	7.416.377,660	587.729,780	Nivel	Mensual
L1-8	Pozo	7.416.079,590	584.706,270	Nivel	Mensual
L1-9	Pozo	7.417.742,330	587.632,210	Nivel	Mensual
L1-10	Pozo	7.417.519,370	587.382,180	Nivel	Mensual
L1-11	Pozo	7.417.156,520	584.692,920	Nivel	Mensual
L1-12	Pozo	7.417.177,420	584.274,720	Nivel	Mensual
L1-13	Pozo	7.416.803,940	584.879,540	Nivel	Mensual
L1-14	Pozo	7.416.826,930	584.228,120	Nivel	Mensual
L1-15	Pozo	7.418.751,860	586.572,230	Nivel	Mensual
L1-16	Pozo	7.418.741,730	586.100,990	Nivel	Mensual
L2-7	Pozo	7.415.628,870	593.776,830	Nivel	Mensual
L2-8	Pozo	7.416.184,710	590.828,170	Nivel	Mensual
L2-9	Pozo	7.414.388,910	586.444,890	Nivel	Continuo
L2-10	Pozo	7.415.103,770	587.393,930	Nivel	Mensual
L2-11	Pozo	7.412.578,240	586.094,560	Nivel	Mensual
L2-12	Pozo	7.411.424,440	584.748,210	Nivel	Mensual
L2-13	Pozo	7.412.988,930	584.841,100	Nivel	Mensual
L2-14	Pozo	7.410.995,840	581.183,370	Nivel	Mensual
L2-15	Pozo	7.414.216,520	587.447,080	Nivel	Mensual
L2-16	Pozo	7.415.088,340	586.220,870	Nivel	Continuo
L2-17	Pozo	7.414.013,150	584.891,720	Nivel	Mensual
L2-18	Pozo	7.416.049,210	583.665,360	Nivel	Mensual
L2-19	Pozo	7.416.047,040	583.117,580	Nivel	Mensual
L2-20	Pozo	7.414.991,080	580.892,430	Nivel	Mensual
L2-21	Pozo	7.414.623,110	587.351,840	Nivel	Mensual

[18] Para los indicadores de estado asociados al Plan de Contingencias del Sistema Soncor denominados pozos L1-5 y L1-4, si bien se señala una frecuencia mensual para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), mediante Programa de Cumplimiento presentado ante la SMA en el procedimiento F-041-2016, se propuso un incremento en la frecuencia de monitoreo, pasando a ser diaria. La misma situación ocurre para los pozos L7-6 y L2-7 que forman parte del Plan de Contingencias del Sistema Borde Este, pero se listan en la presente tabla. Adicionalmente, para el pozo L7-4 y reglilla L1-G4, si bien se señala una frecuencia continua para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), SQM adicionalmente, realiza mediciones manuales en forma mensual, frecuencia de monitoreo que también fue incrementada, pasando a ser diaria.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L2-22	Pozo	7.416.018,440	584.095,060	Nivel	Mensual
L2-23	Pozo	7.415.762,070	586.243,780	Nivel	Continuo
L2-24	Pozo	7.415.372,730	585.261,400	Nivel	Mensual
L7-10	Pozo	7.420.010,680	586.780,320	Nivel	Mensual
L7-11	Pozo	7.419.861,280	586.521,820	Nivel	Mensual
L7-12	Pozo	7.419.493,440	583.933,510	Nivel	Mensual
L7-6	Pozo	7.422.551,970	595.207,430	Nivel	Mensual
L7-7	Pozo	7.422.842,990	589.093,500	Nivel	Mensual
L11-1	Pozo	7.441.707,880	581.776,790	Nivel	Mensual
L11-2	Pozo	7.439.199,350	581.780,850	Nivel	Mensual
P1-1	Pozo	7.414.806,510	584.113,590	Nivel	Continuo
P1-2	Pozo	7.414.914,370	584.160,130	Nivel	Continuo
P1-3	Pozo	7.415.116,900	584.260,370	Nivel	Continuo
P1-4	Pozo	7.415.196,070	584.319,070	Nivel	Continuo
P1-5	Pozo	7.415.371,580	584.435,040	Nivel	Continuo
P1-6	Pozo	7.415.521,190	584.560,000	Nivel	Continuo
P1-7	Pozo	7.415.711,360	584.675,850	Nivel	Continuo
P2-1	Pozo	7.414.518,190	586.394,920	Nivel	Continuo
P2-2	Pozo	7.414.712,530	586.329,180	Nivel	Continuo
P2-3	Pozo	7.414.892,180	586.271,530	Nivel	Continuo
P2-4	Pozo	7.415.282,240	586.212,910	Nivel	Continuo
P2-5	Pozo	7.415.498,330	586.219,670	Nivel	Continuo
1027	Pozo	7.424.644,590	589.797,120	Nivel	Mensual
L1-1	Pozo	7.421.793,680	599.847,360	Nivel	Mensual
L1-2	Pozo	7.420.524,990	596.153,540	Nivel	Mensual
L1-3[19]	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel	Mensual
L1-4	Pozo	7.416.184,620	588.137,910	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L1-5	Pozo	7.415.017,400	584.234,490	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L7-1	Pozo	7.426.657,160	599.732,770	Nivel	Mensual

[19] El pozo L1-3 se reconstruyó durante el año 2012, dado que el original fue tapado por un aluvión. Esta situación fue informada a través del Informe PSAH N° 11 el mismo año 2012, dado que el nuevo pozo (ubicado en el mismo sector del pozo original) supone una pequeña variación de las coordenadas de ubicación y de la cota del punto de referencia. La diferencia entre la cota del punto de referencia del pozo destruido por el aluvión de 2012 y la del pozo de reemplazo es de 0,183 metros, por lo tanto, a partir de marzo de 2012, se adicionan 0,183 m a la "medición desde punto de referencia" inicial de mayo de 2007.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L7-2	Pozo	7.425.182,290	597.177,200	Nivel	Mensual
L7-3	Pozo	7.422.583,150	591.858,280	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L7-4	Pozo	7.422.857,860	588.645,260	Nivel	Continuo
L7-5	Pozo	7.420.404,720	583.851,590	Nivel	Mensual
L2-2	Pozo	7.416.112,700	599.286,650	Nivel	Mensual
L2-3	Pozo	7.415.774,080	596.808,820	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L2-4	Pozo	7.414.608,960	591.850,740	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L2-5	Pozo	7.414.004,440	588.272,060	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L2-6 (SOPM-7)	Pozo	7.412.045,650	583.567,770	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
SOPM-13	Pozo	7.413.064,810	583.766,440	Nivel	Mensual
SOPM-14	Pozo	7.414.053,450	583.989,190	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
GD-01	Pozo	7.414.650,920	584.086,180	Nivel	Mensual
2021	Pozo	7.414.638,580	577.629,340	Nivel	Continuo
Reglilla L1-G4	Reglilla	7.414.816,880	585.209,910	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L7-G2[20]	Reglilla	7.422.647,339	588.065,183	Nivel	Continuo[21]
Barros Negros	Reglilla	7.416.975,777	585.802,725	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Chaxa	Reglilla	7.419.630,863	585.209,976	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Puilar	Reglilla	7.422.497,026	587.947,438	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
Burro Muerto	Reglilla	7.424.265,027	584.156,079	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
L11-G1	Reglilla	7.439.198,280	582.072,080	Nivel	Mensual
L7-G1	Reglilla	7.418.821,780	585.706,580	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral

[20] La rejilla L7-G2 ha sido restituida, todavía no se dispone del levantamiento que permita disponer las coordenadas exactas de la nueva ubicación. Cabe notar que la nueva infraestructura se encuentra muy próxima a la anterior y representa el mismo cuerpo de agua.

[21] Si bien para la reglilla L7-G2 (Laguna Puilar) se estableció un monitoreo mensual, se implementó un sistema de medición continua ya que se ubica en una zona con alto potencial de nidificación de flamencos, lo que permite realizar un monitoreo adecuado durante el período reproductivo de estos.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
Puente San Luis	Reglilla	7.424.281,174	584.141,109	Nivel	Mensual
RC-1[22]	Pozo	7.418.722,684	585.667,119	Nivel	Mensual
RC-2	Pozo	7.418.806,692	585.190,752	Nivel	Mensual
RC-3	Pozo	7.418.891,062	584.692,245	Nivel	Mensual
RC-4	Pozo	7.418.973,515	584.205,221	Nivel	Mensual
RC-5	Pozo	7.419.052,710	583.702,710	Nivel	Mensual
RC-6	Pozo	7.419.629,187	583.815,200	Nivel	Mensual
RC-7	Pozo	7.417.527,959	583.752,413	Nivel	Mensual
E. Puente San Luis	E. Aforo	7.424.268,999	584.148,170	Caudal	Continuo
E. Barros Negros	E. Aforo	7.419.414,100	585.318,180	Caudal	Mensual
E. Meteo. Chaxa	E. Meteorológica	7.424.240,320	583.530,010	Meteorología	Continuo
MULLAY-1	Pozo Bombeo	7.422.645,060	599.918,950	Nivel Calidad 4 Volumen	Mensual Trimestral Mensual
ALLANA	Pozo Bombeo	7.414.838,020	598.957,610	Nivel Calidad 4 Volumen	Mensual Trimestral Mensual
Laguna Barros Negros[23]	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años[24] Anual
Laguna Chaxa	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Puilar	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual

Fuente: Elaboración propia.

[22] Los pozos RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7 reemplazaron a las calicatas C1-C7 según fuera informado en Informe Nº8 del PSAH. Las coordenadas presentadas corresponden a aquellas presentadas en el Informe N°8 del PSAH transformadas a DATUM WGS-1984.

[23] En el presente periodo corresponde el monitoreo de superficie lacustre en base a estacas.

[24] Cabe señalar que las mediciones de topografía solo se realizaron con frecuencia anual hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que las mediciones de topografía se realizarían cada 5 años siendo la última medición la que se realizó en abril de 2015. La metodología aprobada formalmente por la autoridad para realizar la medición es a través de imagen satelital, la que se realiza anualmente en abril.

Como se observa en la Tabla 4-2, 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 4-3.

Tabla 4-3: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua

Nombre grupo parámetros	Parámetros incluidos
Calidad 1	Densidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, pH y Conductividad.
Calidad 2	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio total, Potasio total, Calcio total, Magnesio total, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico total, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Hidrocarburos Totales, Detergentes Aniónicos, Coliformes Fecales y Nitrógeno Amoniacal.
Calidad 3	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio total, Potasio total, Calcio total, Magnesio total, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico total, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad y Oxígeno Disuelto.
Calidad 4	Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico total, Calcio total, Hierro total, Magnesio total, Manganeso total, Potasio total, Sodio total y Zinc total

Fuente: Elaboración propia.

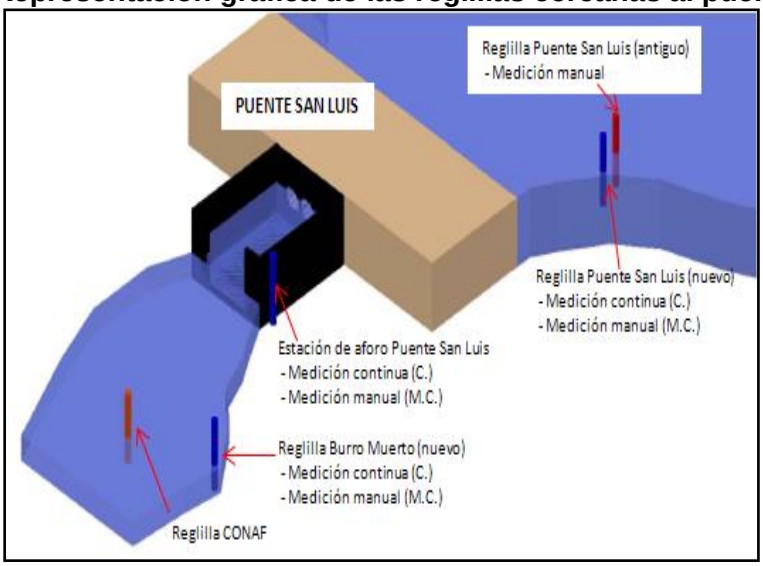
Para el caso de la Estación Meteorológica de Chaxa, se considera la medición de los parámetros Precipitación (mm), Evaporación (mm), Velocidad del Viento (m/s) y Temperatura (ºC).

A modo explicativo, en la Figura 4-3 se presentan las reglillas y aforos instalados en el entorno del puente San Luis (Figura 4-3):

i. **Reglilla Puente San Luis**: Aguas arriba del puente San Luis existen dos puntos que han sido monitoreadas históricamente por SQM; Puente San Luis Pozo y Puente San Luis Reglilla). El correspondiente a Pozo es usada para soportar el transductor de presión que registra niveles de manera continua (se realizan además mediciones manuales en este punto), desde septiembre de 2007 hasta la actualidad. De ahí también la nomenclatura de pozo, a pesar de que, por su ubicación y diseño, la medición de nivel corresponde efectivamente a agua superficial.
ii. **Aforo puente San Luis**: corresponde a la medición que se realiza en la estación de aforo (estación de aforo Puente San Luis) y que presenta mediciones manuales y continuas.

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.

Figura 4-3: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, cabe recordar que el día 16 de febrero de 2021 se encontró caída la Reglilla Burro Muerto CONAF, por lo que se procedió a su reemplazo. Esta situación fue debidamente reportada en el anterior informe PSAH Nº29, en donde puede encontrarse más detalle de los hechos. Es necesario mencionar que la nueva reglilla mantiene el esquema presentado en la Figura 4-3.

De forma paralela, tal y como también se anticipó en el informe PSAH Nº 29, la infraestructura L7-G2 Reglilla del entorno de la laguna Puilar se encontró caída en la visita del día 21 de julio de 2021. Este punto había sido medido por última vez el día 15 de junio de 2021 (ver fotografías en la Figura 4-4), por lo que la caída debió haberse producido en el intervalo de estas dos fechas. La reglilla fue restituida el día 17 de agosto de 2021. Se encuentra pendiente la confirmación de las nuevas coordenadas y elevación del punto de referencia, ya que los escasos permisos de ingreso al sector han dificultado esta actividad. Esto impacta en la visualización de las mediciones en la nueva infraestructura del presente semestre reportado, ya que los niveles se muestran con

respecto la cota del punto de referencia antigua. Para el próximo informe PSAH Nº 31 se espera poder contar con la elevación correcta, de esta forma, se compartirá entonces los niveles del segundo semestre 2021 para este punto adecuadamente calculados.

Es necesario aclarar que el estado actual de estos registros debe considerarse también respecto de la data que se encuentra disponible en la plataforma electrónica sqmsenlinea.com, ya que éstos ya fueron transmitidos a dicha base de datos.

Figura 4-4: Registro fotográfico de la reglilla L7-G2

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)

Fuente: elaboración propia.

Otra incidencia que se reportó en el pasado informe PSAH Nº 29 corresponde a la infraestructura del pozo L7-7. Este no se encuentra estrictamente dentro de RNF, pero el camino de acceso al mismo sí transcurre por la Reserva, así que este punto se encuentra con acceso restringido. De esta forma, el L7-7 se midió por última vez el 25 de septiembre de 2019 y el 29 de enero de 2021 (primer semestre de 2021) se accedió nuevamente, habiendo transcurrido casi un año y medio sin haber sido visitado.

La medición de enero 2021 resultó a una cota muy baja, unos 37 cm menor a la de septiembre 2019. Aunque este resultado podría ser plausible desde el punto de vista de representatividad en el sistema, esta situación determinó una revisión con el objetivo de verificar el valor.

En la Tabla 4-4 se muestran las fotografías levantadas por las ETFAs, GP Consultores en septiembre 2019 (esta fotografía se obtiene del informe entregado por la ETFA y que se adjuntó como anexo en el informe PSAH Nº 27) y la obtenida por SEGEA en la visita de enero 2021 (que se encuentra adjunta en el Anexo 5.1 del presente informe). De la observación de las fotografías, se detectó que existía un levantamiento del casing del pozo, existiendo, por lo tanto, una anomalía estructural que podría haber estado afectando a la medición, y que afectaba a la elevación del punto de referencia. Si bien el punto de referencia se ubica en la estructura interior del pozo, se desconocía si éste también había sufrido algún cambio en su elevación.

Dada esta situación y con el objetivo de no perder registros confiables, en las siguientes visitas se decidió empezar a medir el nivel también en la infraestructura de medición aledaña al L7-7, denominada L7-7B. Con el objetivo de asegurar la representatividad de todas las mediciones, en el pasado informe PSAH Nº 29 se detalló que se llevarían a cabo las siguientes actividades:

- Nuevo levantamiento topográfico de precisión para el L7-7, que permita actualizar la cota del punto de referencia.
- Levantamiento topográfico de precisión para el L7-7B, que permita calcular de forma correcta los niveles en referencia a los msnm.
- Con el objetivo de mantener mediciones representativas y de calidad, se procederá a la rehabilitación del pozo L7-7, si fuera posible.

Así, de esta forma, el día 17 de mayo de 2022 se procedió al levantamiento topográfico de ambas infraestructuras (se presenta informe de respaldo en Anexo 5.3). Por lo que ya se dispone de las elevaciones de los puntos de referencia en ambas infraestructuras que permite trasladar todas las mediciones realizadas, de cualquiera de los pozos, al mismo plano de referencia.

Del resultado del levantamiento topográfico y de la revisión en terreno de la infraestructura se ha podido constatar que efectivamente el casing del L7-7 (el tubo exterior) ha sufrido desplazamiento vertical; es posible que haya sido removido de forma manual sin conocimiento de SQM. No obstante, la elevación del punto de referencia del tubo interior del mismo (que corresponde al punto de referencia tomado desde la definición de la RCA 226/2006) confirma que éste no ha

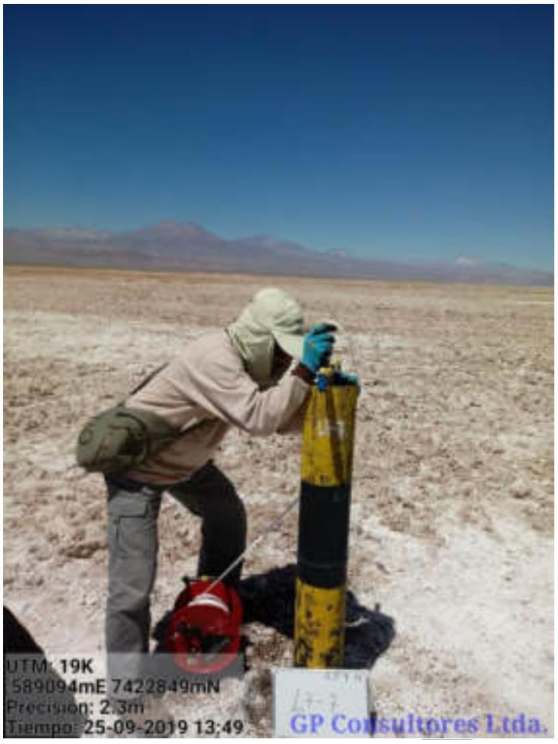
sufrido movimiento vertical, por lo que puede mantenerse la cota de elevación misma que Integrant obtuvo en 2007 como referencia para el L7-7.

Cabe mencionar que, durante este periodo, han realizado mediciones en los puntos L7-7 y L7-7B las empresas SEGEA (la ETFA contratada por SQM para el monitoreo del PSAH en este segundo semestre 2021), y Golder (a cargo de la auditoría ambiental independiente establecida en la RCA 226/2006, designada por la autoridad ambiental de la época).

La asignación de infraestructura (entre L7-7 y L7-7B) que cada empresa ha declarado para cada medición ha sido revisada por SQM a partir del registro fotográfico que éstas realizan y entregan. Así es que, de esta forma, ha sido posible relacionar cada medición con el punto correspondiente. Este ejercicio era necesario para lograr la máxima representatividad de las mediciones con respecto el acuífero, ya que a cada infraestructura le corresponde una elevación del punto de referencia distinta. Dicha revisión ha sido compartida con la ETFA SEGEA para su validación, de acuerdo con la experiencia de su inspector ambiental en cada una de las campañas.

En la Tabla 4-5 se muestra el registro de las mediciones que se han dado entre el punto L7-7 y L7-7B desde la fecha en que se observó los cambios en la infraestructura del primero (L7-7) y hasta el momento del cierre del presente informe. Si bien se presentan mediciones correspondientes al primer semestre 2022, las cuales corresponde reportar en el próximo informe PSAH Nº 31, se exponen en esta instancia con el objetivo de consolidar los eventos asociados al monitoreo de estos puntos, incluyendo la existencia de errores en su identificación por parte de las entidades a cargo de la ejecución de las mediciones, como se muestra en detalle en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5Tabla 4-4: Registro fotográfico del L7-7



Registro fotográfico de septiembre 2019 (Fuente: GP Consultores)

Registro fotográfico de enero 2021 (Fuente: SEGEA)

Registro fotográfico de mayo 2021 (Fuente: SEGEA)

Registro fotográfico de enero 2022 (Fuente: SEGEA)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4-5: Relación de las mediciones (fecha/empresa) con la infraestructura L7-7 y L7-7B correspondiente

FECHA/HORA	INFRAESTRUCTURA	MEDIDA NIVEL (m) resultante	EMPRESA	ELEVACIÓN Punto Referencia (msnm)	OBSERVACIONES
29/01/2021 12:45	L7-7	1.850	SEGEA	2305.940	Se realizó medición en el casing (tubo exterior) del L7-7
29/01/2021 12:46	L7-7	1.854	SQM	2305.940	
17/05/2021 13:31	L7-7B	1.536	SQM	2305.580	Medición en L7-7B, pensando que correspondía al L7-7
15/06/2021 12:44	L7-7B	1.484	SQM	2305.580	
21/07/2021 15:21	L7-7B	1.413	SQM	2305.580	
17/08/2021 9:35	L7-7B	1.372	SQM	2305.580	
14/09/2021 12:40	L7-7B	1.337	SQM	2305.580	
26/10/2021 11:11	L7-7B	1.322	SQM	2305.580	
17/05/2021 13:26	L7-7B	1.536	SEGEA	2305.580	Nivel tomado en L7-7B por SEGEA. En los informes ETFA originales se reportó como L7-7, lo que ha sido modificado posteriormente por SEGEA[25]
15/06/2021 12:42	L7-7B	1.484	SEGEA	2305.580	
21/07/2021 15:19	L7-7B	1.413	SEGEA	2305.580	
17/08/2021 9:31	L7-7B	1.371	SEGEA	2305.580	
14/09/2021 13:37	L7-7B	1.337	SEGEA	2305.580	
26/10/2021 12:10	L7-7B	1.322	SEGEA	2305.580	
23/11/2021 13:45	L7-7B	1.338	SEGEA	2305.580	
14/12/2021 13:56	L7-7B	1.370	SEGEA	2305.580	Medición efectuada en L7-7B con conocimiento de la diferencia entre L7-7 y L7-7B
18/01/2022 10:03	L7-7B	1.421	SEGEA	2305.580	
16/02/2022 12:52	L7-7B	1.510	SEGEA	2305.580	
16/03/2022 13:17	L7-7B	1.551	SEGEA	2305.580	
19/04/2022 14:27	L7-7B	1.543	SEGEA	2305.580	
14/12/2021 13:45	L7-7	1.334	SEGEA	2305.543	Medición efectuada en L7-7 en el DryPoint (tubo interior), que corresponde al punto de referencia declarado en la RCA 226/2006.
18/01/2022 9:54	L7-7	1.391	SEGEA	2305.543	
16/02/2022 12:44	L7-7	1.476	SEGEA	2305.543	
16/03/2022 13:13	L7-7	1.518	SEGEA	2305.543	
19/04/2022 14:22	L7-7	1.509	SEGEA	2305.543	
14/12/2021 13:12	L7-7	1.335	SQM	2305.543	
18/01/2022 9:08	L7-7	1.389	SQM	2305.543	
16/02/2022 11:55	L7-7	1.476	SQM	2305.543	
19/04/2022 14:25	L7-7	1.510	SQM	2305.543	
17/05/2022 12:22	L7-7	1.472	SQM	2305.543	

Fuente: elaboración propia.

Considerando lo expuesto, habiéndose aclarado la situación del punto L7-7, se mantendrán en adelante las mediciones en el punto original (tubo interior del L7-7). No será necesario mantener entonces las mediciones en el L7-7B de cara al seguimiento PSAH.

Es necesario aclarar que el estado actual de todos los registros mencionados en este apartado (correspondiente al L7-G2 y al L7-7), deben considerarse también respecto de la data que se

[25] En el Anexo 4.5 se entrega carta de SEGEA conforme el cambio que hubo que hacer en las mediciones señaladas, ya que se consideraron en el punto L7-7, lo que hubo que corregir y asignar en el L7-7B. En el Anexo 5.1 se entregan los informes ETFA en su versión 2 debido a esta corrección.

encuentra disponible en la plataforma electrónica sqmsenlinea.com, ya que éstos ya fueron transmitidos a dicha base de datos.

4.3.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

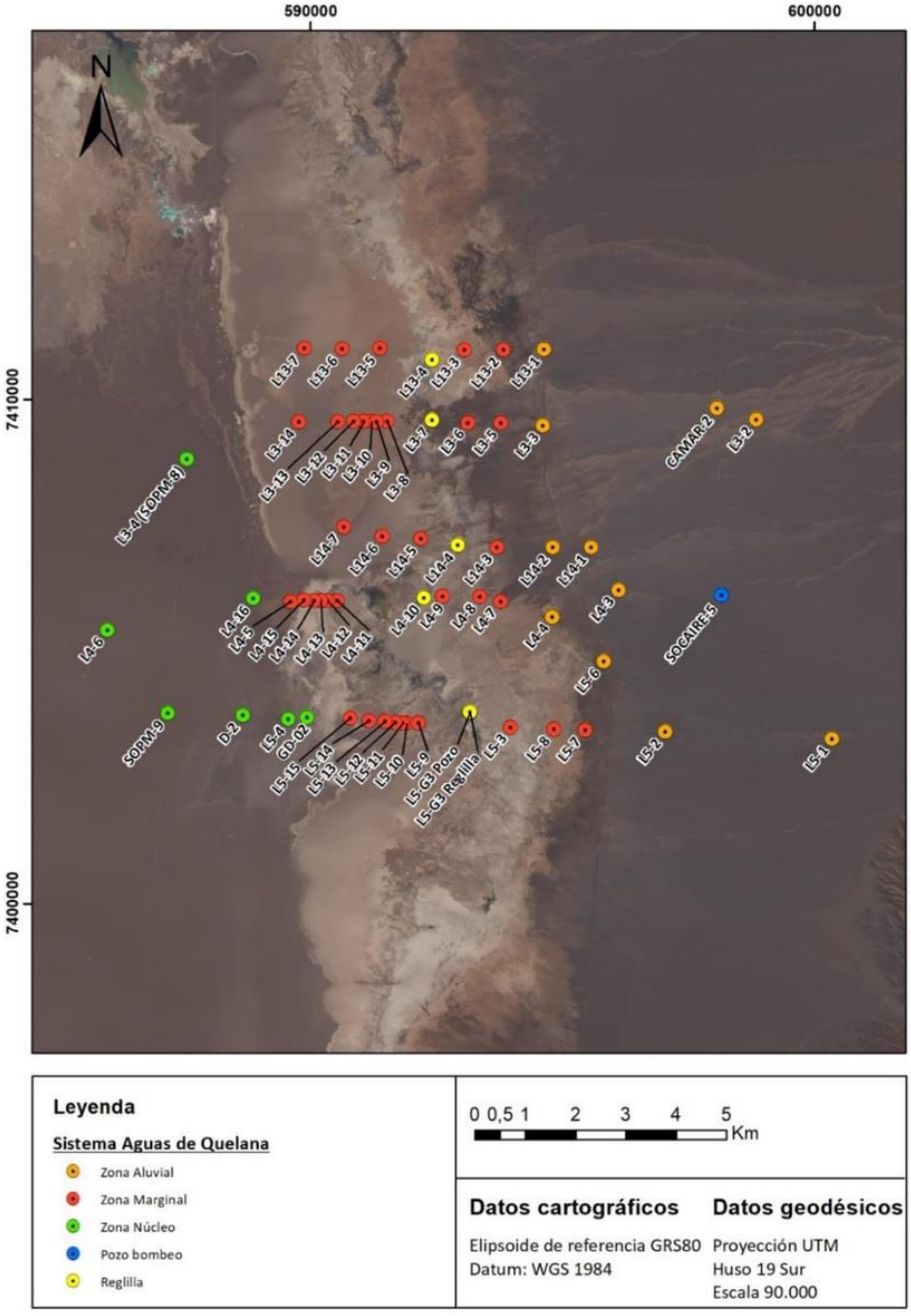
Los puntos que conforman la red de monitoreo del PSAH del Sistema Aguas de Quelana se ubica entre las coordenadas UTM 7.415.000 a 7.400.000 norte y 585.000 a 602.000 este. La totalidad de los puntos corresponden a reglillas y a piezómetros de monitoreo de nivel de agua o salmuera.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-5, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación Aluvial / Zona Marginal / Núcleo, presentada en la Figura 4-15. En la Tabla 4-6 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.

Cabe mencionar, que todos los puntos de medición de nivel que cuentan con sistema para la obtención de datos continuos 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).

En el sistema Aguas de Quelana se ubica el pozo de agua industrial Camar-2. Si bien este pozo dejó de operar de forma definitiva en enero de 2018 y se procedió a retirar la bomba el día 20 de enero de 2019, ha sido durante el semestre anterior (reportado en el informe PSAH N° 29) en el cual se han descrito las labores de desmontaje de la infraestructura de bombeo remanente, como también las cartas enviadas a la SMA y DGA (GMPL110/2021 y V.F.A. Nº0078 respectivamente), las cuales reportan la última medición del pozo, realizada el 26 de junio del 2021 a las 07:00 h. En ellas, en tanto, se informaba que, tratándose de un punto de monitoreo asociado al PSAH en el sistema Aguas de Quelana, se continuará reportando valores de nivel freático con una frecuencia mensual, así como también muestreo de calidad trimestral, como está estipulado en la RCA 226/2006.

Figura 4-5: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana



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

Tabla 4-6: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana[26]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L3-5	Pozo	7.409.547,430	593.776,020	Nivel	Continuo
L3-6	Pozo	7.409.554,850	593.121,380	Nivel	Continuo
L3-8	Pozo	7.409.579,480	591.523,730	Nivel	Mensual
L3-9	Pozo	7.409.573,460	591.314,030	Nivel	Continuo
L3-10	Pozo	7.409.577,910	591.215,470	Nivel	Continuo
L3-11	Pozo	7.409.581,800	591.057,160	Nivel	Mensual
L3-12	Pozo	7.409.581,410	590.857,320	Nivel	Mensual
L3-13	Pozo	7.409.571,530	590.538,580	Nivel	Continuo
L3-14	Pozo	7.409.571,030	589.772,730	Nivel	Mensual
L4-7	Pozo	7.406.037,970	593.769,460	Nivel	Continuo
L4-8	Pozo	7.406.127,780	593.360,430	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L4-9	Pozo	7.406.144,430	592.623,500	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L4-11	Pozo	7.406.056,460	590.533,410	Nivel	Mensual
L4-12	Pozo	7.406.056,630	590.333,970	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L4-13	Pozo	7.406.057,990	590.201,700	Nivel	Continuo
L4-14	Pozo	7.406.059,640	590.068,600	Nivel	Mensual
L4-15	Pozo	7.406.063,310	589.870,940	Nivel	Mensual
L4-16	Pozo	7.406.099,710	588.869,960	Nivel	Mensual
L13-1	Pozo	7.411.009,380	594.639,530	Nivel	Continuo
L13-2	Pozo	7.410.993,520	593.833,900	Nivel	Continuo
L13-3	Pozo	7.410.998,360	593.054,200	Nivel	Continuo
L13-5	Pozo	7.411.029,600	591.375,830	Nivel	Mensual
L13-6	Pozo	7.411.019,590	590.625,640	Nivel	Mensual
L13-7	Pozo	7.411.028,930	589.876,440	Nivel	Mensual
L14-1	Pozo	7.407.109,560	595.569,210	Nivel	Mensual
L14-2	Pozo	7.407.113,030	594.810,170	Nivel	Mensual
L14-3	Pozo	7.407.115,770	593.698,940	Nivel	Mensual

[26] Para los indicadores de estado asociados al Plan de Contingencias del Sistema Aguas de Quelana, esto es pozos L5-8, L4-8, L3-5, L3-9, L5-10 y L4-12, si bien se señala una frecuencia continua para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), SQM adicionalmente realiza mediciones manuales en forma mensual. No obstante, lo anterior, mediante Programa de Cumplimiento (PdC) presentado ante la SMA, se propuso un incremento en la frecuencia de monitoreo manual, pasando a ser diaria. La misma situación ocurre para los pozos L4-7 y L3-11 que forman parte del Plan de Contingencias del Sistema Borde Este, pero se listan en la presente tabla.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L14-5	Pozo	7.407.286,220	592.186,920	Nivel	Mensual
L14-6	Pozo	7.407.328,430	591.425,980	Nivel	Mensual
L14-7	Pozo	7.407.519,580	590.655,990	Nivel	Mensual
L5-6	Pozo	7.404.843,410	595.818,480	Nivel	Continuo
L5-7	Pozo	7.403.481,350	595.448,970	Nivel	Continuo
L5-8	Pozo	7.403.503,250	594.827,120	Nivel	Continuo
L5-9	Pozo	7.403.630,730	592.139,000	Nivel	Mensual
L5-10	Pozo	7.403.629,280	591.910,900	Nivel	Continuo
L5-11	Pozo	7.403.629,660	591.830,740	Nivel	Mensual
L5-12	Pozo	7.403.639,730	591.686,420	Nivel	Mensual
L5-13	Pozo	7.403.659,850	591.481,590	Nivel	Mensual
L5-14	Pozo	7.403.675,640	591.163,340	Nivel	Continuo
L5-15	Pozo	7.403.723,310	590.791,180	Nivel	Mensual
L3-2	Pozo	7.409.615,430	598.844,960	Nivel	Mensual
L3-3	Pozo	7.409.496,340	594.614,770	Nivel	Mensual
L3-4 (SOPM-8)	Pozo	7.408.833,140	587.551,700	Nivel	Mensual
L4-3	Pozo	7.406.265,010	596.113,200	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L4-4	Pozo	7.405.733,370	594.797,860	Nivel	Mensual
L4-5	Pozo	7.406.037,022	589.607,694	Nivel	Mensual
L4-6	Pozo	7.405.467,670	585.967,230	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L5-1	Pozo	7.403.308,440	600.351,660	Nivel	Mensual
L5-2	Pozo	7.403.455,330	597.045,650	Nivel	Mensual
L5-3	Pozo	7.403.543,670	593.971,420	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L5-4	Pozo	7.403.702,590	589.565,670	Nivel	Mensual
SOPM-9	Pozo	7.403.823,460	587.169,690	Nivel	Mensual
GD-02	Pozo	7.403.739,160	589.933,790	Nivel	Mensual
D-2	Pozo	7.403.779,680	588.662,620	Nivel	Mensual
L4-10[27]	Reglilla	7.406.210,740	592.251,599	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral

[27] Con fecha 26 de septiembre de 2019, se efectúa una campaña topográfica de verificación en algunos puntos del PSAH, para este

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L13-4	Reglilla	7.410.799,970	592.412,370	Nivel	Continuo
L14-4	Reglilla	7.407.155,280	592.926,140	Nivel	Continuo
L3-7	Reglilla	7.409.604,100	592.414,490	Nivel	Continuo
L5-G3	Reglilla	7.403.843,512	593.160,262	Nivel	Continuo
CAMAR-2[28]	Pozo	7.409.831,330	598.072,110	Nivel Calidad 4	Mensual Trimestral
SOCAIRE-5	Pozo Bombeo	7.406.165,630	598.163,880	Nivel Volumen Calidad 4	Mensual Mensual Trimestral

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4-6, 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 4-3, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

4.3.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

Los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este se encuentran entre las coordenadas UTM 7.425.000 a 7.395.000 norte y 590.000 a 600.000 este. La totalidad de ellos corresponde a puntos de monitoreo de nivel, reglilla y pozo de extracción de agua industrial.

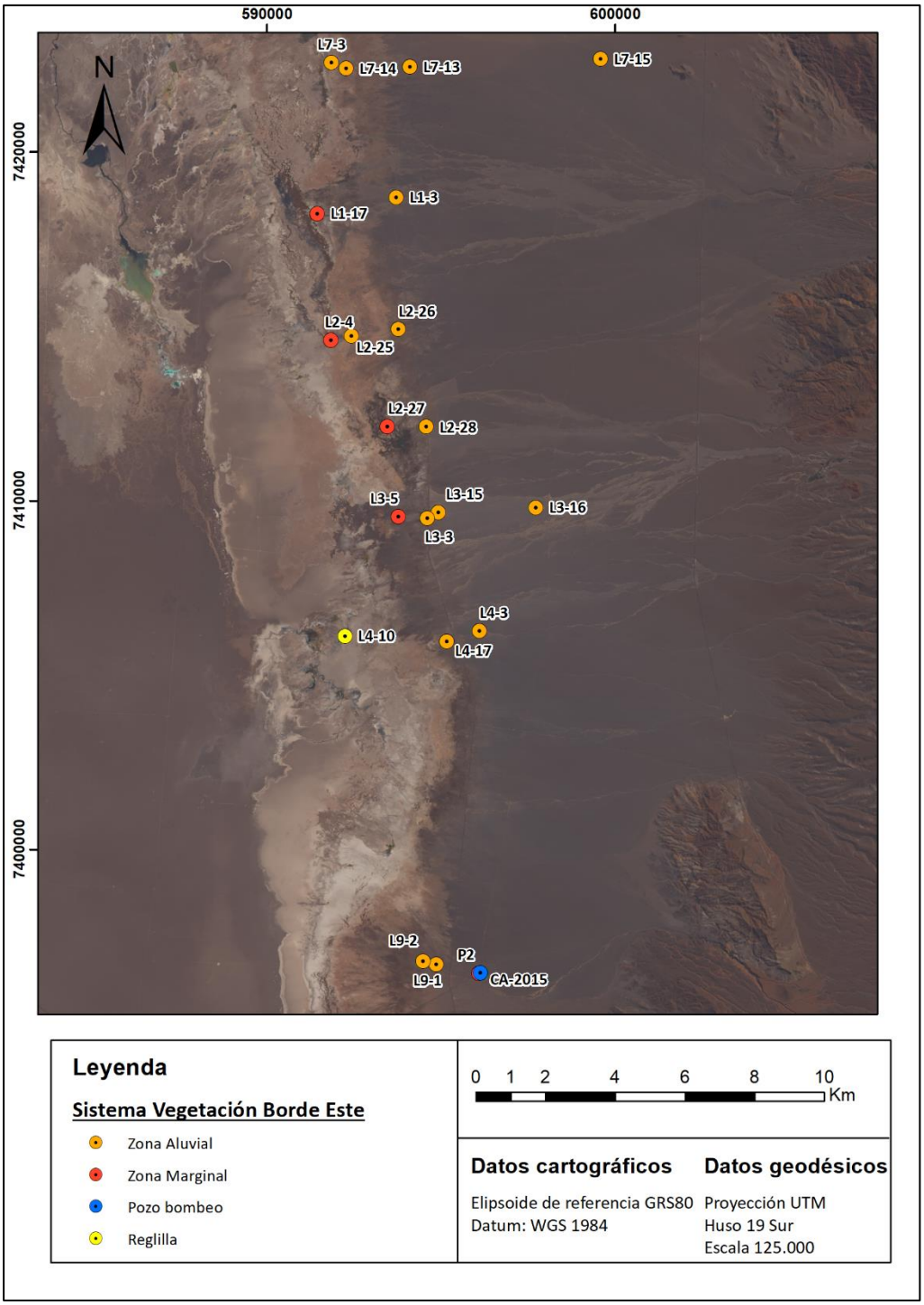
En la siguiente Figura 4-6 se muestra la distribución geográfica de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema, en función de la zonificación Aluvial / Zona Marginal / Núcleo presentada en la Figura 4-15. A continuación, en la Tabla 4-7, se detallan las coordenadas de ubicación de dichos puntos, su tipología y se indica además las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y su frecuencia de medición.

punto se encontró una diferencia en su ubicación de 95,74m. Esto fue debidamente reportado en el Informe PSAH número 25.

[28] Tal y como se ha mencionado anteriormente, este pozo se desmanteló el 26 de junio de 2021. De esta forma, esta infraestructura a partir de la fecha señalada ya no mide “volumen” y, por tanto, se considera pozo para medición de nivel y calidad.

Cabe mencionar, que todos los puntos de medición de nivel que cuentan con sistema para la obtención de datos continuos, 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).

Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este



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

Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este[29]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L2-25	Pozo	7.414.726,680	592.439,510	Nivel	Mensual
L3-5	Pozo	7.409.547,430	593.776,020	Nivel	Continuo
L7-14	Pozo	7.422.403,410	592.286,510	Nivel	Mensual
L9-1	Pozo	7.396.682,170	594.862,350	Nivel	Mensual
L9-2	Pozo	7.396.786,420	594.486,720	Nivel	Mensual
L7-13	Pozo	7.422.455,200	594.116,420	Nivel	Mensual
L2-26	Pozo	7.414.918,140	593.786,540	Nivel	Mensual
L3-15	Pozo	7.409.664,060	594.922,470	Nivel	Mensual
L1-17	Pozo	7.418.238,880	591.453,180	Nivel	Mensual
L2-27	Pozo	7.412.130,850	593.470,530	Nivel	Mensual
L2-28	Pozo	7.412.131,550	594.586,000	Nivel	Mensual
L4-17	Pozo	7.405.962,950	595.169,370	Nivel	Mensual
L4-10	Reglilla	7.406.115,110	592.247,070	Nivel	Mensual
L3-16	Pozo	7.409.802,830	597.731,310	Nivel	Mensual
L7-15	Pozo	7.422.678,150	599.594,220	Nivel	Mensual
L2-4	Pozo	7.414.608,960	591.850,740	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L3-3	Pozo	7.409.496,340	594.614,770	Nivel	Mensual
L7-3	Pozo	7.422.583,150	591.858,280	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L1-3[30]	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel	Mensual

[29] Para los indicadores de estado asociados al Plan de Contingencias del Sistema Vegetación Borde Este, denominados pozos L7-3, L2-4, L4-10, L1-17, L2-27, L3-3, L9-1, L1-3, L2-28, L7-13, L2-25, L4-3 y L9-1 si bien se señala una frecuencia mensual para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), mediante Programa de Cumplimiento presentado ante la SMA, se propuso un incremento en la frecuencia de monitoreo, pasando a ser diaria. La misma situación ocurre para los pozos L2-25, L7-14, L4-17, L9-2, L2-26 y L3-15 que, si bien no fueron identificados en la RCA vigente como indicadores de estado de Planes de Contingencia, han sido asumidos por SQM como pozos adicionales al Plan de Contingencias. Adicionalmente, para el pozo L3-5, si bien se señala una frecuencia continua para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), SQM adicionalmente realiza mediciones manuales en forma mensual, frecuencia de monitoreo que también fue incrementada, pasando a ser diaria.

[30] El pozo L1-3 se reconstruyó durante el año 2012, dado que el original fue tapado por un aluvión. Esta situación fue informada a través del Informe PSAH N° 11 el mismo año 2012, dado que el nuevo pozo (ubicado en el mismo sector del pozo original) supone una pequeña variación de las coordenadas de ubicación y de la cota del punto de referencia. La diferencia entre la cota del punto de

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L4-3	Pozo	7.406.265,010	596.113,200	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
CA-2015[31]	Pozo Bombeo	7.396.451,888	596.135,704	Nivel Calidad 4 Volumen	Mensual Trimestral Mensual

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-7, 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 4-3, 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, la medición mensual de nivel en este punto se ha mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria.

4.3.4 SISTEMA PEINE

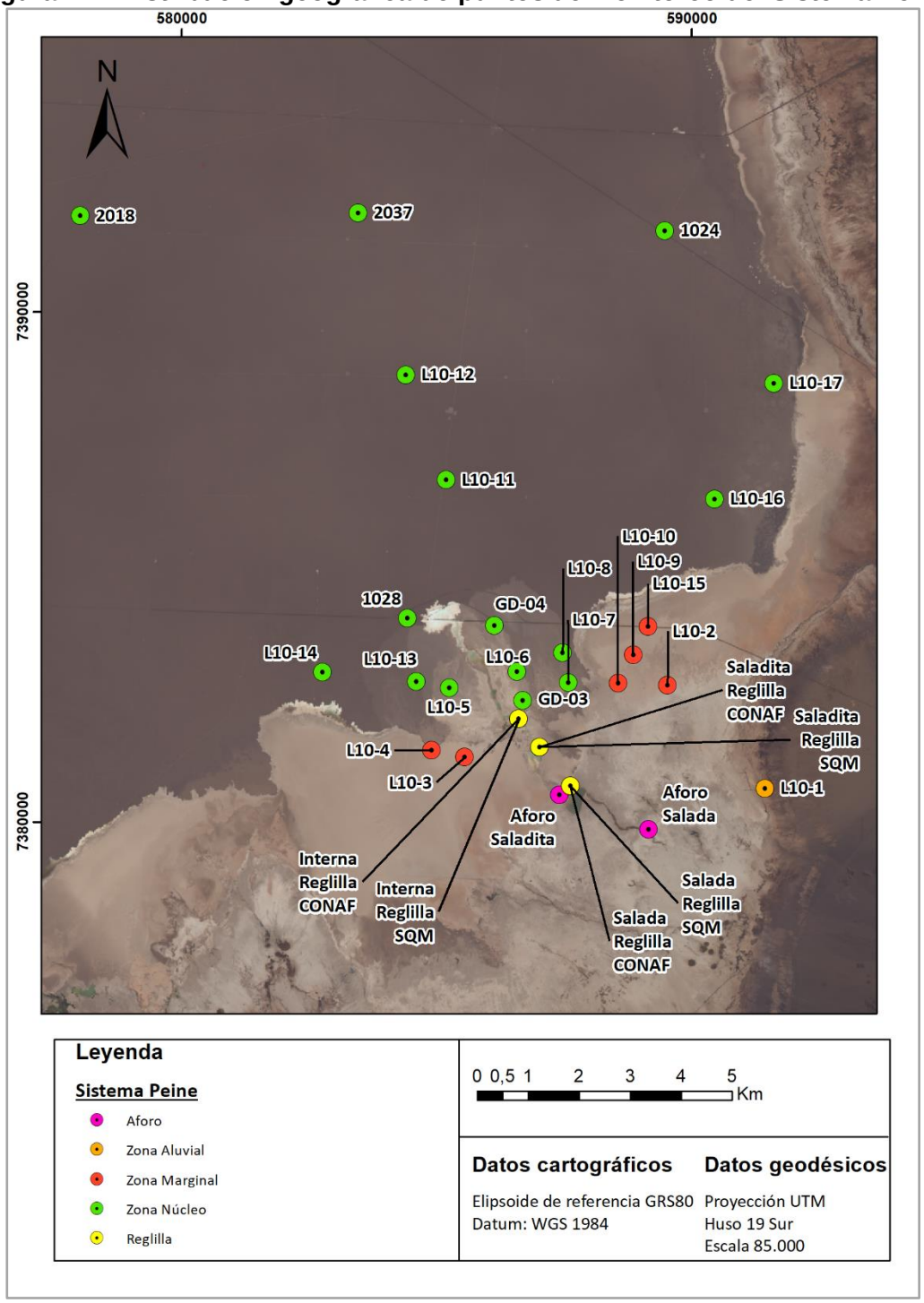
Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector y las lagunas de Salada, Saladita e Interna, 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 para todos ellos. De entre este grupo de pozos, tres también son muestreados para calidad. En el sistema Peine no se contemplan pozos de agua industrial ni tampoco estaciones meteorológicas.

referencia del pozo destruido por el aluvión de 2012 y la del pozo de reemplazo es de 0,183 metros, por lo tanto, a partir de marzo de 2012, se adicionan 0,183 m a la "medición desde punto de referencia" inicial de mayo de 2007.

[31] El pozo de bombeo de agua industrial (pozo P2) fue reemplazado por el pozo CA-2015, a partir de febrero de 2017, según Res. 296/2016 de la DGA.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-7, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación Aluvial / Zona Marginal / Núcleo presentada en la Figura 4-15. A continuación, en la Tabla 4-8 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 4-7: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine



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

Tabla 4-8: Puntos de monitoreo del Sistema Peine[32]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L10-1	Pozo	7.380.660,660	591.440,070	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L10-2	Pozo	7.382.683,180	589.534,380	Nivel	Mensual
L10-3	Pozo	7.381.276,010	585.556,470	Nivel	Mensual
L10-4	Pozo	7.381.407,758	584.907,774	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L10-5	Pozo	7.382.630,960	585.257,670	Nivel	Mensual
L10-6	Pozo	7.382.951,640	586.579,510	Nivel	Mensual
L10-7	Pozo	7.382.733,400	587.591,240	Nivel	Mensual
L10-8	Pozo	7.383.323,180	587.479,410	Nivel	Mensual
L10-9	Pozo	7.383.281,370	588.859,800	Nivel	Mensual
L10-10	Pozo	7.382.729,910	588.561,220	Nivel	Mensual
L10-11	Pozo	7.386.713,220	585.193,010	Nivel	Mensual
L10-12	Pozo	7.388.772,890	584.400,100	Nivel	Mensual
L10-13	Pozo	7.382.758,820	584.610,140	Nivel	Mensual
L10-14	Pozo	7.382.944,900	582.762,630	Nivel	Mensual
L10-15	Pozo	7.383.839,760	589.152,940	Nivel	Mensual
L10-16	Pozo	7.386.333,410	590.452,500	Nivel	Mensual
L10-17	Pozo	7.388.611,170	591.616,700	Nivel	Mensual
GD-03	Pozo	7.382.384,730	586.688,010	Nivel	Mensual
GD-04	Pozo	7.383.853,990	586.142,950	Nivel	Mensual
1028	Pozo	7.383.997,750	584.432,980	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
2018	Pozo	7.391.893,050	578.015,440	Nivel	Mensual
2037	Pozo	7.391.949,150	583.465,290	Nivel	Mensual
1024	Pozo	7.391.600,130	589.474,550	Nivel	Mensual
Reglilla Saladita CONAF	Reglilla	7.381.471,230	587.023,020	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Reglilla Salada CONAF	Reglilla	7.380.706,650	587.624,460	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Reglilla Interna CONAF	Reglilla	7.382.021,410	586.614,800	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Aforo Salada [A-2 (S)]	E. Aforo	7.379.852,460	589.165,200	Caudal	Mensual
Aforo Saladita [A-1 (S)]	E. Aforo	7.380.535,230	587.408,430	Caudal	Mensual

[32] Los pozos 1028, L10-11 y L10-4 fueron definidos como indicadores de estado del Sistema Peine en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto a la SMA en el procedimiento F-041-2016

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
Laguna Salada	Laguna	7.380.706,645	587.624,464	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Saladita	Laguna	7.381.471,227	587.023,022	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Desborde Interna	Laguna	7.382.021,412	586.614,799	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual

Fuente: Elaboración propia.

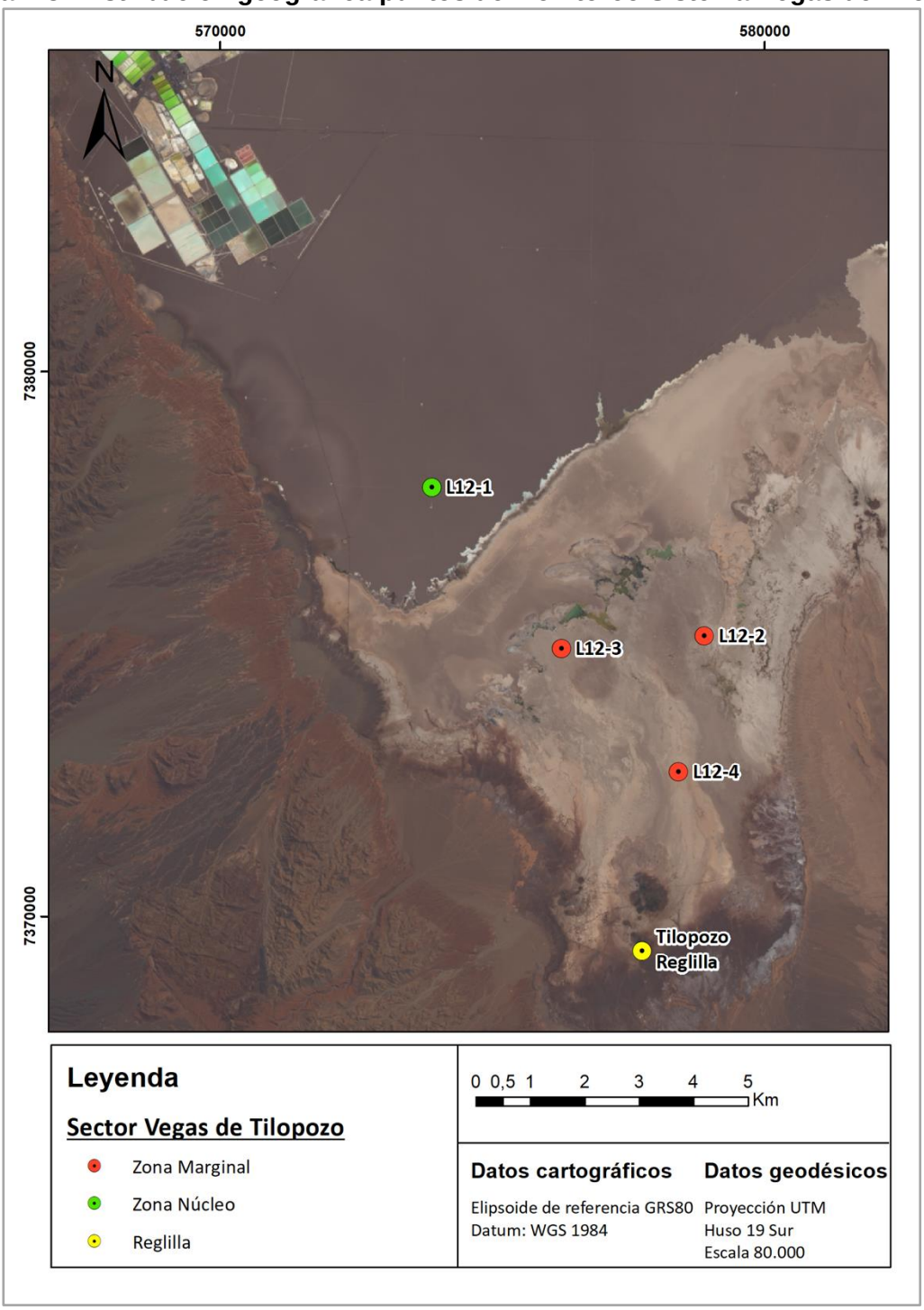
Como se observa en la Tabla 4-8, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados Calidad 1 y Calidad 3 (en la Tabla 4-3, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

4.3.5 SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

Los puntos de monitoreo del Sector Vegas de Tilopozo se ubican entre las coordenadas UTM (WGS84) 7.378.000 a 7.370.000 norte y 573.000 a 580.000 este. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de nivel y reglilla.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-8, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación Aluvial / Zona Marginal / Núcleo presentada en la Figura 4-15. A continuación, en la Tabla 4-9 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 4-8: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo



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

Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	Frecuencia
		Norte	Este		
L12-1[33]	Pozo	7.377.872,510	573.891,040	Nivel	Mensual
L12-2	Pozo	7.375.144,820	578.896,150	Nivel	Mensual
L12-3	Pozo	7.374.917,350	576.268,700	Nivel	Mensual
L12-4	Pozo	7.372.652,700	578.423,070	Nivel	Mensual
Tilopozo	Reglilla	7.369.363,760	577.756,460	Nivel	Mensual

Fuente: Elaboración propia.

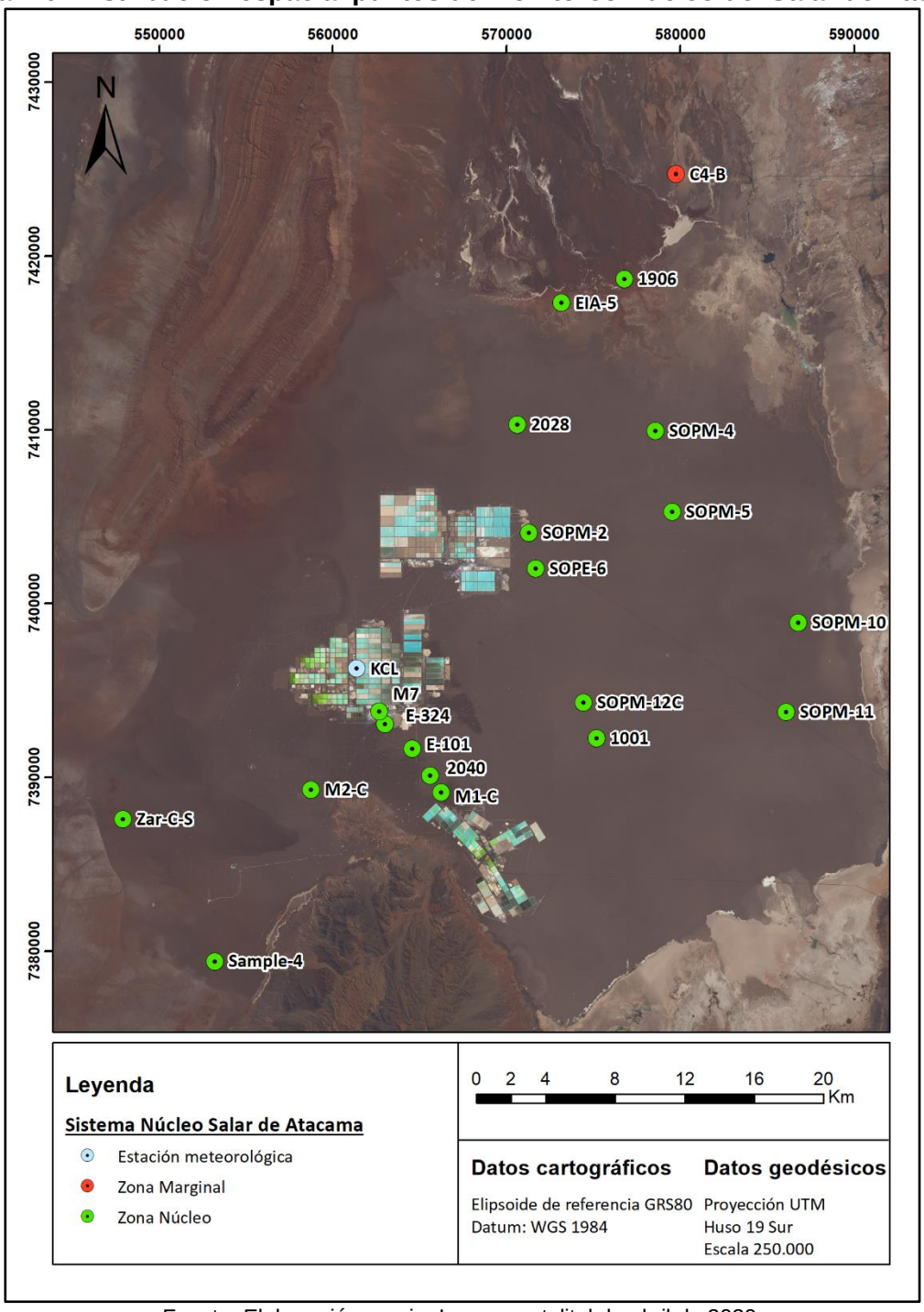
4.3.6 NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Los puntos de monitoreo del Núcleo del Salar de Atacama se encuentran entre las coordenadas UTM (WGS 1984) 7.425.000 a 7.379.000 norte y 57.000 a 588.000 este. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de nivel y una estación meteorológica (estación KCL). Además, dos de los pozos son también muestreados para calidad.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-9. A continuación, en la Tabla 4-10 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.

[33] Durante el segundo semestre de 2016, el Antepozo del punto L12-1 fue destruido por un camión por lo cual se reconstruyó. Lo anterior implica un cambio en la cota del punto de referencia desde los 2302,348 a los 2302,296 (m s.n.m) DATUM WGS-1984. Todo lo anterior se reportó en el Informe N°20 del PSAH y fue informado a la SMA mediante carta GS185 del 2017.

Figura 4-9: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama



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

Tabla 4-10: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama[34]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 84 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
M7	Pozo	7.393.786,880	562.662,520	Nivel	Mensual
E-324	Pozo	7.393.056,030	563.023,210	Nivel	Mensual
E-101	Pozo	7.391.636,430	564.581,510	Nivel	Mensual
2040	Pozo	7.390.079,710	565.600,100	Nivel	Mensual
M1-C	Pozo	7.389.114,680	566.253,540	Nivel	Mensual
SOPM-2	Pozo	7.404.051,550	571.302,230	Nivel	Mensual
SOPE-6	Pozo	7.402.011,780	571.691,000	Nivel	Mensual
SOPM-12C	Pozo	7.394.294,050	574.439,390	Nivel Calidad 5	Mensual Trimestral
1001	Pozo	7.392.245,760	575.189,800	Nivel Calidad 5	Mensual Trimestral
SOPM-4	Pozo	7.409.930,500	578.577,310	Nivel	Mensual
SOPM-5	Pozo	7.405.276,740	579.550,510	Nivel	Mensual
L3-4 (SOPM-8)	Pozo	7.408.833,140	587.551,700	Nivel	Mensual
SOPM-10	Pozo	7.398.886,220	586.801,850	Nivel	Mensual
SOPM-11	Pozo	7.393.742,610	586.119,550	Nivel	Mensual
Zar-C-S	Pozo	7.387.589,960	547.921,520	Nivel	Mensual
M2-C	Pozo	7.389.269,260	558.734,480	Nivel	Mensual
Sample-4	Pozo	7.379.370,300	553.220,510	Nivel	Mensual
EIA-5	Pozo	7.417.291,460	573.177,570	Nivel	Mensual
C4-B	Pozo	7.424.698,440	579.751,950	Nivel	Mensual
2028	Pozo	7.410.286,460	570.639,500	Nivel	Mensual
1906	Pozo	7.418.675,340	576.809,170	Nivel	Mensual
E. meteorológica KCL	E. Meteorológica	7.396.240,540	561.376,160	Meteorología	Continuo

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-10, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, todos ellos corresponden al grupo denominado Calidad 5 (Tabla 4-11).

[34] Cabe señalar que, en relación al punto de monitoreo establecido en la tabla 10 de la RCA Nº226/2006, asociada al punto de monitoreo “acuífero del núcleo de salmuera”, el reporte del volumen mensual de salmuera bombeado y reinyectado se presenta en el denominado “Informe de Extracción Anual de Salmuera de las Operaciones en el Salar de Atacama”, con una frecuencia anual.

Tabla 4-11: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua

Nombre grupo parámetros	Parámetros incluidos
Calidad 5	Densidad y Sólidos Disueltos Totales

Fuente: Elaboración propia.

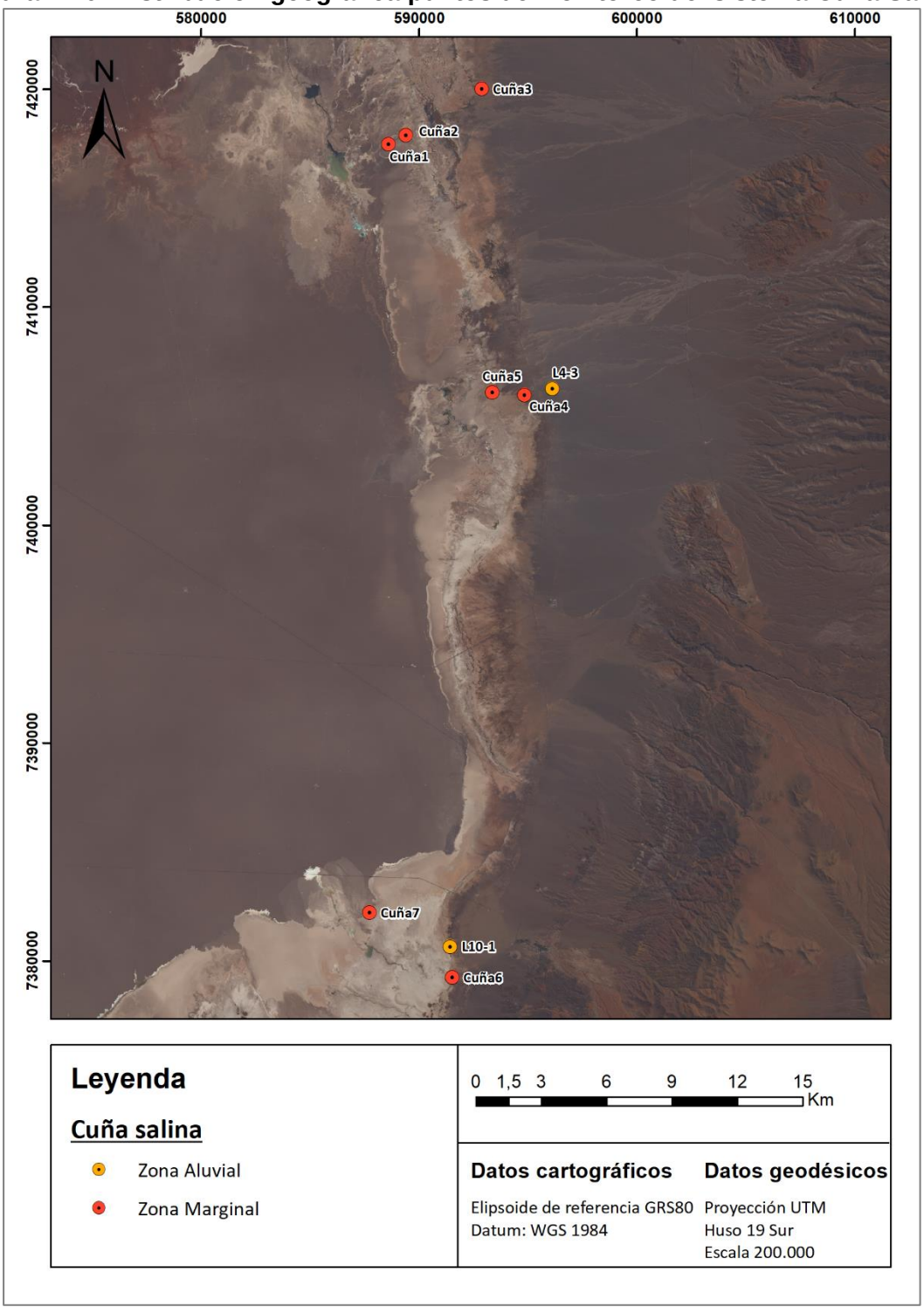
Para el caso de la Estación Meteorológica de KCL, se considera la medición de los parámetros Precipitación (mm), Evaporación (mm), Velocidad del Viento (m/s) y Temperatura (ºC).

4.3.7 CUÑA SALINA

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

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de la cuña salina se muestra en la Figura 4-10. A continuación, en la Tabla 4-12 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 4-10: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina



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

Tabla 4-12: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
Cuña 1	Pozo	7.417.502,390	588.591,760	Conductividad Eléctrica	Semestral
Cuña 2	Pozo	7.417.900,830	589.402,320	Conductividad Eléctrica	Semestral
Cuña 3	Pozo	7.420.047,170	592.879,010	Conductividad Eléctrica	Semestral
L4-3	Pozo	7.406.265,010	596.113,200	Conductividad Eléctrica	Semestral
Cuña 4	Pozo	7.405.987,030	594.841,820	Conductividad Eléctrica	Semestral
Cuña 5	Pozo	7.406.109,500	593.361,940	Conductividad Eléctrica	Semestral
Cuña 6	Pozo	7.379.240,900	591.524,350	Conductividad Eléctrica	Semestral
Cuña 7	Pozo	7.382.218,750	587.722,590	Conductividad Eléctrica	Semestral
L10-1[35]	Pozo	7.380.660,660	591.440,070	Nivel Calidad 5	Mensual Trimestral

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-12, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, todos ellos corresponden al grupo denominado Calidad 5 (ver Tabla 4-11).

4.3.8 PLAN DE CONTINGENCIAS

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 226/2006 en su numerando 11.1, se contempla que cada dos años el Plan de Contingencia sea revisado con el fin de incorporar la nueva información que se obtiene del PSAH, dicha revisión corresponde ser realizada y presentada en el presente informe semestral. Esta revisión contempla los siguientes componentes:

[35] Se mide Conductividad Eléctrica en el perfil (en profundidad) de forma voluntaria.

- Revisión de los valores de activación en función de la información histórica recopilada (promedios, desviación estándar, descensos máximos).
- Revisión de los indicadores de estado, de manera de evaluar la necesidad de incluir o excluir algunos indicadores de estado de acuerdo a su relación con el comportamiento lacustre.

Cabe mencionar que sí bien es cierto que existe información recopilada que permitiría mejorar esta herramienta de control, la revisión se está desarrollando de forma profunda en el contexto del nuevo Estudio de Impacto Ambiental comprometido en el Programa de Cumplimiento rol F-041-2016, el fue entregado en enero del presente año 2022 y que incluye una actualización del Plan de Seguimiento Ambiental y del Plan de Contingencias (“Planes de Alerta Temprana”).

Para efectos del presente informe, se ha tenido a la vista lo indicado en la Resolución N°1/Rol F-041-2016, y su rectificación contenida en la Resolución N°4/Rol F-041-2016. Conforme a lo anterior, el Plan de Contingencias se ajusta a lo indicado en los considerandos 11.2.1, 11.3.1 y 11.4.1 de la RCA N°226/2006.

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)[36].

Cabe mencionar que, adicionalmente, se ha asumido en forma provisoria la adopción de medidas de contingencia en caso de activación de los pozos PN-05B y PN-08A del sector Alerta Núcleo

[36] 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, organismo que a la fecha de presentación de este reporte mantiene vigentes medidas provisionales, que han sido ordenadas a través de Res. Ex. N°1367/2020, Res. Ex. 2141/2020, Res. Ex. N°962/2021, Res Ex. N° 1695/2021, Res. Ex. N°1940/2021, Res Ex. N°2389/2021, Res. Ex. N°111/2022 y Res. Ex. N°676/2022, las que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

del Plan de Alerta Temprana del considerando 10.18 de la RCA Nº21/16, una vez que la Superintendencia del Medio Ambiente notifique a SQM Salar S.A. tal activación[37].

Además, 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 el sistema Alerta Temprana (L2-26 y 3-15). Para todos se definieron los umbrales respectivos bajo los mismos criterios que en la RCA 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 4-13, y su ubicación espacial se presentan en el mapa de la Figura 4-11

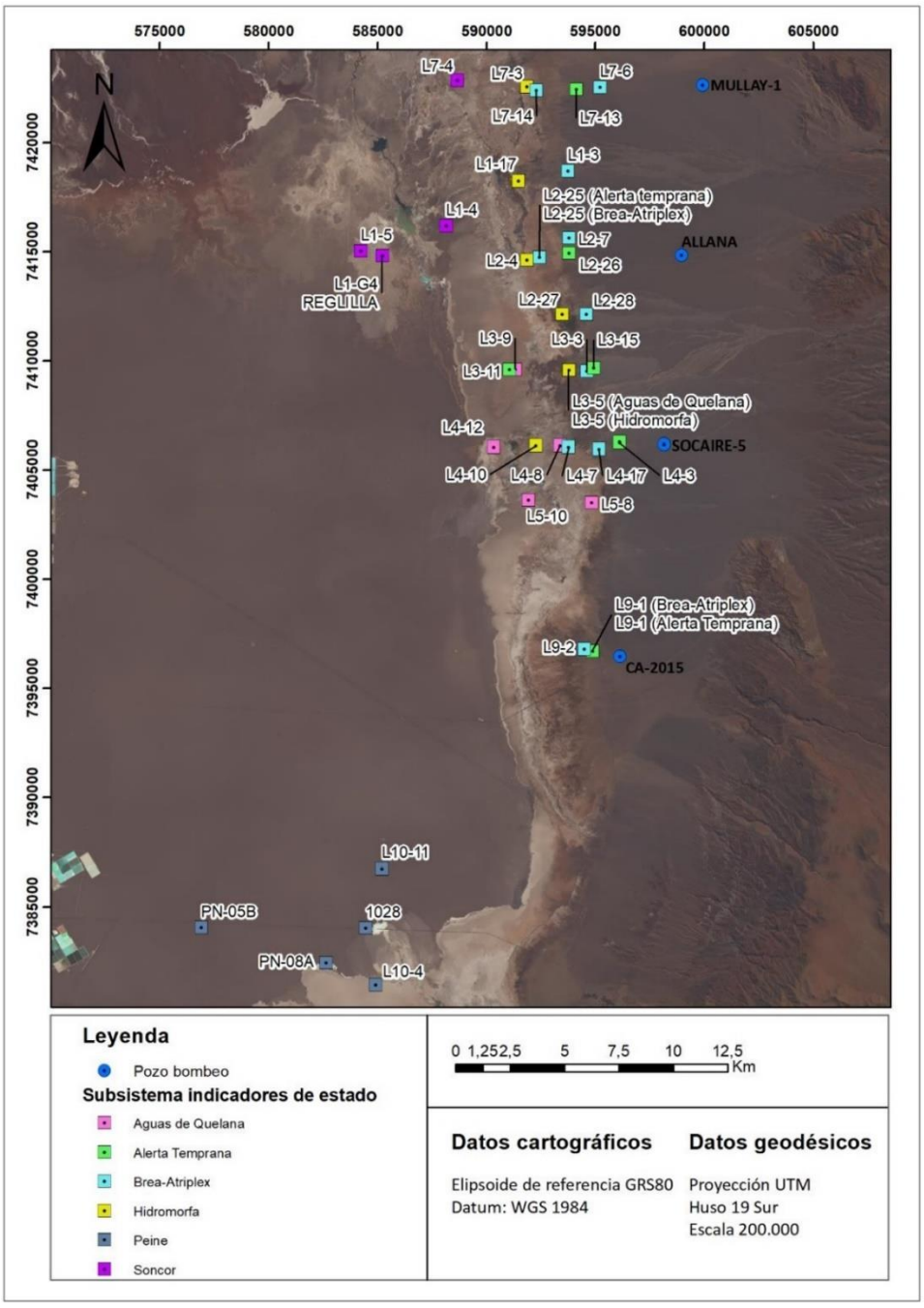
[37] Como se indicó anteriormente, propuestos en el marco del programa de cumplimiento presentado a la SMA en el proceso F-041-2016, su aplicación ha sido ordenada por la institución fiscalizadora mediante la dictación de medidas provisionales, que dispone el cumplimiento de las principales medidas que contempla el programa de cumplimiento presentado.

Tabla 4-13: Piezómetros Indicadores de Estado del Plan de Contingencia

Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Origen
Soncor	-	L1-5 L1-4 L7-4 L1-G4	RCA Nº 226/2006
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 y medidas provisionales dispuestas por la SMA
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.

Figura 4-11: Ubicación indicadores de estado



Fuente: Elaboración propia.

4.4 MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO

A continuación, se expone un listado general de las metodologías 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, en adición a los materiales y equipos utilizados. En el Anexo 3.1 se entrega un mayor detalle sobre los procedimientos e instructivos.

4.4.1 MONITOREO MANUAL DE NIVEL DE AGUA Y SALMUERA SUBTERRÁNEA EN PIEZÓMETROS Y POZOS

En este apartado se describen los equipos y las metodologías implementadas para la medida manual de los niveles en piezómetros y pozos.

Durante el presente semestre reportado, son dos las empresas que han participado en la medición manual de niveles de agua subterránea; por un lado, SQM es responsable de efectuar las mediciones manuales diarias, por otro lado, la ETFA es quien debe realizar las mediciones con frecuencia menor a la diaria. En este sentido, este semestre la empresa encargada de estos monitoreos corresponde a ETFA SEGEA.

A continuación, se detallan los materiales y equipos necesarios para llevar a término estas mediciones y que es general para las dos empresas y más adelante se describe de forma resumida el procedimiento según describe cada empresa. Los certificados de calibración de los equipos de SQM se entregan en el Anexo 3.2 y los correspondientes a las ETFA, en el Anexo 5.1.

4.4.1.1 Materiales y/o equipos

- Pozómetro de 30, 60 o 150 metros
- Vástago o nivel de burbuja para proyectar medición del punto de referencia al eje central del pozo
- Piseta con agua destilada
- Flexómetro
- Tablet y/o planilla de pozos a monitorear

4.4.1.2 Metodología de medición

El procedimiento para cada empresa se describe de forma resumida en la Tabla 4-14, ya que es un extracto de los instructivos que cada empresa dispone. No obstante, se aclara que existen diferencias en la forma de describir, pero que finalmente son todos procedimientos análogos y muy similares. Los procedimientos se encuentran detallados en el Anexo 3.1 para el caso de SQM y en el Anexo 5.1 para el caso de las ETFA SEGEA.

Tabla 4-14: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua subterránea

EMPRESA	Metodología de medición (resumen)
SQM	1) Verificar estado de pozómetro de acuerdo con el instructivo interno Operaciones I-009 (adjunto en Anexo 3.1). 2) Registrar fecha y hora de visita. 3) Medir con pozómetro el nivel (estático o dinámico) en el pozo desde el punto de referencia establecido o desde el centro del pozo a través de un vástago cruzado sobre la superficie del brocal. 4) Registrar el nivel estático obtenido. 5) Realizar limpieza del pozómetro con agua destilada una vez realizada la medición. 6) Registrar observaciones (cuando corresponda).
SEGEA	1) Se posiciona el pozómetro en el collar del pozo y luego se ubica sobre el Punto de Referencia establecido. En caso de que el pozo cuente con Casing (tapapozo), utilizará un nivel de burbujas para proyectar el punto de referencia al centro del pozo. 2) Se enciende el pozómetro, se introduce la cinta al interior del pozo, evitando que roce con la tubería de habilitación del pozo. 3) La cinta debe descender hasta que la chicharra emita un sonido y encienda la señal luminosa. En ese momento, se afina la medición ascendiendo y descendiendo el sensor, hasta que la lectura sea precisa al milímetro[38]. Este procedimiento se repite a lo menos tres veces. 4) Se retira la cinta del pozómetro, evitando el contacto de ésta con el suelo y el brocal.

Fuente: Elaboración propia.

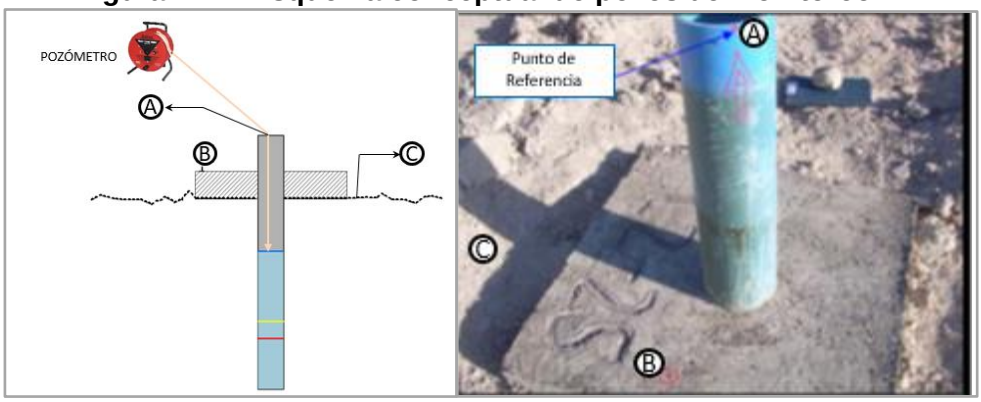
Con el objeto de facilitar el análisis de la información asociada a la medición del nivel en los pozos que conforman el PSAH (y en consecuencia aquellos que forman parte del plan de Contingencias), en la Figura 4-12 muestra la nomenclatura estandarizada para este informe de la siguiente forma:

- Punto A: Punto de referencia de la medición de nivel
- Punto B: Monolito

[38] Tal y como se menciona en el capítulo 4.6 Incertidumbres asociadas a los métodos utilizados, el resultado final de la medición depende de la precisión del equipo (el pozómetro tiene ± 5 mm) y de la observación de la medida por parte del monitor (± 1 mm), así como también depende de la precisión con la que se haya medido la cota del punto de referencia (± 1 cm).

- Punto C: Terreno

Figura 4-12: Esquema conceptual de pozos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

Así, para la determinación del nivel freático, tanto en los pozos que componen el Plan de Contingencias, como en aquellos que forman parte del PSAH, a la cota (m s.n.m.) del punto A, debe restarse la medición obtenida con el pozómetro.

4.4.2 MONITOREO MANUAL DE NIVEL DE AGUA SUPERFICIAL

En este apartado se describen los equipos y metodologías implementadas en la medición del nivel de aguas superficiales.

De la misma forma que ocurría en las mediciones de niveles de agua subterránea, durante el presente semestre reportado, son dos las empresas que han participado en la medición manual de niveles de agua subterránea; por un lado, SQM es responsable de efectuar las mediciones manuales diarias, por otro lado, la ETFA es quien debe realizar las mediciones con frecuencia menor a la diaria, que en este caso ha sido a cargo de SEGEA.
A continuación, se detallan los materiales y equipos necesarios para llevar a término estas mediciones, general para las dos empresas, y más adelante se describe de forma resumida el procedimiento según describe cada una. Los certificados de calibración de los equipos de SQM se entregan en el Anexo 3.2 y los correspondientes a la ETFA, en el Anexo 5.1.

4.4.2.1 Materiales y/o equipos

- Pozómetro y/o flexómetro
- Piseta con agua destilada
- Reglilla
- Tablet y/o planilla de pozos a monitorear

4.4.2.2 Metodología de medición

El procedimiento para cada empresa se describe de forma resumida en la Tabla 4-15 ya que es un extracto de los instructivos que cada empresa dispone. No obstante, se aclara que existen diferencias en la forma de describir, pero que finalmente son todos procedimientos análogos y muy similares. Los procedimientos se encuentran detallados en el Anexo 3.1 para el caso de SQM y en el Anexo 5.1 para el caso de la ETFA SEGEA.

Tabla 4-15: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua superficial

EMPRESA	Metodología de medición (resumen)
SQM	1) Registrar fecha y hora de visita. 2) Medir nivel de agua en la reglilla (m). 3) Registrar el nivel obtenido y las observaciones que correspondan. 4) Para la determinación del nivel del cuerpo de agua superficial, se debe restar a la cota del punto de referencia de la reglilla (m s.n.m.) y el nivel obtenido (m).
SEGEA	1) Preparación del punto de muestreo 2) Registro visual del nivel: se debe visualizar la parte inferior de la regla, donde la superficie de la columna de agua tiene contacto con ella. 3) Se realizará con flexómetro o pozómetro, midiendo la altura desde el nivel de agua hasta el punto de referencia extremo superior de pozo o reglilla. La precisión debe ser centimétrica en el caso de medidores manuales, y de tres milímetros en el caso de estaciones de medición de registro continuo.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 MONITOREO CONTINUO DE NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA

De la red de seguimiento PSAH 47 puntos (pozos y reglillas) tienen equipados sistemas para la medición en continuo de nivel. A continuación, se describen los materiales y equipos, junto con la metodología empleada para su instalación y descarga de la data. Los certificados de calibración de los equipos se entregan en el Anexo 3.2.

4.4.3.1 Materiales y/o equipos

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500 o similar

- Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 y 150 metros
- Palm Win Situ, cable conector RS232, cargador para camioneta (según corresponda)
- Piseta con agua destilada
- Flexómetro
- Densímetros
- Tablet y/o planilla de pozos a monitorear

4.4.3.2 Metodología de medición

Para el caso de puntos de control de nivel que se monitorean en forma continua, la metodología se encuentra descrita en procedimiento P-004 (adjunto en Anexo 3.1) y consiste en la realización de las siguientes actividades:

1) Instalación y configuración del sensor de presión.
2) Descarga de los datos en cada visita mensual.
3) Medición de densidad en cada visita mensual.
4) Medición manual del nivel con pozómetro (ver metodología en apartado 4.4.1).
5) Reinicio de transductor de presión y configuración para nuevo período de medición.
6) Registro de observaciones (cuando corresponda).

El transductor de presión permite medir la presión de la columna de agua existente sobre el sensor. Como se trata de salmuera y para obtener la altura de agua sobre el mismo, se debe conocer la densidad del medio, parámetro que es ingresado manualmente al sensor. Para lo anterior, mensualmente SQM mide la densidad del agua en cada punto de medición continua y programa dicha densidad en el sensor de presión, valor que permanece fijo hasta la siguiente medición.

Debido a lo anterior, es posible que registros obtenidos mediante los sensores de presión difieran de las mediciones manuales efectuadas con pozómetro, ya que, de existir variaciones de la densidad del agua, estas no serían reconocidas por el equipo continuo hasta el nuevo reinicio mensual del mismo. De esta forma, se considera la medición manual como aquella representativa de la profundidad del nivel.

En la Tabla 4-16 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al equipo de Level Troll, relacionado con la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo

reportado (segundo semestre de 2021). Los certificados de calibración de cada Level Troll (identificado por el número se serial) está disponible en el Anexo 3.3.

Tabla 4-16: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado

Infraestructura	Periodo de instalación	Serial
2021	15/08/2020 12:01 – 15/09/2021 12:00	685486
	15/09/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	592964
L13-1	09/02/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	713321
L13-2	23/08/2020 19:00 – 09/02/2021 12:00	685839
	09/02/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	746418
L13-3	17/12/2020 09:21 – Vigente al cierre del periodo	751459
L13-4	16/03/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	548737
L14-4	05/05/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	686043
L1-G4 POZO	15/07/2020 15:32 – 15/07/2021 12:00	685723
	15/07/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685812
L2-16	15/04/2020 15:51 – 15/07/2021 12:00	711693
	15/07/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	680316
L2-23	18/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685816
L2-9	15/07/2020 16:32 – 07/12/2021 12:01	685599
	07/12/21 12:01 – Vigente al cierre del periodo	871606
L3-10	28/04/2021 12:10 – Vigente al cierre del periodo	724040
L3-13	28/04/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	724978
L3-5	24/08/2020 15:59 – 24/08/2021 12:01	685731
	24/08/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	650738
L3-6	28/03/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685574
L3-7	27/04/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685368
L3-9	24/02/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685808
L4-12	24/02/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	645267
L4-13	04/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685493
L4-7	16/06/2020 10:21 – 17/09/2021 12:01	685600
	17/09/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685603
L4-8	09/10/2020 12:01 – Vigente al cierre del periodo	751460
L4-9	27/04/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685801
L5-10	24/02/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685584
L5-14	18/04/2021 12:01 – 18/11/2021 12:01	685809
	18/11/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	868647
L5-3	03/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685803
L5-6	16/12/2020 13:00 – Vigente al cierre del periodo	685598
L5-7	16/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	670992
L5-8	10/03/2021 11:16 – Vigente al cierre del periodo	593898
L5-G3 POZO	05/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685608
L7-4	26/03/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	792899
L7-G2 POZO	19/12/2020 12:01 – Vigente al cierre del periodo	749163
P1-1	26/01/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	638025
P1-2	15/06/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685833
P1-3	27/03/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	868644
P1-4	31/12/2020 12:01 – 15/07/2021 12:00	724986
	15/07/2021 12:00 –Vigente al cierre del periodo	685815
P1-5	18/02/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685806
P1-6	18/02/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685606
P1-7	18/02/2021 12:01– Vigente al cierre del periodo	685813
P2-1	15/03/2021 10:13 – Vigente al cierre del periodo	613468

P2-2	16/01/2020 14:03 – 16/07/2021 12:01	553243
	16/07/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	621851
P2-3	15/07/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685355
P2-4	02/02/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685738
P2-5	02/02/2021 14:00 – Vigente al cierre del periodo	471042
PUENTE SAN LUIS AFORO	29/01/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685372
PUENTE SAN LUIS POZO	16/02/2021 12:59 – Vigente al cierre del periodo	389513
REGLILLA BARROS NEGROS SQM	06/05/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685744
REGLILLA BURRO MUERTO SQM	29/01/2021 13:59 – Vigente al cierre del periodo	685352
REGLILLA CHAXAS SQM	7/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	670606
REGLILLA PUILAR SQM	15/06/2021 00:00 – Vigente al cierre del periodo	685844

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4 MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE

Para el seguimiento de esta variable se cuenta con varias técnicas y la frecuencia en que se lleva a cabo cada una fue ajustada mediante la Resolución Exenta Nº 244/2010 de la COREMA de la Región de Antofagasta. Para el presente informe Nº 30 correspondería la medición mediante una de las tres metodologías previstas (ver Figura 4-13), correspondiente a las estacas perimetrales.

A continuación, se detallan los materiales necesarios y la metodología seguida para cada una de estas técnicas de análisis y/o medición.

Figura 4-13: Métodos y frecuencia para la medición de la superficie lagunar en el PSAH

Tipo de mediciones	Frecuencia de monitoreo según RCA Nº226/2006 y Res. Ex. 244/2010	Monitoreo a reportar en el presente informe PSAH	Próximo informe PSAH en que se reportará
Medición mediante imágenes satelitales	Anual (meses de abril)	No	Informe 31 (Primer semestre 2022)
Medición mediante recorrido a pie (RTK)	Cada 5 años	No	Informe 37 (Primer semestre 2025)
Medición mediante estacas perimetrales	Trimestral	Sí	Informe 32 (Segundo semestre 2022)

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.1 Medición mediante imágenes satelitales[39]

La medición de las superficies lagunares mediante la imagen satelital de alta resolución consta de una visita a terreno durante el mes de abril (coincidiendo con el mes de captura de la imagen) con el objetivo de tomar puntos de control, que permiten mejorar el posterior análisis de los índices de vegetación y agua y que determinan el resultado final.

4.4.4.1.1 Materiales y/o equipos

- Imágenes satelitales de alta resolución para el mes de abril (Quickbird-II; 2,4x0,6 m; Worldview-II; 2x0,5 m; Imagen Geoeye-1; 1,65x0,4 m)
- GPS cartográfico Trimble® Nomad® 900G

4.4.4.1.2 Metodología de medición

La metodología seguida para la medición de superficies lacustres en Soncor y Peine a través de imágenes satelitales fue aprobada por la COREMA Región de Antofagasta, mediante la Resolución Exenta N°244/2010 y consta de las siguientes actividades:

1) Obtención de las imágenes satelitales de alta resolución
2) Georreferenciación de las imágenes satelitales
3) Fusión de imágenes multiespectral y pancromática
4) Realización de las transformaciones digitales; índices MNDWI, TSAVI e IHS
5) Digitalización de los contornos
6) Implementación en el análisis de los puntos de control que previamente se han tomado en terreno
7) Delimitación de la superficie lacustre
8) Definición de límites de cada laguna, según los puntos establecidos por CONAF
9) Identificación de áreas de inundación
10) Cálculo de la superficie lacustre

[39] En el presente semestre reportado no correspondía la medición con esta técnica.

Por otro lado, dado la resolución N°244/2010 no establece una metodología específica para Aguas de Quelana, que se trata de un sistema formado por un gran número de cuerpos lacustres, muy dispersos y de dimensiones extremadamente variables en el tiempo. Ello hace que se trate de cuerpos de distinta conceptualización a los Soncor y Peine. No obstante, la base de la metodología para este sistema es similar a las desarrolladas para estos sistemas. En este caso, al ser cuerpos más someros, los límites de agua-tierra se vuelven más confusos, por lo que en el sistema Aguas de Quelana se vuelve de suma importancia el levantamiento de diversos puntos de control en terreno, que se deben densificar de norte a sur en toda la extensión del sistema.

4.4.4.2 Medición mediante recorrido a pie (RTK)

Para las mediciones de los perímetros y áreas de las lagunas se realiza un levantamiento topográfico con GPS y con la técnica de levantamiento RTK, lo que permite obtener las coordenadas en tiempo real del límite de cada cuerpo lagunar.

Cabe señalar que el compromiso de las mediciones de topografía fue con frecuencia anual hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que la nueva frecuencia sería cada 5 años. La metodología aprobada formalmente por la autoridad para hacer el seguimiento anual corresponde a la realizada a través de imagen satelital, la que se realiza para cada mes de abril.

En 2020 correspondía ejecutar una nueva medición (Informe PSAH Nº 27), pero no fue posible debido al cierre de la Reserva Nacional Los Flamencos durante esos meses, por los efectos de la pandemia COVID-19. Así se tuvo que posponer al siguiente abril 2021 (Informe PSAH Nº 29). Durante esos meses, no fue posible completar para todas las lagunas comprometidas, por lo que durante el mes de abril de 2022 se ha tratado de medir de nuevo todas las lagunas con RTK. De esta forma, el objetivo es disponer de resultados análogos al mismo año para todos los casos, lo que facilite los posteriores análisis. No obstante, el resultado de abril 2022 será entregado en el próximo informe, correspondiente al informe Nº 31. Para clarificar la situación descrita, se presenta la Tabla 4-17.

Tabla 4-17: Resumen de las fechas comprometidas para la medición con técnica RTK

Fecha comprometida de medición RTK	Frecuencia de monitoreo según Instrumento de seguimiento ambiental aplicado	Informe PSAH correspondiente	Comentarios
Abril 2010	Anual según RCA Nº226/2006	Informe PSAH Nº 7	Reportado en Informe correspondiente al compromiso
Abril 2015	Cada 5 años según Res. Ex. 244/2010	Informe PSAH Nº 17	Reportado en Informe correspondiente
Abril 2020		Informe PSAH Nº 27	Se reportará entre los informes PSAH Nº 29 (abril 2021) y Nº 31 (abril 2022)
Abril 2025		Informe PSAH Nº 37	Próxima fecha de medición según frecuencia comprometida

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.2.1 Materiales y/o equipos

- GPS marca Trimble modelo R4
- 4 receptores GNSS, modelo Trimble R10 o equivalente
- 1 radio UHF externa de 30W de potencia, que permite enviar el mensaje de corrección en un radio no inferior a los 25 km

4.4.4.2.2 Metodología de medición

1) Se fija la base del GPS en el hito de cada laguna
2) El receptor móvil se desplaza por el margen de la laguna registrando puntos
3) Posteriormente se procesa la información registrada con el GPS obteniendo un polígono lagunar, desde donde se obtiene el perímetro y área de cada laguna

4.4.4.3 Medición mediante estacas perimetrales

Para obtener los datos de área de superficie lacustre, se realizan mediciones en puntos demarcados por estacas (que indican el perímetro de referencia) ubicadas alrededor de cada laguna.

Cabe señalar que todos los datos y resultados obtenidos hasta octubre del 2013 fueron de responsabilidad del cuerpo técnico de CONAF. A partir de enero de 2014, la empresa consultora SEARCH, contratada por CONAF, implementó su metodología de cálculo de área lacustre

mediante estacas perimetrales. En el presente periodo estas actividades están a cargo del área de geomensura de SQM.

4.4.4.3.1 Materiales y/o equipos

- GPS cartográfico modelo Trimble® Nomad® 900G o equivalente
- Mediciones topográficas de perímetro con estacas de CONAF
- Cinta métrica o Flexómetro

4.4.4.3.2 Metodología de medición

1) En terreno, desde cada estaca existente se mide con una cinta métrica o flexómetro, la distancia desde la estaca hacia el borde del nivel de agua, pudiendo esta ser positiva o negativa, según el nivel del agua en relación con la estaca.
2) Posteriormente, los datos son ingresados al software GIS donde se generan los nuevos polígonos de las lagunas y se calcula el área del espejo de agua.

Esta metodología presenta imprecisiones, pero CONAF mantuvo su aplicación con el objeto de dar continuidad al seguimiento, dado que corresponde a la forma en que esa entidad ha realizado la estimación de superficies lacustres desde el inicio del convenio de monitoreo con SQM en 1997, estipulado en las RCA Nº 403/1995 y Nº 226/2006.

4.4.5 MONITOREO DE CAUDAL DE POZOS DE BOMBEO DE AGUA INDUSTRIAL

En los siguientes apartados se describe el equipo y metodología seguida para la obtención del parámetro de caudal de los pozos de agua industrial que se reporta en el presente informe.

En la Tabla 4-18 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al flujómetro, relacionado con el pozo la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (segundo semestre de 2021). Los certificados de calibración de cada flujómetro (identificado por el número se serial) está disponible en el Anexo 3.2.

Tabla 4-18: Relación número serial del flujómetro con el nombre de infraestructura y el periodo instalado

Infraestructura	Fecha de inicio del periodo o de instalación	Fecha de fin del periodo o de desinstalación	Serial
CA-2015	01/01/2021 0:00	21/01/2021 11:35	S5V203117
	21/01/2021 11:36	Vigente al cierre del periodo	S5W504499
Socaire-5	01/01/2021 0:00	Vigente al cierre del periodo	S5W504501
Camar-2	01/01/2021 0:00	24/01/2021 8:36	S5V203120
	24/01/2021 8:37	26/06/2021 8:00[40]	S5WB07077[41]
Allana 1	01/01/2021 0:00	21/01/2021 16:49	S5V203119
	21/01/2021 16:50	Vigente al cierre del periodo	S5W504500
Mullay 1	01/01/2021 0:00	28/01/2021 10:52	S5V203118
	28/01/2021 10:53	Vigente al cierre del periodo	S5WB07076

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5.1 Materiales y/o equipos

- Flujómetro (Totalizadores): Endress+Hauser Flowtec o similar conectados vía API al SQM en Línea.

4.4.5.2 Metodología de medición

La determinación del volumen mensual se obtiene a partir de la lectura del flujómetro del primer día del mes (t) y de la lectura del primer día del mes siguiente (t_{+1}) (la primera medida del 1 de cada mes), la diferencia entre ambas lecturas corresponde al volumen total del mes t. Para obtener el caudal medio mensual del mes t, se divide el volumen total obtenido entre el número de días que conforma el mes t.

Las lecturas de los flujómetros se están enviando de forma automática vía API a un sistema receptor de datos, la que reporta directamente a las distintas autoridades ambientales. Adicionalmente se está compartiendo públicamente la información a través del SQM en Línea[42]. Esta plataforma contiene el cálculo directo del caudal promedio mensual, además del detalle de los cambios de flujómetro. De manera que, para el reporte en los Informes del PSAH, esta

[40] A partir de esta fecha el pozo se encuentra desmantelado para su uso como pozo de agua industrial.

[41] En el Anexo 3.2 se presenta el ultimo flujómetro de Camar-2 con fecha de desinstalación el 26/06/2021, correspondiente al periodo reportado del informe PSAH N°29.

[42] https://www.sqmsenlinea.com/agua-industrial

información procede directamente de esta fuente y no se realiza ningún cálculo ni aproximación posterior.

4.4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OBJETO DEL PSAH

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el PSAH contempla mediciones en siete sistemas y/o sectores del salar de Atacama; en la Figura 4-14 se ubican respecto la cuenca del Salar de Atacama y se describen con más detalle a continuación:

- **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. 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 al extremo sur de la misma (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 hacia el oeste, alcanzando incluso el límite con el núcleo del Salar.

- **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 terminal de Interna, alineadas en una dirección aproximada SE-NW. La laguna 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.

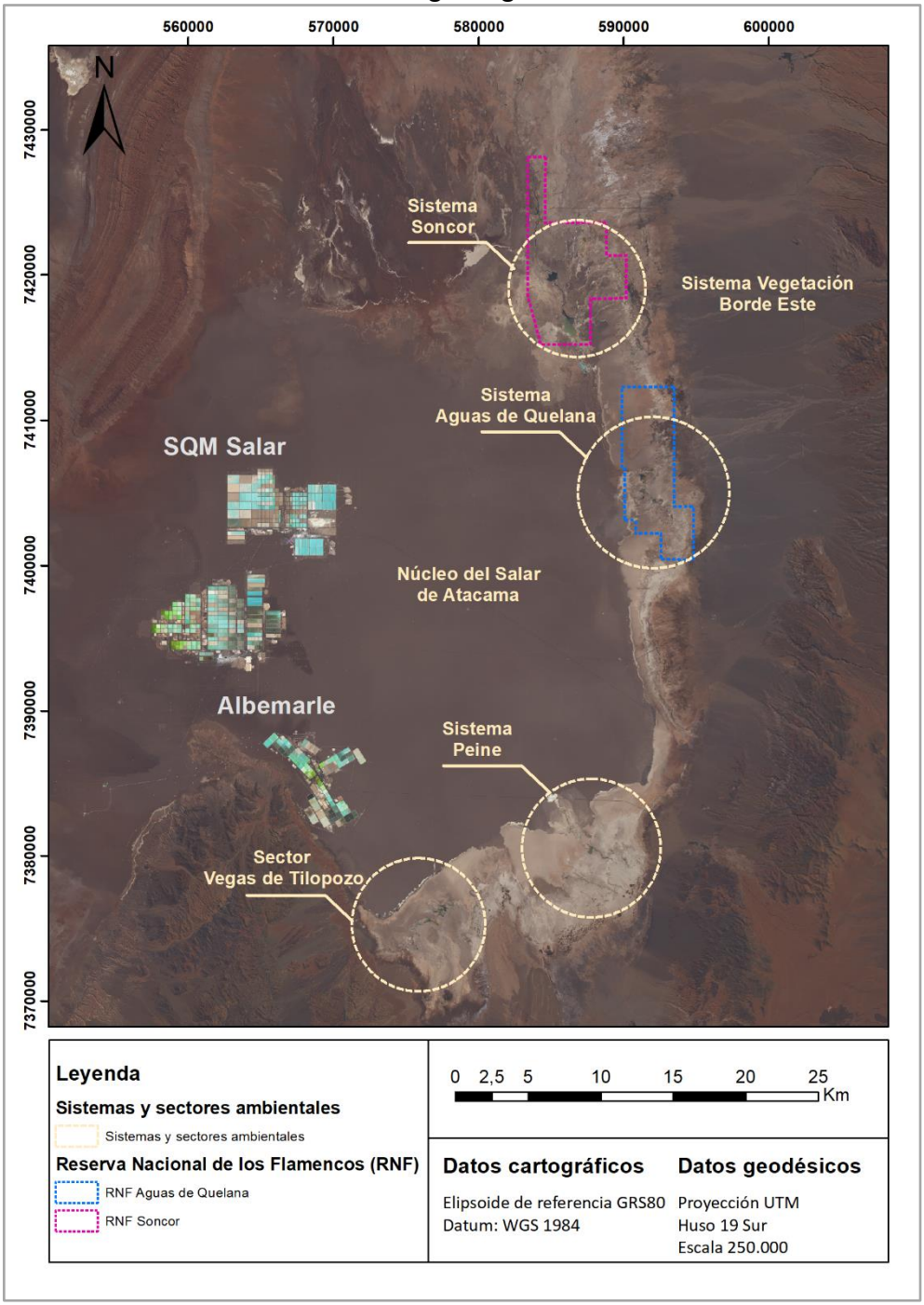
- **El Sistema Vegetación Borde Este** se extiende por gran parte de la zona marginal este del Salar de Atacama, donde se concentra el contenido vegetacional del sector, destacándose los sectores caracterizados por la presencia de vegetación Hidromorfa y de Brea-Atriplex (ambos definidos como objeto de protección en la RCA). 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. La vegetación Brea-Atriplex se encuentra en los sectores donde sus raíces potencialmente pueden estar conectadas con el acuífero del Borde Este.

- **El 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.

- **Cuña salina**; la red de monitoreo de la cuña salina consta de 9 puntos de monitoreo, distribuidos en tres perfiles. En cada sector, los puntos de monitoreo se distribuyen formando una línea en el sentido del gradiente de concentraciones y a una distancia aproximada de 1.500 m entre uno y otro, con la finalidad de observar las posibles variaciones de la profundidad, pendiente y forma de la cuña salina[43].

[43] Este seguimiento 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 4 1

Figura 4-14: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSA Hidrogeológico



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020

En la Tabla 4-19 se indican los sistemas objeto de protección ambiental del PSAH asociados a la RCA 226/2006 y se indican además los objetos de protección definidos para cada uno de ellos. Cabe mencionar, además, que en la zona marginal se encuentra la Reserva Nacional Los Flamencos. En la anterior Figura 4-15 puede verse también los actuales polígonos que delimitan la Reserva Nacional Los Flamencos, para Soncor y Aguas de Quelana.

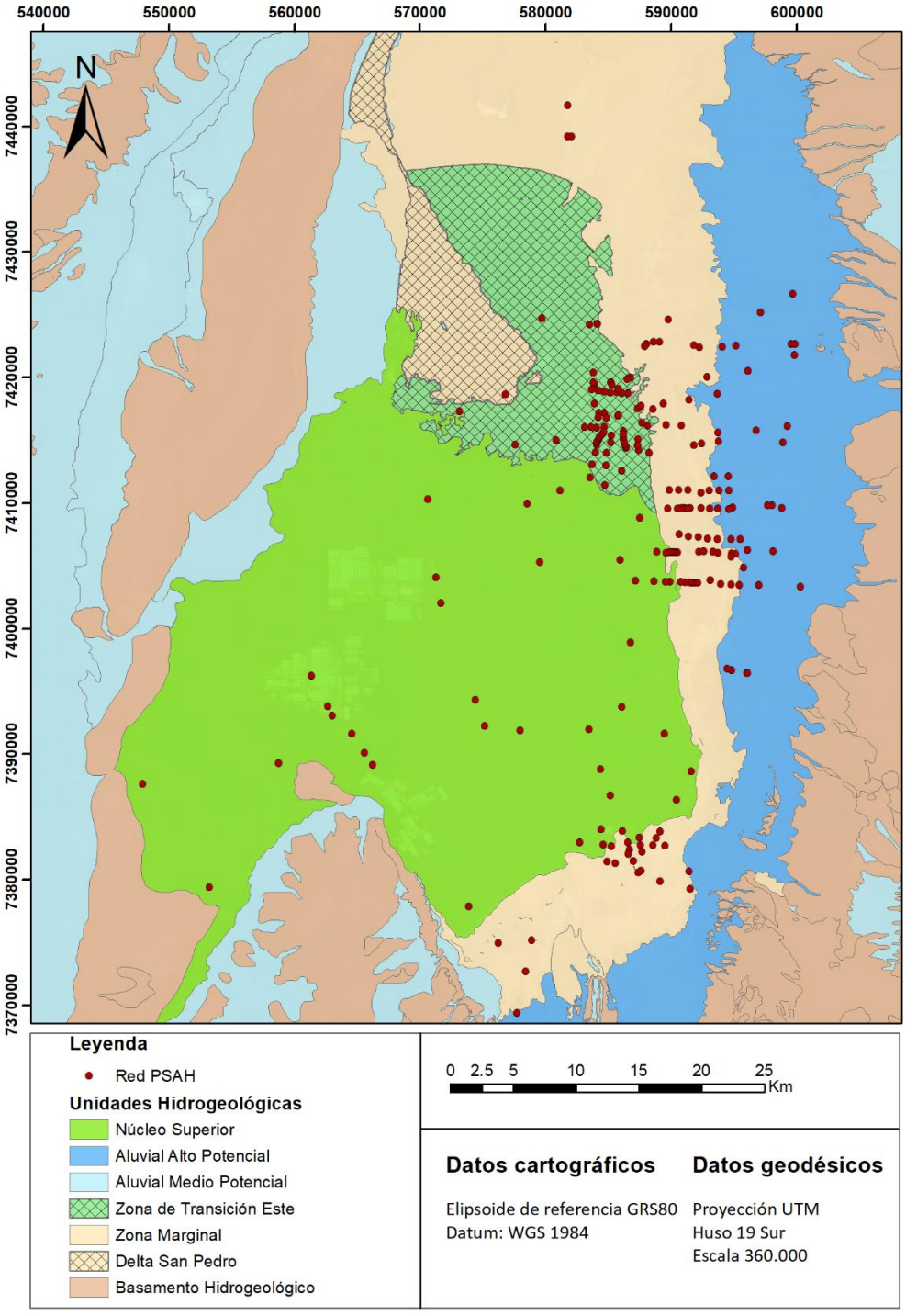
Tabla 4-19: Sistemas objeto de protección

Sistema	Objetos de protección
Soncor	Lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros
Aguas de Quelana	Cuerpos lacustres dispersos y de dimensiones variables
Peine	Lagunas Salada, Saladita y Desborde Interna
Vegetación Borde Este	Zona de Vegetación hidromorfa Zona de vegetación Brea-Atriplex conectada con el acuífero

Fuente: Elaboración propia

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 han sido sectorizados de acuerdo con las zonas acuíferas definidas en la Figura 4-15, 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 4-15: Zonificación del Salar de Atacama basado en la delimitación de las unidades hidrogeológicas (UH)



Fuente: Elaboración propia

4.4.7 MONITOREO MANUAL DE CAUDAL SUPERFICIAL (AFOROS)

En los siguientes apartados se describen los materiales, equipos y metodologías seguidas para la medición manual del parámetro de caudal de agua superficial, también conocido como aforos. En este caso, es la ETFA, la responsable de estas mediciones y en el presente semestre de reporte han sido llevadas a cabo por SEGEA cuyo procedimiento P-HIDRO-05, se encuentra descrito en el Anexo 5.1 de este reporte. así como también los certificados de calibración de los equipos utilizados. A continuación, se resumen los materiales y la metodología

4.4.7.1 Materiales y/o equipos

- Micromolinete OTT C2 o similar
- Flexómetro
- Planillas de terreno

4.4.7.2 Metodología de medición

La medición del caudal pasante por las distintas secciones de aforo es realizada por la ETFA SEGEA y se realiza mediante la metodología denominada área-velocidad, para lo cual se efectúan las siguientes actividades:

- Para cada uno de los puntos del canal o cauce que se van a aforar, y que están preestablecidos, se define el número de secciones transversales en las que se harán las mediciones.
- Medición del ancho de cada sección (m) y la altura de agua en el centro (de cada sección) (m). Se obtiene el área de cada sección como la multiplicación de estas dos medidas (m^2).
- Medición de la velocidad del agua (m/s) en el centro de cada sección (según el eje horizontal) mediante molinete.
- Cálculo del flujo pasante en cada sección (m^3/s), obtenido mediante la multiplicación del área de la sección por la velocidad obtenida.
- Obtención del caudal de aforo del canal o cauce a partir de la suma del flujo pasante en cada sección.

Si bien no es compromiso de SQM realizar este tipo de mediciones, éstas se realizan de todas formas de forma voluntaria y complementaria. Los procedimientos que SQM ocupa se adjuntan en el presente reporte en el Anexo 3.1, así como también los certificados de calibración de los

equipos en el Anexo 3.3.

4.4.8 MONITOREO CONTINUO DE CAUDAL SUPERFICIAL (AFOROS)

En los siguientes apartados se describen los materiales, equipos y metodologías seguidas para la medición continua del parámetro de caudal de agua superficial, también conocido como aforo continuo.

4.4.8.1 Materiales y/o equipos

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500 o similar

4.4.8.2 Metodología de medición

La medición continua del caudal se realiza mediante la instalación de un sensor de presión que registra la altura de la columna de agua en una sección de aforo de control conocida y que no cambia en el tiempo. Luego, se aplica una curva de descarga preestablecida para relacionar dicha altura con el caudal pasante.

1) Instalación y configuración del sensor de presión.
2) Descarga de los datos.
3) Reinicio de transductor de presión y configuración para nuevo período de medición[44].
4) Determinación de caudal pasante a partir de los datos descargados mediante utilización de curva de descarga preestablecida.

En la Tabla 4-20 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al equipo de Level Troll, relacionado con la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (segundo semestre de 2021). Los certificados de calibración de cada Level Troll (identificado por el número serial) está disponible en el Anexo 3.3.

[44] Para la nueva configuración del transductor es necesario medir previamente la densidad en una muestra del pozo. Este procedimiento se describe en el apartado que viene más adelante 4.4.8. Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas.

Tabla 4-20: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado

Infraestructura	Periodo de instalación	Serial
PUENTE SAN LUIS AFORO	29/01/2021 12:01 - Vigente al cierre del periodo	685372

Fuente: Elaboración propia.

4.4.9 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

En este capítulo se describen los materiales, equipos y metodologías seguidas para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Esto implica que en terreno se realiza la recolección de muestras (muestreo) tanto para agua superficial como subterránea (donde el procedimiento es similar) y la medición in situ de los parámetros fisicoquímicos. En las siguientes secciones de describe cada caso.

Las muestras recogidas en terreno son luego enviadas al laboratorio. Las muestras son analizadas por ETFAS, que para el periodo reportado en el presente informe son: ALS Environmental que contrató para el muestreo en terreno a SOPROCERT en julio y octubre 2021. En los casos en que SOPROCERT no ha podido acceder al punto y sí la ETFA SEGEA, es ésta quien ha procedido con el muestreo en esos casos. En la Tabla 4-21 se presentan los puntos que no pudieron ser muestreados en la campaña prevista con SOPROCERT y fueron visitados posteriormente por SEGEA.

Tabla 4-21: Puntos muestreados por ETFA SEGEA entre julio y diciembre 2021

Julio- Agosto 2021	Octubre 2021	Noviembre 2021	Diciembre 2021
L7-G1 REGLILLA CHAXAS CONAF REGLILLA BARROS NEGROS CONAF REGLILLA BURRO MUERTO CONAF REGLILLA PUILAR CONAF L4-10 L4-8 L4-9 L10-1 REGLILLA INTERNA CONAF REGLILLA SALADA CONAF REGLILLA SALADITA CONAF ALLANA L4-12 L5-3	REGLILLA BURRO MUERTO CONAF L4-10 L4-8 L4-9 L5-3 REGLILLA INTERNA CONAF REGLILLA SALADITA CONAF L7-G1 L4-12 REGLILLA CHAXAS CONAF REGLILLA BARROS NEGROS CONAF REGLILLA SALADA CONAF REGLILLA PUILAR CONAF	L10-1 L10-4 1028 REGLILLA INTERNA CONAF REGLILLA SALADITA CONAF REGLILLA SALADA CONAF	L10-4 1028 L10-1 REGLILLA INTERNA CONAF REGLILLA SALADITA CONAF REGLILLA SALADA CONAF

Fuente: Elaboración propia.

Los procedimientos seguidos son de acuerdo con las metodologías acreditadas para cada parámetro en particular, generalmente siguiendo las directrices de la serie Standard Methods, o aquellas que corresponda para cada punto de muestreo y parámetro. El detalle de las metodologías de los análisis se describe en los respectivos certificados de laboratorio que se encuentran adjunto en Anexo 6

De toda la información recopilada en terreno y en laboratorio, se realiza un proceso de validación de los datos a partir de distintos criterios y que se describe en la última sección de este apartado.

4.4.9.1 Muestreo de aguas superficiales y subterráneas

El muestreo de aguas superficiales y subterráneas tienen similitudes, por lo que se tratan en el mismo apartado, ya que la única diferencia está en el método de la recolección de la muestra, el tratamiento y transporte posterior es el mismo dependiendo del parámetro a analizar.

4.4.9.1.1 Materiales y/o equipos

En la Tabla 4-22 se muestran los materiales necesarios para llevar a cabo el muestreo de aguas y se detalla el que corresponde a aguas superficiales y subterráneas.

Tabla 4-22: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas

	Agua subterránea	Agua superficial
Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 o 150 metros	•	•
Piseta con agua destilada	•	•
Flexómetro		•
Bomba para purga y muestreo (si corresponde)	•	
Bailer de muestreo (si corresponde)	•	
Guantes desechables	•	•
Envases plásticos/vidrio de distintos volúmenes.	•	•
Preservantes para las muestras	•	•
Etiquetas autoadhesivas (si corresponde)	•	•
Sistema de refrigeración (cooler y/o ice pack).	•	•
Ficha de información de muestreo, puntos y parámetros de terreno	•	•
Registro de actividades realizadas en cadena de custodia	•	•

Fuente: Elaboración propia.

4.4.9.1.2 Metodología de muestreo

El muestreo de agua, que es realizado por las ETFAs correspondientes, se hace de acuerdo con las normas de referencia principales que se muestran en la Tabla 4-23, según sea agua subterránea o superficial.

Tabla 4-23: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas

Variable Calidad	Normativas de referencia SOPROCERT	Normativas de referencia SEGEA
Agua subterránea	MMA-PR-12, Procedimiento de Muestreo y Medición de agua Subterránea	P-HIDRO-01 Procedimiento de Muestreo de Agua Superficial y subterránea
		I-HIDRO-01 Instructivo Condiciones y Almacenamiento de las Muestras
		I-HIDRO-02 Instructivo Sistema de Codificación de Registro de las Muestras
		I-HIDRO-03 Instructivo Específico Uso Medidor de pH
	NCh 411/11 Of. 1998 Calidad de agua-muestreo-Parte11: Guía para muestreo de aguas subterráneas	I-HIDRO-04 Instructivo Específico Uso Medidor de Conductividad
		I-HIDRO-05 Instructivo Específico Uso Medidor de Potencial Redox (Orp)
		I-HIDRO-06 Instructivo Especifico Uso Medidor de Oxígeno Disuelto (Od)
		I-HIDRO-07 Instructivo Específico Uso Medidor de Temperatura
		I-HIDRO-10 Instructivo Específico Registro Fotográfico
Agua superficial	MMA-PR-44, procedimiento de Muestreo y Medición de Agua Superficial	P-HIDRO-01 Procedimiento de Muestreo de Agua Superficial y subterránea
		I-HIDRO-01 Instructivo Condiciones y Almacenamiento de las Muestras
		I-HIDRO-02 Instructivo Sistema de Codificación de Registro de las Muestras
		I-HIDRO-03 Instructivo Específico Uso Medidor de pH
	NCh-ISO 5667/ Of. 2005, Calidad de agua- Muestreo- Parte 6: Guía para el muestreo	I-HIDRO-04 Instructivo Específico Uso Medidor de Conductividad
		I-HIDRO-05 Instructivo Específico Uso Medidor de Potencial Redox (Orp)
		I-HIDRO-06 Instructivo Especifico Uso Medidor de Oxígeno Disuelto (Od)

Variable Calidad	Normativas de referencia SOPROCERT	Normativas de referencia SEGEA
	de ríos y cursos de agua. RESULTADOS PARÁMETROS EN TERRENO	I-HIDRO-07 Instructivo Específico Uso Medidor de Temperatura
		I-HIDRO-10 Instructivo Específico Registro Fotográfico

Fuente: Elaboración propia.

Aunque de forma genérica, el muestreo incluye las siguientes etapas:

Tabla 4-24: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales

		Agua subterránea	Agua superficial
1	Medición del nivel freático, antes y después de tomar la muestra	•	
2	Purga de pozo (cuando corresponda [45])	•	
3	Selección del envase adecuado de acuerdo con el volumen de muestra necesario y tipo de análisis, que depende de cada analito	•	•
4	Homogeneización de la muestra, ambientación del envase y toma de la muestra	•	•
5	Adición con preservantes si se requiere en función del analito a analizar	•	•
6	Identificación de la muestra	•	•
7	Almacenamiento de la muestra	•	•
8	Transporte de la muestra	•	•
9	Entrega de la muestra en laboratorio	•	•
10	Registro de actividades realizadas en cadena de custodia	•	•

Fuente: Elaboración propia.

4.4.9.2 Medición de parámetros fisicoquímicos en terreno

4.4.9.2.1 Materiales y/o equipos

- Medidor multiparamétrico marca WTW, modelo pH_Cond 330-340i o similar
- Manuales correspondientes de los medidores usados, que deben ser llevados a terreno y ser consultados en caso de dudas o manipulaciones no rutinarias
- Soluciones de calibración para pH y conductividad eléctrica
- Densímetros (rangos: 1,0-1.1; 1,1-1,2; 1,2-1,3; 1,3-1,4 g/ml) cuando se requiera
- Solución de mantención de electrodos, para el medidor multiparamétrico
- Papel “tissue” u otros no abrasivos, paños de algodón de poca pelusa
- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno

[45] Existen puntos que se encuentran en áreas de baja permeabilidad y el purgado para el muestreo podría ser contraproducente, afectando a los niveles de áreas sensibles. Se han dado casos de purgados que han tardado años en recuperar el nivel anterior, como L10-1.

- Guantes desechables (especialmente para medición de parámetros orgánicos)
- Agua destilada/desionizada

4.4.9.2.2 Metodología de medición

Para la correcta medición de parámetros fisicoquímicos en terreno, se deben efectuar las labores indicadas en la Tabla 4-24 que permitan contar con una muestra representativa del cuerpo de agua. Cabe señalar que las mediciones en terreno son realizadas en forma paralela tanto por una ETFA autorizada por la SMA, como por SQM. La metodología que se sigue en terreno para la medición de los parámetros fisicoquímicos se detalla a continuación:

- Calibración de equipos (sonda multiparámetro).
- Purgado de pozos en caso de aguas subterráneas (cuando corresponda).
- Toma de muestra
- Vaciar muestra en probeta u otro recipiente (volumen según sea el caso) para medición de parámetros de terreno.
- Medición con equipo multiparámetro y posterior registro de datos.
- Registrar profundidad de la bomba (cuando corresponda).
- Registrar datos, condiciones ambientales y observaciones.
- Limpieza del material utilizado con agua destilada.

4.4.9.3 Validación de los datos de calidad del agua

En esta sección se realiza un breve resumen del procedimiento seguido para la revisión de los resultados de calidad (expuestos en el capítulo 5) con el objetivo de identificar si han existido desviaciones importantes en los resultados de algunos parámetros que puedan dificultar los análisis e interpretaciones a realizar posteriormente. Los principales criterios de validación son los siguientes;

- **Balance en masa de Sólidos**. Para aquellas muestras que se analizan Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendidos (SS) y Sólidos totales (ST), debe cumplirse la siguiente expresión:

$$Balance = 100 * \frac{ST - SDT - SS}{ST}$$

En el caso de encontrarse desviaciones importantes, mayores al 20%, se solicita un chequeo al laboratorio. En caso de no poder corregirse, se consideran los resultados de los parámetros afectados no validados.

- **Balance iónico**. Para aquellas muestras que se analizan los iones mayoritarios se verifica el error de cargas entre cationes totales (cat) y aniones (an). Por lo general se suele admitir un valor de 5% con cationes disueltos según la bibliografía existente (Custodio & Llamas, 2001). Dadas las elevadas concentraciones que se encuentran en la salmuera, de acuerdo con la literatura disponible (Garcés et al, 1996), se ha definido un valor inferior a 7,5%, como valor recomendable, aceptándose algún valor máximo puntual del 10%.

  El cálculo de Balance iónico (BI) se realiza mediante la expresión:

$$BI(\%) = 100\frac{\sum \text{cat}\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right) - \sum \text{an}\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right)}{\sum \text{cat}\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right) + \sum \text{an}\left(\frac{\text{meq}}{\text{L}}\right)}$$

  En los casos que el BI ofrece resultados mayores de 10%, se solicita la revisión del análisis al laboratorio. Si después de la revisión por parte del laboratorio se mantiene el mismo valor o si no se ha podido efectuar un nuevo análisis de la muestra, se mantiene como no validado y se sugiere que para los futuros análisis no sea considerado.

- **Comparativa con respecto las concentraciones históricas**. Se revisa la coherencia del resultado actual con los resultados anteriores para el mismo punto y analito. El criterio empleado consiste en el cálculo de:

$$[X_{Punto,analito}] \leq Validado\ [X]$$

$$Validado\ [X] = \bar{x} + 2\,\sigma$$

  "Validado [X]" representa la concentración empleada como valor para detectar valores que pueden considerarse *outliers*, "$\bar{x}$" representa el valor promedio de todas las mediciones existentes y "σ" la desviación estándar de las concentraciones para un punto y analito. Los valores que superan este valor son revisados y si procede, se solicita la revisión del análisis al laboratorio. Si después de la revisión por parte del laboratorio se mantiene el mismo valor o si no se ha podido efectuar un nuevo análisis de la muestra,

este dato se mantiene como no validado. Si las campañas posteriores confirman ese resultado, dejará de ser considerado valor anómalo y se investigará que ha podido producir ese cambio. Los resultados validados por esta condición aparecerán con resalte en los gráficos del capítulo 5.

Además de estos criterios definidos se realizan también correlaciones para ver la coherencia de los resultados y comprender las posibles desviaciones en el sistema natural, en caso de presentarse. En este sentido, se comparan los resultados de los parámetros fisicoquímicos en terreno y laboratorio, tales como pH, conductividad, densidad. En caso de existir diferencias relevantes entre ambos puede deberse a que la muestra se haya visto alterada en el tiempo que se produce entre la medición en terreno y laboratorio. Los procesos que se pueden dar durante este espacio de tiempo pueden ser muy variados; precipitación o disolución química, evaporación, interacción con la atmósfera, contaminación o incluso cambio de muestras en el etiquetado. Estos resultados no se muestran en los apartados siguientes, salvo en el caso concreto de que exista alguna desviación que sea importante hacer notar.

En esta misma línea, se revisa también la coherencia entre densidad, conductividad (CE) y sólidos disueltos totales (STD) para las muestras. Esta validación puede llevarse a cabo por medio de la correlación que existe entre estas variables. Para ello existen ejemplos publicados para el Salar de Atacama: (SGA, 2015) y (Marazuela, y otros, 2018). Nótese que entre la densidad y los STD, la correlación es prácticamente lineal, sin embargo, para las correlaciones con CE (CE vs densidad o CE vs STD), la correlación es lineal únicamente hasta los 150.000 µS/cm aproximadamente; para valores mayores, la correlación de igual manera existe, pero se expresa mediante un grado polinómico mayor, conllevando mayor incertidumbre en la conversión de un parámetro a otro.

La aplicación de esta técnica de validación permite completar la revisión que se hace de estos analitos cuando se comparan con los resultados históricos; las variaciones que puedan darse en el sistema natural objeto de seguimiento deberán producir desviaciones en todos a la vez (CE, TSD y densidad) y en una cierta proporción según sea la correlación. Si se diera una desviación de uno solo de estos analitos, sin verse afectados los otros, el motivo que lleve a esta situación será con toda probabilidad, ajeno a un cambio en el sistema natural.

4.4.9.4 Clasificación agua dulce, salobre y salmuera

La cuenca del Salar de Atacama presenta fluidos de distinta naturaleza y características, que son clasificados como agua dulce, agua salobre o salmuera. Esta clasificación se efectúa desde la clasificación de Fetter (2001) modificado, la cual puede verse en la Tabla 4-25. La definición de los valores o límites a partir de los cuales se clasifican los distintos fluidos presentes en el Salar de Atacama debe mantenerse actualizada en base a correlaciones entre los distintos parámetros, que permiten robustecer esta clasificación.

Tabla 4-25 Rangos según SDT para definición de agua dulce, transición y salmuera.

Fetter		Fetter Modificado	
Categoría	*Rango SDT [mg/L]*	*Categoría*	*Rango SDT [mg/L]*
Agua fresca	0-1.000	Agua fresca	0-3.000
Aguas salobres	1.000-10.000	Zona de transición	3.000-100.000
Aguas saladas	10.000-100.000		
Salmuera	>100.000	Salmuera	>100.000

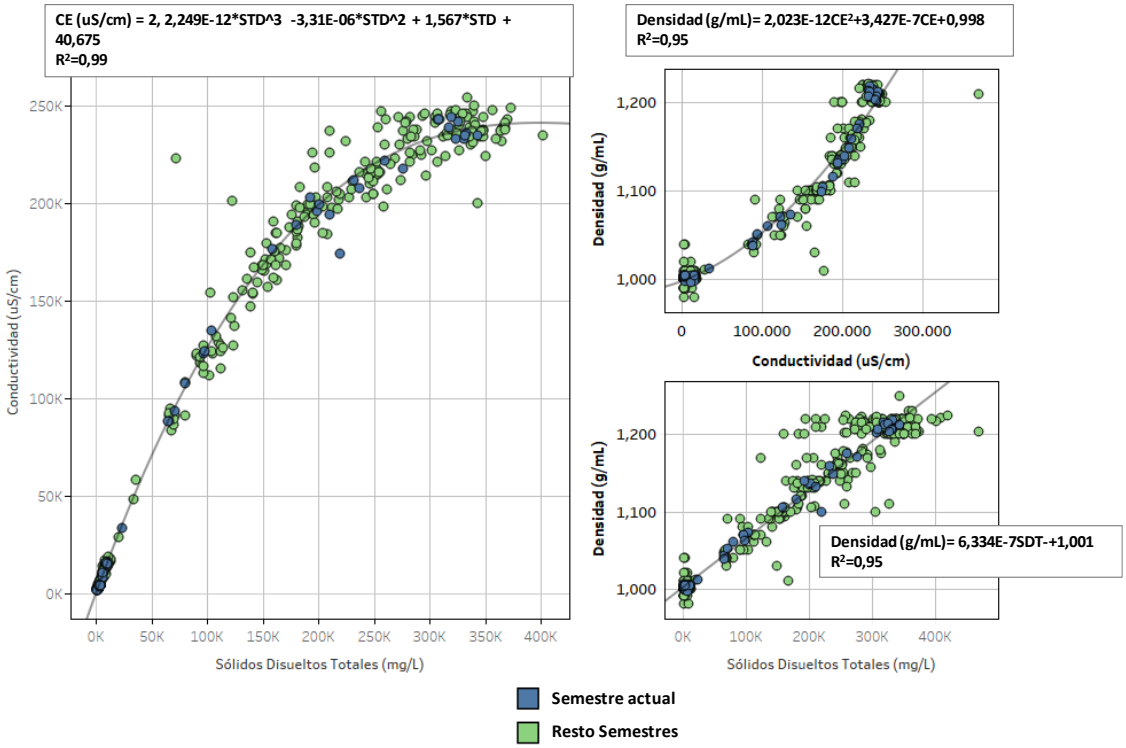
Fuente: Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall

En la Figura 4-16 se presentan las correlaciones entre SDT vs CE y SDT vs densidad, obtenidas con los resultados obtenidos en los distintos informes PSAH. Estas correlaciones y sus ecuaciones de ajuste serán empleadas para definir los límites ente agua dulce, zona de transición y salmuera en base a mediciones de conductividad y densidad. En la misma Figura 4-16 se presenta también la correlación entre CE y densidad que resulta útil conocer para otros potenciales estudios.

Los datos empleados en la Figura 4-16 son los adquiridos en forma posterior a 2016, debido a que para los datos anteriores existió un problema con las mediciones de SDT para los valores de salmuera (Anexo 10.3, Informe PSAH 26). Los resultados históricos se presentan en color verde mientras que los del semestre reportado en este informe se presentan en color azul.

Para la elaboración de estas correlaciones se han empleado los resultados validados según el criterio de concentración histórica y que no presentan una diferencia entre los datos de CE de laboratorio y de terreno mayor a un 20%, ni una diferencia entre densidad de laboratorio y densidad de terreno mayor a un 1%. Puede verse que las correlaciones empíricas obtenidas presentan resultados muy buenos para la correlación entre SDT y CE y CE-Densidad, con valores R^2 de 0,99 y 0,95, respectivamente y aceptable para SDT – densidad con un R^2 de 0,95.

Figura 4-16: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016



Fuente: Elaboración propia.[46]

Considerando estas correlaciones y la definición para agua dulce, zona de transición y salmuera mostrada en la Figura 4-16, se obtienen los distintos rangos para SDT, CE y densidad, mostrados en la Tabla 4-26. No obstante, dado que estos valores calculados se encuentran sujetos a cierta incertidumbre asociada a toda medición de laboratorio, se puede considerar aplicar un ±10 % en los valores de CE calculados y un rango de ±2‰ g/mL para los valores de densidad calculados.

[46] Se ha mejorado el ajuste entre SDT y CE con una ecuación de tercer grado. (En el informe PSAH 27 era una ecuación de 2°grado, lo que originaba que los valores de CE descendieran para valores muy elevados de SDT. Además, se detectaron dos errores de tipeo en el informe PSAH 27 respecto a las ecuaciones de Densidad y Conductividad, siendo las ecuaciones correctas:
Densidad= 3,128E-12CE^2+8,411E-8CE+1,000 (Se había omitido el E-8 en el segundo término de la ecuación
Conductividad = -2,124E-6SDT^2+1,423SDT+1123,53 (Se había omitido el signo "-" al comienzo de la ecuación.

Esta clasificación resulta de gran utilidad para la clasificación de fluidos en Salar de Atacama, pero no incide en los resultados obtenidos.

Tabla 4-26 Clasificación de tipos fluidos en base a TSD, CE y Densidad.

Tipo Agua	TSD (mg/L) (Fetter modificado, Tabla 4-25)	CE (mS/cm)	Densidad (g/mL)
Dulce	0 - 3.000	0 a 5 ± 0,5 mS/cm	1 a 1,003 ± 0,002
Zona de Transición	3.000-100.000	5 ± 0,5 a 126 ± 13 mS/cm	1,003 ± 0,002 a 1,065 ± 0,002
Salmuera	>100.000	>126 ± 13 mS/cm	>1,064 ± 0,002

Fuente: Elaboración propia

4.4.10 PERFILAJE DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN POZOS

Los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo los perfiles de conductividad eléctrica se listan a continuación. Luego, se detalla la forma en que se realiza este tipo de monitoreo en terreno.

4.4.10.1 Materiales y/o equipos

- Sonda Conductividad KLL-Q-2 SEBA HYDROMETRIE
- Piseta con agua dulce

4.4.10.2 Metodología de medición

La medición de la conductividad eléctrica en los pozos de cuña salina, mediante un proceso de perfilaje en profundidad, se realiza mediante el procedimiento P-014 de SQM (adjunto en el Anexo 3.1) y los certificados de calibración del equipo se encuentra en el Anexo 3.2. Pero a continuación, de forma genérica, los pasos seguidos son:

1) Verificación de estado de funcionamiento de sonda multiparamétrica
2) Ingreso de sonda en pozo hasta alcanzar el nivel freático
3) Descenso de sonda de forma gradual (cada 1 metro) y a una velocidad adecuada para la correcta medición de los parámetros.
4) Registro manual de los valores de conductividad y temperatura entregados por la sonda para cada 1 metro de profundidad.
5) Limpieza del material utilizado con agua dulce.

6) Descarga de los datos desde la sonda.

4.4.11 MEDICIÓN METEOROLOGÍA

La medición de los parámetros meteorológicos se realiza a partir de las estaciones que SQM dispone en el Salar (KCL y Chaxa). Para efectos del cumplimiento de la RCA 226/2006, las estaciones se encuentran equipados con los sensores que se detallan a continuación:

4.4.11.1 Materiales y/o equipos

- Evaporímetro: NOVALYNX 255-100
- Pluviómetro: Texas Electronics 525 M
- Monitoreo del viento: Young 05103-5 WS
- Temperatura: T° HR HMP45C Vaisala

4.4.11.2 Metodología de medición

La recolección de información meteorológica se realiza mediante estaciones de monitoreo operadas por SQM. La medición se realiza automáticamente cada 5 minutos para precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, mediante los sensores que se encuentran instalados en las estaciones. Esta información es descargada desde el data logger por personal de SQM mensualmente en el caso de la estación KCL y Chaxa, información que es almacenada en servidores internos.

4.5 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS

Las fechas de muestreo, medición y/o análisis que se reportan en este informe corresponden al segundo semestre de 2021, que comprende el período de entre el 01 de julio de 2021 y el 31 de diciembre de 2021

En el capítulo 5, que corresponde a la exposición de los resultados, quedan indicadas todas las fechas en las que se han tomado las medidas o se han recogido las muestras.

4.6 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.
- Condiciones ambientales.

La definición de un procedimiento para realizar la medición y verificar su cumplimiento se realiza con el objetivo de minimizar y controlar las incertidumbres existentes.

En la obtención de la cota piezométrica las incertidumbres se concentran en la precisión de los equipos de medición como son el pozómetro (± 5 mm[47]), la observación de la medida por parte del monitor (± 1 mm) y la precisión con la que se haya medido la cota del punto de referencia (± 1 cm); esta última depende del equipo de medición topográfica usado, además de las condiciones climáticas, el tiempo transcurrido (minutos) durante los registros de la medición en el punto y la distancia a la estación base, aunque, en general, es del orden de centímetros.

Para el caso de los puntos de medición continua, el valor del nivel se obtiene mediante transductores de presión. El transductor registra la presión cada 1 minuto, tal y como establece la Res. Ex. Nº1314/2020 y, mediante un valor de densidad de referencia ingresado por el usuario, calcula y reporta el nivel de salmuera en profundidad desde el punto de referencia. Dado que los valores de densidad de referencia para los cálculos son obtenidos por mediciones de terreno efectuadas con frecuencia mensual, los valores de nivel reportados por los transductores cada 1 minuto tienen una incertidumbre debida a no contar con medidas de densidad con la misma frecuencia. En general, en los puntos de control de nivel freático ya sea de agua o salmuera, los valores de densidad presentan oscilaciones pequeñas y la mayoría de los puntos de medición

[47] De acuerdo a especificaciones técnicas del equipo, adjuntas en Anexo 3.1.

continua son de este tipo. Los valores de densidad pueden variar en mayor grado cuando los puntos de medición están ubicados en zonas de aguas aflorantes (reglillas) o cercanos a éstos, donde la salinidad y, por ende, la densidad puede aumentar sensiblemente durante largos períodos de evaporación o disminuir durante los eventos de precipitación. Los puntos de este tipo son la minoría de los de medición continua.

En la medición de parámetros fisicoquímicos en terreno y los parámetros medidos en laboratorios externos, la incertidumbre recae en la representatividad de la muestra en la que se miden los parámetros, el estado de calibración y adecuación del rango de trabajo de los equipos de medición, además claro está del rango de precisión del mismo equipo. En el caso de la necesidad de procesos de preparación de la muestra, como diluciones u otras manipulaciones, se incrementan las incertidumbres. Seguir los procedimientos en el caso de la medición de parámetros “in situ”, muestreo y cumplimiento de los estándares de calidad por parte de los laboratorios, en adición a tomar muestras por duplicado, pueden contribuir en minimizar y controlar las incertidumbres de los parámetros.

En la medición de caudales en cauces naturales, la incertidumbre recae en la medición del área de las secciones (± 0,1 m^2), la precisión de medición del molinete (± 0,1 m/s) y el régimen del flujo de agua (laminar-turbulento).

Para el caso de las mediciones de precipitación, evaporación, temperatura y velocidad del viento, la incertidumbre asociada está ligada a la precisión de los equipos utilizados en las estaciones meteorológicas, los que se deben mantener limpios y calibrados, de acuerdo con lo indicado por el fabricante (mayor detalle Anexo 3.1).

En la obtención de la superficie de las lagunas mediante el procesamiento de imágenes satelitales que se realiza en abril de cada año, la incertidumbre se asocia a la resolución de dichas imágenes (lo que se mide en función del tamaño del píxel de la imagen) y las decisiones posteriores que se requieren para el procesamiento y el mismo cálculo de los índices.

Sobre el efecto de la resolución de la imagen; a cada píxel de las imágenes se le asigna un valor correspondiente a la longitud de onda registrada por el satélite, que integra toda la información del área del mismo píxel. Como consecuencia, a mayor tamaño de píxel, menor precisión. Las

imágenes satelitales utilizadas para la medición de superficies lacustres procesadas por SQM tienen alta resolución espacial (pixeles pequeños), la que se presenta a continuación:

- Quickbird-II; 2,4x0,6 m
- Worldview-II; 2x0,5 m
- Geoeye-1; 1,65x0,4 m

Adicionalmente, cada 5 años se mide topográficamente la superficie de las lagunas (RTK). El resultado es una medición directa de la superficie de las lagunas. De este modo, la medición del mes de abril se compara con los resultados de la medición a partir de las imágenes satelitales a modo de validación de éstas. La incertidumbre de este método depende de la cantidad de puntos que se tomen en el perímetro de la laguna y el número de satélites disponibles durante la medición. El GPS (dependiendo del modelo) tiene un error aproximado 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 (desplazamiento)
- Vertical: 15 mm + 1,0ppm (cota)

Por otro lado, 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.

Con respecto los caudales medidos mediante flujómetro Endress+Hauser Flowtec y Yokogawa tienen un error de ± 0,5 % del flujo medido, de acuerdo con las especificaciones técnicas de los equipos.

4.7 EVENTOS POSTERIORES AL PERÍODO REPORTADO

A la fecha de presentación de este informe, se han producido una serie de eventos de los que es necesario dejar constancia:

i. La Superintendencia del Medio Ambiente ha mantenido vigentes las medidas provisionales ordenadas a través de Res. Ex. N°1367/2020, Res. Ex. 2141/2020, Res. Ex. N°962/2021, Res Ex. N° 1695/2021, Res. Ex. N°1940/2021, Res Ex. N°2389/2021, Res. Ex. N°111/2022 y Res. Ex. N°676/2022, las que disponen el cumplimiento de las principales acciones del programa de cumplimiento propuesto en el proceso F-041-2016, que incluyen la aplicación de umbrales de activación de fase I y II definidos para los indicadores 1028, L4-10 y L10-11 para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto calificado mediante RCA N° 226/2006, 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 N°21/2016, y las correspondientes medidas de control, cuando corresponda, dando continuidad a las respectivas acciones que contempla el PdC propuesto.

ii. Con fechas posteriores al cierre del presente semestre reportado, se publicó la Res. Nº 573/2022 que dicta la nueva instrucción de carácter general para la operatividad del reglamento de las entidades técnicas de fiscalización ambiental (ETFA), y que fue publicada el 18 de abril de 2022.

iii. Durante el primer semestre de 2022 y hasta la fecha de cierre de edición del presente reporte, se han producido las siguientes activaciones de Fase II. Todas ellas corresponden ser abordadas entre el Informe del PSAH Nº31. A continuación el detalle:

a) **L1-4:** este indicador activó la Fase II el día 20 de enero (2022), lo que se informó mediante la carta GMAL 11/2022. El día 20 de febrero (2022) se hizo entrega del informe de investigación (GMAL 36/2022) y el día 20 de julio (2022) se hizo entrega del informe de efectividad de la medida (GMAL132/2022). El indicador se mantiene con la fase activada hasta el cierre de la edición de este informe.

b) **L2-27:** este indicador activó la Fase II el día 6 de febrero (2022), lo que se informó mediante la carta GMAL 22/2022. El día 8 de febrero (2022) se hizo entrega del informe de investigación (GMAL 38/2022). Este indicador desactivó la fase en junio de 2022 producto del comportamiento estacional característico del pozo.

c) **L10-4:** este indicador registró niveles bajo el umbral de activación de Fase I el día 25 de mayo (2022) (GMAL 82/2022), lo que le corresponde entregar un informe con el

uso de la Herramienta de Verificación de Estado Sinérgico (HVES) el día 25 de noviembre de 2022.

5 RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE DE 2021

En esta sección se presentan los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico y del Plan de Contingencias (PC), en este orden, obtenidos durante el segundo semestre del año 2021.

Los resultados son presentados de acuerdo con los criterios en materia de seguimiento ambiental definidos por la Superintendencia del Medio Ambiente mediante Res. Ex. Nº223/2015, y teniendo a la vista los cargos formulados por la autoridad ambiental en relación con el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) en el marco del procedimiento sancionatorio de la SMA con Rol F-041-2016.

Adicionalmente, se han incorporado los resultados de la implementación de las acciones consideradas en el Programa de Cumplimiento (PdC) propuesto en el proceso F-041-2016, que se encuentran relacionadas con el PSAH y el PC. Dichas acciones son:

- 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 Nº 56/2019 de CONAF.
- 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 226/2006, 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.

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 acuerdo con las instrucciones impartidas por la SMA (Res. Ex. 127/2019), las mediciones de los indicadores de estado son efectuadas por SQM, ya que tienen una frecuencia diaria.

Dicho todo lo anterior y junto con lo establecido en la RCA 226/2006, en la Tabla 5-1 se muestra la relación de cada parámetro junto con la frecuencia de medición comprometida y el detalle del responsable asociado, según deba ser una ETFA o SQM. Tal y como puede verse en la misma tabla, existen mediciones adicionales y voluntarias en el caso de los niveles y los aforos; en el caso de los niveles de los indicadores de estado la ETFA realizara mediciones mensuales adicionales con el objetivo de validar las mediciones realizadas por SQM. En el caso de los aforos, SQM también realiza mediciones en la misma visita en la que la ETFA realiza su medida. En la Tabla 5-1 se encuentra el detalle de esta diferenciación entre comprometido y voluntario para cada parámetro.

Así de esta forma, en los apartados de este capítulo en que se entrega el resultado de las mediciones de nivel, en las tablas se muestran los valores obtenidos en las medidas comprometidas (ver Tabla 5-1). Mientras que en los gráficos se muestran todas las mediciones realizadas (por SQM, por la ETFA y por las auditorías, en caso de que las hubiera). No obstante, el resultado completo de las mediciones (comprometidas y voluntarias) se entregan de forma tabulada en los respectivos anexos. Adicionalmente, para todos los grupos de pozos se presenta una tabla con el recuento mensual de las mediciones de nivel efectuadas en cada punto por cada empresa.

Tabla 5-1: Detalle de la frecuencia y el responsable de las mediciones según éstas sean comprometidas o tomadas de forma voluntaria

Tipo de punto	Parámetro de medición	Medición comprometida		Medición voluntaria	
		Frecuencia de medición	Responsable de la medición	Frecuencia de medición	Responsable de la medición
Punto del PSAH	Nivel	Mensual	ETFA	Mensual	SQM
	Caudal de agua (aforos)	Mensual	ETFA	Mensual	SQM
	Calidad	Trimestral	ETFA	-	-
	Meteorología	5 minutos	SQM	-	-
	Superficie lacustre	5 años/ anual/trimestral	SQM (mediante empresa especializada)	-	-
	Caudal bombeado	1 minuto	SQM	-	-
Indicador de estado	Nivel	Diaria	SQM	Mensual	ETFA

Fuente: Elaboración propia

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 julio a diciembre de 2021, agrupados según los siguientes sistemas y áreas de control (ver apartado 0):

- Sistema Soncor
- Sistema Aguas de Quelana
- Sistema Vegetación Borde Este
- Sistema Peine
- Sector Vegas de Tilopozo
- Núcleo del Salar de Atacama
- Cuña Salina

Las variables monitoreadas en cada uno de estos sistemas, según corresponda, han sido agrupadas de la siguiente forma (ver apartado 4.2):

- Nivel del agua (subterránea y superficial)
- Meteorología
- Caudal bombeado
- Calidad química
- Caudal agua superficial (aforos)
- Superficie lacustre

En los siguientes apartados, se realiza 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 han sido sectorizados de acuerdo con las zonas acuíferas definidas en la Figura 4-15, esto es; zona aluvial, zona marginal y zona núcleo.

A modo de facilitar la visualización e interpretación conjunta del seguimiento ambiental, se ha optado por presentar mediante gráficos todos los resultados obtenidos en el período, ya sean éstos puntuales, continuos o efectuados por alguna entidad externa (si fuere el caso), junto con las tablas que detallan la fecha y la medición puntual correspondiente. En el caso de los pozos pertenecientes al PC, que disponen de una medida diaria de nivel, en las tablas correspondientes se exponen los máximos y mínimos mensuales a modo de referencia. No obstante, los datos diarios tabulados resultantes, se entregan en el anexo correspondiente a los niveles (Anexo 5.2)

En el caso de los niveles (pertenecientes al PSAH y al PC), para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo como el nivel del agua subterránea o superficial (según corresponda) expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 5.2 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período objeto del presente informe de agua subterránea y superficial, de acuerdo al formato establecido en a la RES. 894/2019, que incluye las mediciones en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm), metros bajo el punto de referencia (mbpr) y metros bajo el nivel del terreno (mbnt).

En el Anexo 5.1 se adjuntan los informes elaborados por parte de la ETFA de niveles y medición de caudal de agua subterránea, donde además se respalda y justifica en el caso que los puntos no hayan podido ser visitados.

Los resultados de los aforos (caudal de agua superficial) se encuentra en el Anexo 8 de acuerdo al formato establecido en la RES. 894/2029. El caudal medio mensual resultante de las extracciones de los pozos de agua industrial para este semestre se entrega en el Anexo 7. En el Anexo 9 se presentan las mediciones recopiladas de las estaciones meteorológicas.

En el Anexo 6 se agrupa toda la información referente al monitoreo de calidad: en el Anexo 6.1 se entregan todos los informes entregados por las ETFAs, donde también se indican los puntos que no pudieron ser muestreados. Así como también los resultados de calidad obtenidos para este segundo semestre de 2021, de acuerdo al formato establecido en la RES. 894/2019, esto incluye también los perfiles de conductividad eléctrica. En el Anexo 6.4 se entregan de forma separada las cadenas de custodia resultantes de las campañas de muestreo.

Por otro lado, en el Anexo 4 se presentan todas las comunicaciones y resoluciones que afectan al actual periodo reportado; en el Anexo 4.1 se agrupa todo lo referente a la gestión de ingreso a RNF (cartas de SQM solicitando ingreso y resoluciones que informan sobre las condiciones de ingreso o cierre de la reserva). En el Anexo 4.2 se agrupa todo lo referente a la gestión de ingreso al sector del Sistema Peine cuyo acceso está controlado por la Comunidad de Peine (cartas de SQM solicitando ingreso y comunicaciones por parte de la comunidad). Finalmente, en el Anexo 5.4 se presentan el resto de las comunicaciones que se relaciona con las incidencias que hayan podido causar que las mediciones y muestreos no se hayan podido llevar con normalidad.

Por último, en el Anexo 10 se entrega de forma tabulada el detalle de la estratigrafía y habilitación de los piezómetros y pozos que forman parte de la red del PSAH que se presentan en este reporte.

5.1.1 RESUMEN DE 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.

5.1.1.1 Áreas restringidas por la Reserva Nacional de Flamencos (RNF)

Actualmente el PSAH se caracteriza por contar con puntos de medición/muestreo en áreas con acceso restringido. En primer lugar, el "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 (RNF) y que entró en vigencia el 14 de junio de 2019, según Resolución Nº 56/2019 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 muestra a continuación:

- En el área del **Sistema Soncor** se restringe el acceso al entorno de las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, como también a la estación meteorológica de Chaxa. De entre la infraestructura habilitada en esta área, se incluyen los 2 puntos de aforo (Puente San Luis y Aforo Barros Negros) y 42 puntos de medición de nivel lo que equivale al 46% de la infraestructura del Sistema Soncor. Respecto de los muestreos de calidad trimestrales comprometidos en el PSAH, se encuentran 1 pozo (L7-G1) y las 4 lagunas (las que su muestreo correspondía al efectuado por CONAF anteriormente). De entre los indicadores de estado, el L7-4 (Subsector Puilar) se encuentra dentro de la Reserva. Cabe mencionar que existen dos pozos adicionales que no se encuentran dentro de la Reserva, pero sus accesos sí (1027 y L7-7), por lo que, si no existe permiso de ingreso en el subsector del centro turístico Chaxa, éstos tampoco pueden ser visitados.
- En el área del **Sistema Aguas de Quelana** la restricción limita el acceso a 33 puntos de medición de niveles y un punto para el seguimiento de la interfaz salina (53 % de la infraestructura del Sistema Aguas de Quelana queda dentro de la Reserva), de los cuales

17 cuentan con medición continua y 4 con muestreo de calidad. De éstos, 6 son indicadores de estado. Se hace notar que el indicador de estado L2-27 se ubica dentro de RNF, pero no se ha contabilizado en la anterior descripción, pues se encuentra a escasos metros del límite y debido a sus anteriores activaciones de fase, en este punto se ha mantenido su visita diaria.

En segundo lugar, el protocolo establecido mediante Resolución Nº 56/2019 de CONAF define que, para acceder a las distintas zonas de la RNF se requiere que SQM formalice primero una propuesta de monitoreo y posteriormente CONAF emita las autorizaciones pertinentes donde se fijan las áreas y el número de días en que se autoriza el ingreso 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 RNF sectores Soncor y Aguas de Quelana, junto con la relación de cartas emitidas por CONAF conforme el detalle de los días y las actividades autorizadas en cada trimestre.

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 de medición, muestreo o mantención necesarias en cada área, por lo que, pese a contar con las autorizaciones para cada mes, en muchas ocasiones no se han podido ejecutar todas las actividades comprometidas en el PSAH; en los siguientes apartados, puede encontrarse el detalle de los puntos que no han sido visitados para cada sistema.

Respecto de los puntos del PC dentro de la reserva (se recuerda que hay 6 en el sistema Aguas de Quelana y 1 en Soncor), los que deben tener una medición diaria conforme a lo considerado en el PdC, aunque en estos 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 segundo semestre 2021 solo el L7-4 ha podido visitarse una vez cada mes. Los indicadores dentro de RNF de Aguas de Quelana han sido mensualmente entre 3 y 5 veces.

Respecto de las mediciones de extensión lagunar, estaba establecido que durante este segundo semestre 2021 se realizaran las mediciones mediante la metodología de las estacas perimetrales,

que tienen una frecuencia trimestral (en julio y octubre). Éstas no han podido realizarse en ninguna de las lagunas para el presente periodo reportado.

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

		ENVÍO SOLICITUD SQM		RESPUESTA AUTORIZACIÓN	
ENTIDAD/SISTEMA	**MES**	**Nº CARTA**	**FECHA**	**Nº RESOLUCIÓN**	**FECHA**
CONAF -Sistema SONCOR	jul-21	GMPL 105/2021	04/06/2021	Nº 11/2021	05/07/2021
	ago-21				
	sep-21				
	oct-21	GMPL 177/2021	30/06/2021	Nº 19/2021	08/10/2021
	nov-21				
	dic-21				
CONAF -Sistema AGUAS DE QUELANA	jul-21	GMPL 104/2021	04/06/2021	S/R	-
	ago-21				
	sep-21				
	oct-21	GMPL 176/2021	23/09/2021	Nº20/2021	21/10/2021
	nov-21				
	dic-21				

Fuente: Elaboración propia. S/R: Sin Respuesta.

5.1.1.2 Áreas restringidas por las comunidades

Además de las restricciones de acceso a RNF, existe también dos áreas con acceso controlado por comunidades; el área con acceso controlada por la Comunidad de Peine en la zona marginal al sur, y el área norte de la cuenca con acceso controlado por la Comunidad de Coyo. En ambos casos es necesario contar con su consentimiento para poder realizar todas las actividades necesarias (medición, muestreo y mantención). A continuación, se detalla la relación de puntos implicados:

- Esta área dentro del **Sistema Peine** contiene 16 puntos de nivel mensual (no hay ningún punto del PC[48]), los 2 puntos de aforo y 3 pozos para el seguimiento de la interfaz salina, lo que supone que un 70% de la infraestructura. A lo anterior se debe añadir el acceso a las lagunas Salada, Saladita e Interna.

[48] Los indicadores correspondientes al PAT provisorio de Peine no se encuentran en esta subárea controlada por la Comunidad de Peine

- La Comunidad de Peine controla el acceso sobre el **Sector de Tilopozo**, lo que implica la restricción de acceso a 4 pozos y 1 reglilla para su medición mensual de nivel.
- La Comunidad de Coyo controla el acceso en el área denominada **Sector de Tambillo**, situada al norte del Sistema Soncor, lo que implica la restricción de acceso a 2 pozos y 1 reglilla para su medición mensual de nivel.

Para solicitar la autorización de ingreso a estas áreas, durante el segundo semestre 2021 SQM ha enviado una serie de cartas dirigidas a cada comunidad, detallando la propuesta de actividades a realizar cada vez (ver relación de cartas en la Tabla 5-3).

Cabe decir que, como respuesta a las cartas enviadas por SQM en todos los casos, la Comunidad de Peine ha transmitido las autorizaciones de forma verbal en las reuniones que ambas partes han efectuado, bien mediante correos electrónicos, o bien, en conversaciones telefónicas, por lo que no se cuenta con documentos formales para ello. Para el segundo semestre 2021, en estos puntos situados dentro del área controlada por la comunidad, no se ha logrado medir en todos los meses del periodo, tal y como podrá verse en detalle en la sección 5.1.5. Adicionalmente, la Comunidad decretó el cierre completo de este sector desde el día 1 de noviembre (2021) mediante la carta NºYYY/2021 (del día 28 de octubre de 2021)[49]. Los motivos que llevaron al cierre fueron para preservar las tasas de reproducción de flamencos en el territorio.

Por otro lado, durante el presente semestre reportado sí se ha podido acceder al sector de Tilopozo cada mes para realizar las mediciones mensuales correspondientes.

Respecto de las mediciones de extensión lagunar, de la misma manera que en el Sistema Soncor, estaba establecido que durante este segundo semestre 2021 se realizaran las mediciones mediante la metodología de las estacas perimetrales, que tienen una frecuencia trimestral (en

[49] Se incluye la carta NºYYY/2021 en el Anexo 4.5. Cabe decir que es posible que el emisor de la carta haya omitido indicar el número de la carta, por lo que en este informe se menciona dicha carta tal cual se refleja en la misma.

julio y octubre). Éstas no han podido realizarse en ninguna de las lagunas para el presente periodo reportado (destacar que Interna no cuenta con estacas perimetrales instaladas).

Finalmente, los 3 puntos ubicados en el sector de Tambillo, siguen sin poder ser visitados debido a la existencia de una barrera y un pretil que corta el camino de acceso e impiden llegar a los puntos; el acceso se encuentra controlado por la Comunidad de Coyo desde noviembre de 2019 y desde entonces se ha dado aviso a la SMA del impedimento de poder realizar el monitoreo, a partir de enero y hasta septiembre (2021) SQM ha estado emitiendo cartas formales a la comunidad solicitando la autorización junto con el detalle de la propuesta de monitoreo (ver relación de cartas en la Tabla 5-3). Al respecto, no se ha recibido ninguna respuesta y, por tanto, no se ha podido contar con el permiso de la comunidad para la visita a estas infraestructuras en ningún momento del segundo semestre 2021.

Tabla 5-3: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de las comunidades

		ENVÍO SOLICITUD SQM		RESPUESTA AUTORIZACIÓN	
ENTIDAD/COMUNIDAD	**MES**	**Nº CARTA**	**FECHA**	**Nº CARTA**	**FECHA**
Comunidad de Peine ***(Sector del Sistema Peine)***	jul-21	GMPL 016/2021	10/07/2021	S/R	-
	ago-21				
	sep-21				
	oct-21	GMPL 175/2021	23/09/2021	S/R	-
	nov-21				
	dic-21				
Comunidad de Coyo ***(Sector Tambillo)***	jul-21	GMPL 133/2021	01/07/2021	S/R	-
	ago-21	GMPL 153/2021	05/08/2021	S/R	-
	sep-21	GMPL 167/2021	06/09/2021	S/R	-

Fuente: Elaboración propia. S/R: Sin Respuesta.

5.1.2 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 (88 puntos), 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 segundo semestre de 2021 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-4 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-4: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor por una ETFA

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21
L1-8	1	*					
L1-16	1					*	
L2-22	1	*					
L2-24	1	*					
L7-5	1	*			*		
L7-12	1	*			*		
L7-G1	1				*	*	*
L7-G2 REGLILLA	1	*		*	*	*	*
L11-1	2	*	*	*	*	*	*
L11-2	2	*	*	*	*	*	*
L11-G1	2	*	*	*	*	*	*
RC-1	1	*			*		
RC-2	1	*			*		
RC-3	1	*			*		
RC-4	1	*			*		
RC-5	1	*			*		
RC-6	1	*			*		
RC-7	1	*			*		
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	1				*	*	*
REGLILLA CHAXAS CONAF	1				*	*	*
REGLILLA PUILAR	1			*	*	*	*

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado. Motivo 1: Prohibición de ingreso a RNF-Soncor. Motivo 2: Barrera corta camino al pozo (Tambillo-Soncor).

5.1.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

Se presentan los niveles de todos los pozos y reglillas que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Soncor, tal como se muestra en la Figura 4-2 y en la Tabla 4-2. Los resultados de las mediciones del presente apartado no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH solo define umbrales para aquellos puntos que pertenecen al PC y éstos se muestran junto con sus umbrales en el apartado 5.2.

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, pero para mayor claridad de su presentación, solo serán presentados en esta sección.

5.1.2.1.1 Pozos en zona aluvial

A continuación, se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el segundo semestre del año 2021 en los 11 puntos de control de nivel del acuífero de la zona aluvial del Sistema

Soncor. El resultado de todo el monitoreo de niveles (tanto el comprometido, como el adicional) se muestra entre la Figura 5-1 (niveles estáticos) y la Figura 5-2 (niveles dinámicos de los pozos de extracción de agua industrial). En la Tabla 5-5 se muestra el resultado obtenido por la ETFA para estos puntos, que es quien debe realizar las mediciones. Por otro lado, en el caso de los pozos L1-3, L7-6 y L2-7 se muestran las medidas mínimas y máximas mensuales ya que estos puntos pertenecen al Plan de Contingencias y, por tanto, son monitoreados de forma diaria por SQM. No obstante, tal y como se ha descrito anteriormente, se ha solicitado a la ETFA que realice mediciones mensuales adicionales en estos puntos con el fin de respaldar las mediciones de SQM y en el caso de indicadores con alguna de las fases activada, el protocolo voluntario es solicitar a la ETFA que realice mediciones de nivel quincenales.

El detalle del número de mediciones efectuadas en cada infraestructura, para cada mes y para cada empresa se puede consultar en la Tabla 5-6, de esta forma se puede ver de forma clara el número de mediciones totales que se han realizado en cada caso pues, tal y como se ha dicho, en las tablas solo se muestran los resultados correspondientes a las mediciones comprometidas. Gráficamente sí se están mostrando todos los valores y en el Anexo 5.1 se encuentran de forma tabulada. Tal y como puede verse, toda la infraestructura de este conjunto de puntos ha podido visitarse con regularidad.

Tabla 5-5: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor

L1-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 11:55	2.328,411
19/8/21 15:25	2.328,460
18/9/21 08:50	2.328,440
21/10/21 09:35	2.328,440
22/11/21 13:51	2.328,478
19/12/21 12:01	2.328,478

L1-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 10:45	2.324,437
19/8/21 17:25	2.324,468
19/9/21 13:05	2.324,480
21/10/21 11:10	2.324,478
22/11/21 11:42	2.324,485
19/12/21 10:45	2.324,489

L2-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 16:40	2.323,717
19/8/21 12:18	2.323,722
18/9/21 10:30	2.323,741
21/10/21 08:55	2.323,740
22/11/21 10:19	2.323,755
18/12/21 16:52	2.323,813

L2-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 16:55	2.322,596
19/8/21 12:35	2.322,616
18/9/21 10:14	2.322,613
21/10/21 09:10	2.322,617
22/11/21 10:34	2.322,635
18/12/21 17:07	2.322,667

L7-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 11:30	2.333,043
19/8/21 16:51	2.333,124
19/9/21 12:18	2.333,149
21/10/21 10:42	2.333,145
22/11/21 12:56	2.333,199
19/12/21 11:32	2.333,214

L7-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 11:14	2.329,868
19/8/21 16:32	2.329,908
19/9/21 12:37	2.329,920
21/10/21 10:28	2.329,920
22/11/21 12:43	2.329,944
19/12/21 11:13	2.329,952

MULLAY-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:10	2.327,288
19/8/21 15:40	2.326,967
18/9/21 09:41	2.326,960
21/10/21 09:48	2.326,967
22/11/21 13:40	2.327,022
19/12/21 12:12	2.327,038

ALLANA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 09:34	2.323,104
5/8/21 08:16	2.321,256
19/8/21 12:05	2.323,120 *
18/9/21 11:00	2.323,160
21/10/21 08:32	2.323,145
22/11/21 10:05	2.323,170
19/12/21 09:15	2.323,180

L1-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.319,802	2.319,803
Ago 2021	2.319,806	2.319,810
Sep 2021	2.319,816	2.319,820
Oct 2021	2.319,822	2.319,825
Nov 2021	2.319,820	2.319,820
Dic 2021	2.319,808	2.319,815

L7-6		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.325,412	2.325,436
Ago 2021	2.325,419	2.325,438
Sep 2021	2.325,426	2.325,451
Oct 2021	2.325,432	2.325,454
Nov 2021	2.325,439	2.325,462
Dic 2021	2.325,444	2.325,464

L2-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Min	Max
Jul 2021	2.318,761	2.318,768
Ago 2021	2.318,766	2.318,777
Sep 2021	2.318,777	2.318,785
Oct 2021	2.318,784	2.318,792
Nov 2021	2.318,785	2.318,792
Dic 2021	2.318,775	2.318,787

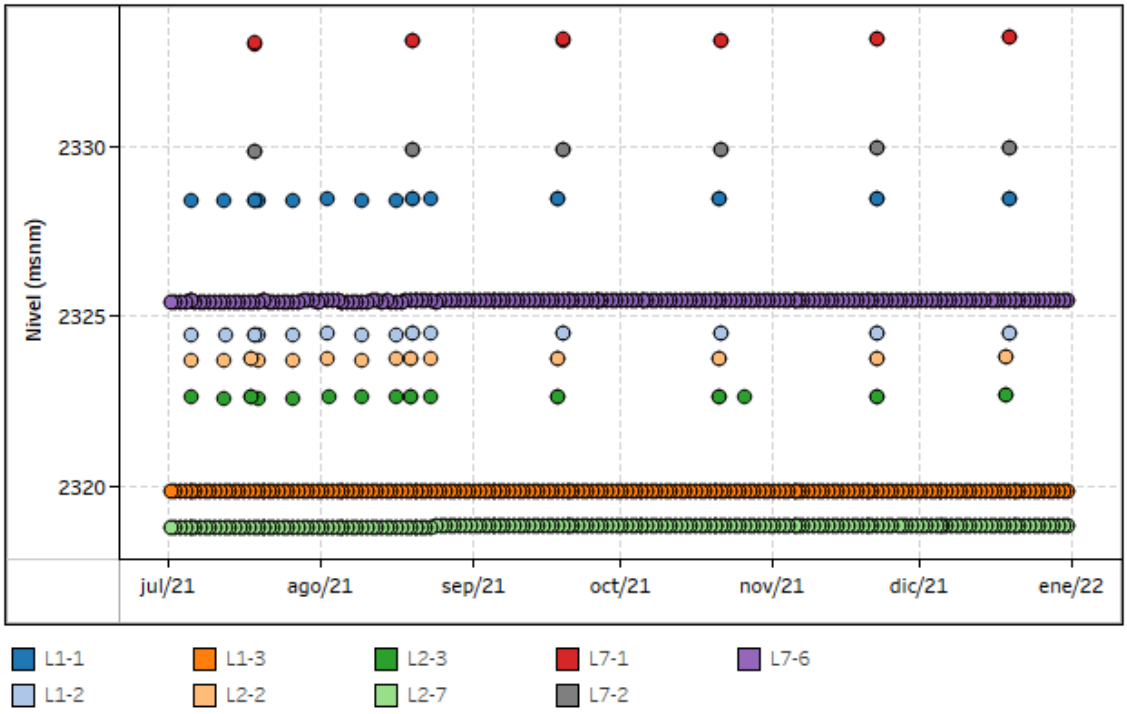
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) Corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-6: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
ALLANA	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
L1-1	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1
L1-2	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1
L1-3	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L2-2	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1
L2-3	1	1	1	1	1	1	5	5	1	2	1	1
L2-7	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L7-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-6	2	2	3	2	2	2	31	31	30	31	30	31
MULLAY-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

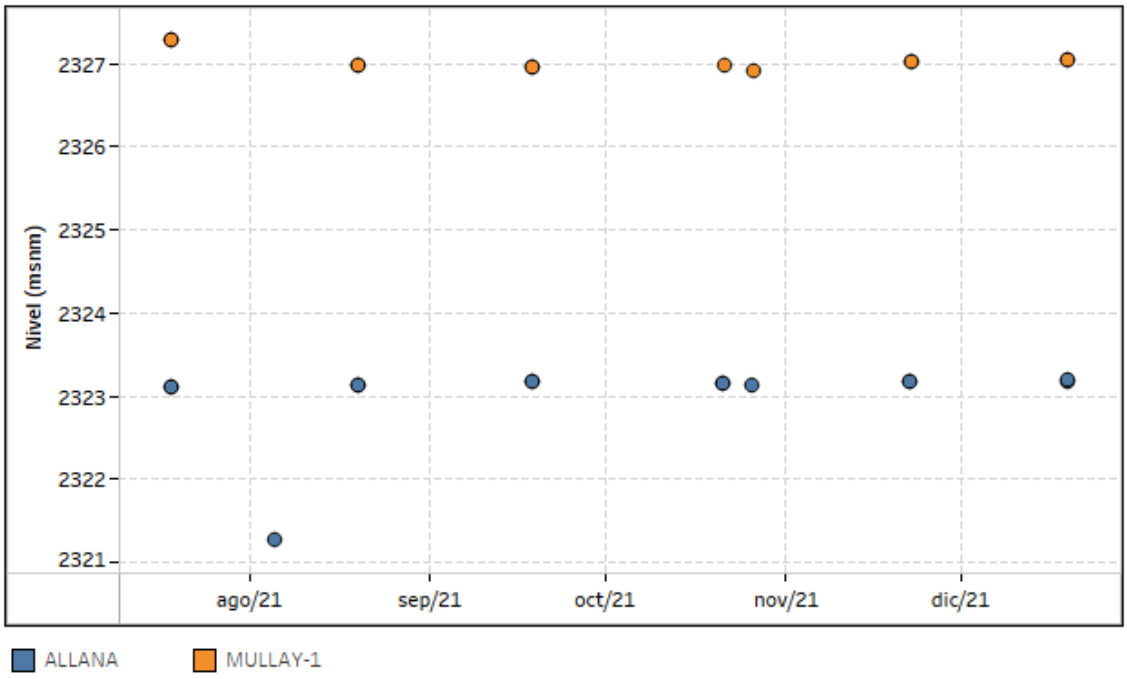
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.2 Pozos en zona marginal

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo efectuado durante el segundo semestre del año 2021 en los 60 puntos de control de nivel ubicados en la zona marginal del Sistema Soncor, de los cuales 16 poseen medición continua.

Debido al número de puntos y a la extensión del Sistema Soncor se opta por subdividir la presentación de los resultados de acuerdo con la ubicación geográfica, dando como resultado seis subgrupos: subsector Puilar, subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros, subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa, subsector Descarga Cola de Pez, subsector Desborde Sur de la Laguna Barros Negros y Sector Norte de Laguna Chaxa. A continuación, se muestran los resultados para cada grupo.

Subsector Puilar

A continuación, se presenta el resultado del monitoreo para este segundo semestre de 2021 en el subsector de Puilar. En la Tabla 5-7 se muestran de forma tabulada los valores obtenidos por SQM en caso de ser indicadores de estado (L7-4 y L7-3) con la frecuencia diaria comprometida (y por tanto se muestra el resultado mínimo y máximo del mes), y para el resto de puntos (1027 y L7-7) medidos por la ETFA con frecuencia mensual. En la Tabla 5-8 se muestra de forma resumida el recuento del total de las mediciones efectuadas por cada empresa en este segundo semestre 2021. Finalmente, en la Figura 5-3 se muestran de forma gráfica todos los niveles registrados por todos los actores y en el Anexo 5.2 se entregan tabulados.

El L7-4 es indicador de estado, por lo que la frecuencia de medición comprometida debiera ser diaria, no obstante, al encontrarse dentro de RNF Soncor solo se ha podido acceder durante los permisos de ingreso a la reserva. Es por este motivo que se ha logrado una medición al menos una vez para cada mes, tanto por parte de la ETFA como de SQM. Adicionalmente, este punto cuenta con mediciones continuas. Por otro lado, el L7-3, que también es indicador de estado, al encontrarse fuera de RNF dispone de una medición diaria realizada por SQM y adicionalmente, mediciones quincenales por parte de la ETFA.

Los puntos L7-7 y 1027, tal y como se ha explicado anteriormente, no se encuentran dentro de RNF pero la ruta para acceder a ellos sí pasa por la reserva, por lo que la visita a estos pozos queda supeditada a los permisos de traspaso de la barrera del centro turístico de Chaxa. No obstante, en el segundo semestre 2021 se ha accedido regularmente y con la frecuencia mensual comprometida en ambos puntos.

No obstante, tal y como se ha descrito en el apartado 4.3.1, debido a la detección de una anomalía en el casing del L7-7 en enero de 2021, se iniciaron varias actividades para clarificar el estado del punto de referencia en éste. Así de esta forma, las mediciones de entre mayo 2021 y hasta octubre de 2021, lo que incluye parte del segundo semestre reportado, fueron tomadas en el piezómetro anexo, denominado L7-7B. Por este motivo es que en la Tabla 5-7 y Tabla 5-8 no aparecen mediciones para los meses de julio a octubre (2021). No obstante, en la sección anteriormente mencionada (4.3.1. Sistema Soncor), se detalla la medición resultante para estos

meses, así como también la cota del punto de referencia que permite calcular el nivel en referencia a los m s.n.m.

Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar

L7-4

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.302,260	2.302,260
Ago 2021	2.302,264	2.302,264
Sep 2021	2.302,271	2.302,271
Oct 2021	2.302,271	2.302,272
Nov 2021	2.302,267	2.302,268
Dic 2021	2.302,260	2.302,261

1027

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 15:37	2.307,918
17/8/21 09:17	2.307,941
14/9/21 08:20	2.307,958
26/10/21 07:58	2.307,949
23/11/21 13:10	2.307,926
14/12/21 08:35	2.307,902

L7-7

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/12/21 12:45	2.304,209

L7-3

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.313,472	2.313,515
Ago 2021	2.313,515	2.313,542
Sep 2021	2.313,542	2.313,551
Oct 2021	2.313,525	2.313,549
Nov 2021	2.313,488	2.313,524
Dic 2021	2.313,442	2.313,486

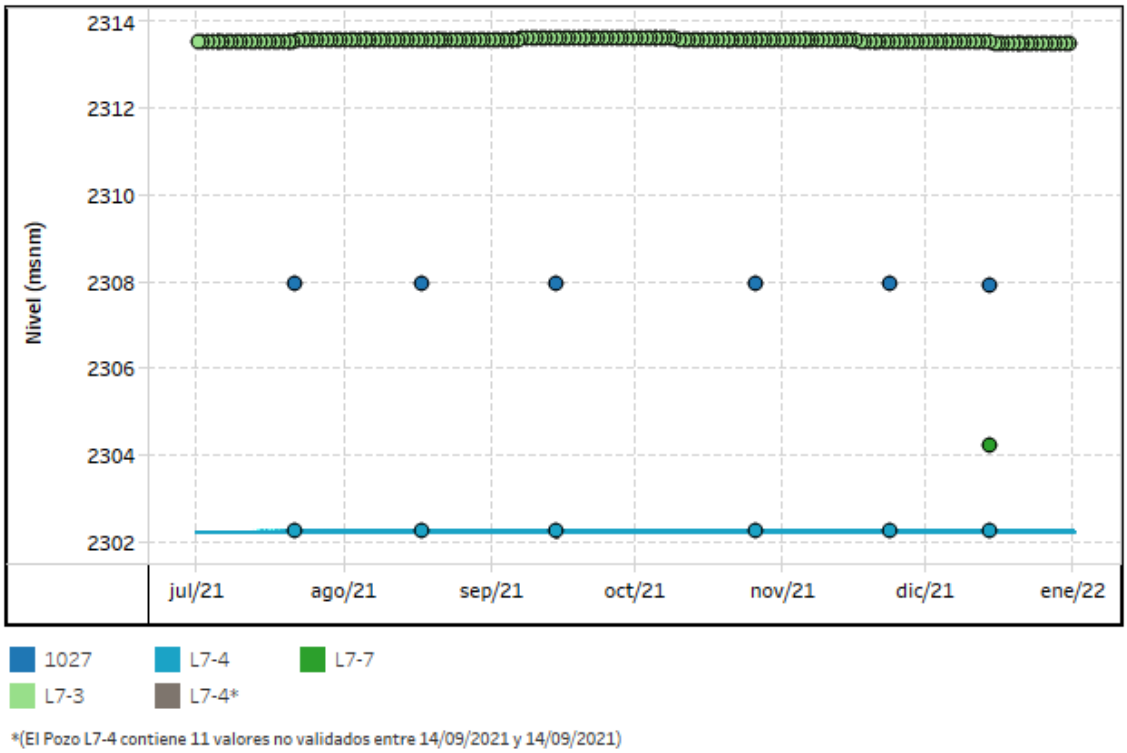
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-8: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
1027	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-3	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L7-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-7						1						1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector este de lagunas Chaxa y Barros Negros

Para el subsector ubicado al este de las lagunas de Chaxa y Barros Negros, en la Tabla 5-9 se presentan los resultados de los niveles medidos para los 11 piezómetros ubicados en esta zona. De éstos, el L1-4 y L2-4 pertenecen al PC, por lo que se muestran las medidas máximas y mínimas mensuales realizadas por SQM. En la Tabla 5-10 se encuentra el detalle del recuento de las mediciones mensuales realizadas por cada empresa, así de esta forma se puede ver de forma clara el número de mediciones totales que se han realizado en cada caso, pues en la Tabla 5-9 solo se muestran los resultados correspondientes a las mediciones comprometidas. En la Figura 5-4 sí muestran todos los valores y en el Anexo 5.2 se encuentran de forma tabulada.

Como puede verse, los pozos L1-6, L2-8 y L1-7 y los indicadores de estado L1-4 y L2-4 han podido visitarse de forma regular durante el segundo semestre 2021, con la frecuencia estipulada.

El resto de los puntos se encuentran dentro de la reserva y en la mayoría de los casos (L1-9, L1-10, L1- 15, L7-10 y L7-11) fueron visitados a excepción de L1-16 durante el mes de noviembre.

Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros

L1-6	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/7/21 15:57	2.299,983
16/8/21 16:23	2.300,000
16/9/21 11:10	2.300,011
18/10/21 09:31	2.300,005
19/11/21 15:02	2.299,989
17/12/21 15:16	2.299,976

L1-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/7/21 15:47	2.299,772
16/8/21 16:08	2.299,773
16/9/21 10:57	2.299,765
18/10/21 09:21	2.299,763
19/11/21 14:49	2.299,753
17/12/21 15:29	2.299,740

L1-9	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
20/7/21 09:56	2.299,728
24/8/21 10:58	2.299,716
15/9/21 12:46	2.299,704
20/10/21 13:50	2.299,675
17/11/21 14:13	2.299,666
15/12/21 13:22	2.299,657

L1-10	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
20/7/21 10:09	2.299,717
24/8/21 11:09	2.299,739
15/9/21 12:56	2.299,739
20/10/21 14:03	2.299,741
17/11/21 13:07	2.299,697
15/12/21 13:31	2.299,687

L1-15	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
20/7/21 10:53	2.299,875
24/8/21 11:55	2.299,883
15/9/21 13:31	2.299,886
20/10/21 14:47	2.299,900
17/11/21 14:32	2.299,902
15/12/21 13:54	2.299,902

L1-16	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
20/7/21 10:39	2.300,055
24/8/21 11:44	2.300,026
15/9/21 13:21	2.300,011
20/10/21 14:32	2.299,986
28/11/21 12:00	S/I
15/12/21 14:40	2.299,958

L7-10	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
20/7/21 11:18	2.300,144
24/8/21 12:22	2.300,157
15/9/21 13:53	2.300,152
20/10/21 15:10	2.300,153
17/11/21 14:50	2.300,150
15/12/21 14:20	2.300,139

L7-11	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
20/7/21 11:08	2.300,011
24/8/21 12:12	2.300,022
15/9/21 13:43	2.300,020
20/10/21 15:01	2.300,020
17/11/21 14:42	2.300,011
15/12/21 14:09	2.300,001

L2-8	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
18/7/21 10:06	2.301,681
23/8/21 09:54	2.301,722
19/9/21 13:54	2.301,738
21/10/21 11:47	2.301,721
22/11/21 10:58	2.301,688
19/12/21 09:52	2.301,641

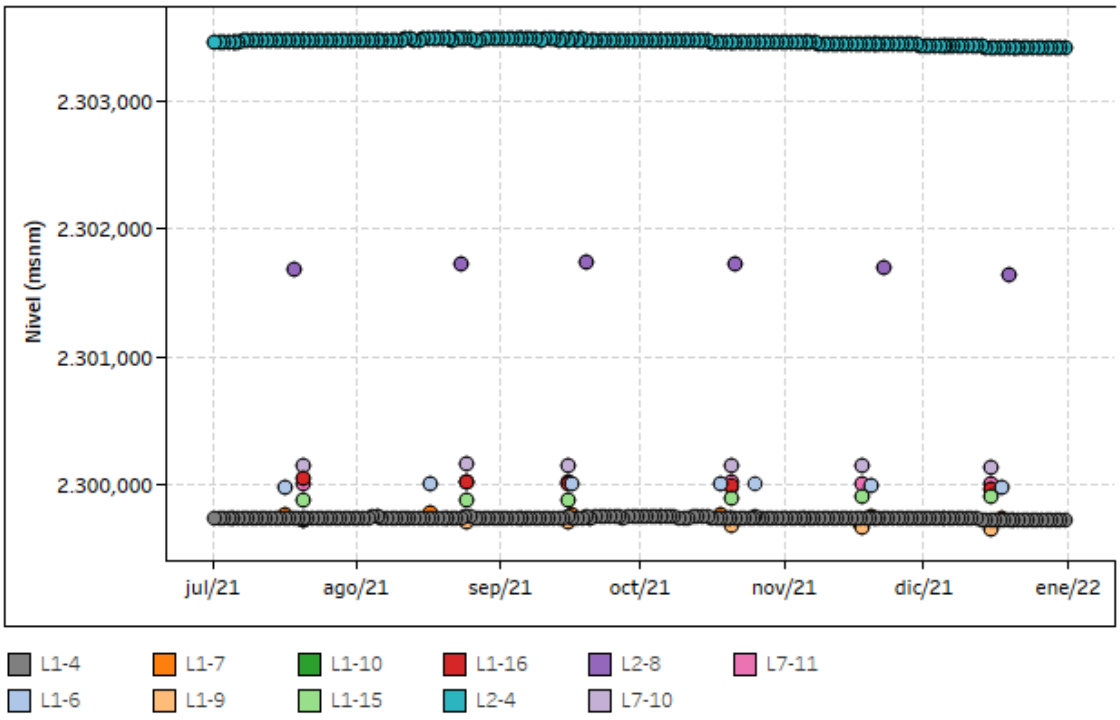
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-10: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L1-4	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L1-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
L1-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-16	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1
L2-4	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L2-8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector al oeste y sur de la laguna Chaxa

Para el subsector ubicado al oeste y sur de la laguna Chaxa, en la Tabla 5-11 se presentan los resultados del monitoreo efectuado en los 9 puntos de control de este sector. Las medidas que se muestran son las realizadas por la empresa responsable, la ETFA en este caso, puesto que se trata de mediciones de frecuencia mensual; en la Tabla 5-12 se muestra de forma resumida el recuento de mediciones realizadas por la ETFA y por SQM, en la Figura 5-11 se muestran todas de forma gráfica (ETFA y SQM) y en el Anexo 5.2 se entregan tabuladas.

Como puede verse, todos los puntos de este grupo han sido medidos los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre. No obstante, las visitas en este semestre a este sector han aumentado el número de meses en que se han podido medir con respecto los semestres anteriormente reportados.

Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa

RC-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 13:20	2.300,182
7/9/21 12:16	2.300,144
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 09:34	2.300,004
21/12/21 10:54	2.299,984

RC-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 13:42	2.299,774
7/9/21 12:46	2.299,770
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 09:47	2.299,749
21/12/21 11:05	2.299,743

RC-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 13:52	2.299,797
7/9/21 12:53	2.299,796
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 09:52	2.299,779
21/12/21 11:15	2.299,778

RC-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 14:01	2.299,528
7/9/21 12:59	2.299,529
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 10:11	2.299,523
21/12/21 11:23	2.299,525

RC-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 14:09	2.299,373
7/9/21 13:29	2.299,367
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 10:20	2.299,357
21/12/21 11:34	2.299,354

RC-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 14:25	2.299,842
7/9/21 13:17	2.299,841
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 10:45	2.299,825
21/12/21 11:55	2.299,823

RC-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 14:51	2.299,079
7/9/21 13:39	2.299,070
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 11:27	2.299,058
21/12/21 12:57	2.299,053

L7-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 14:35	2.299,944
7/9/21 13:10	2.299,948
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 10:54	2.299,921
21/12/21 12:40	2.299,918

L7-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 14:17	2.299,660
7/9/21 13:22	2.299,664
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 10:38	2.299,656
21/12/21 11:45	2.299,657

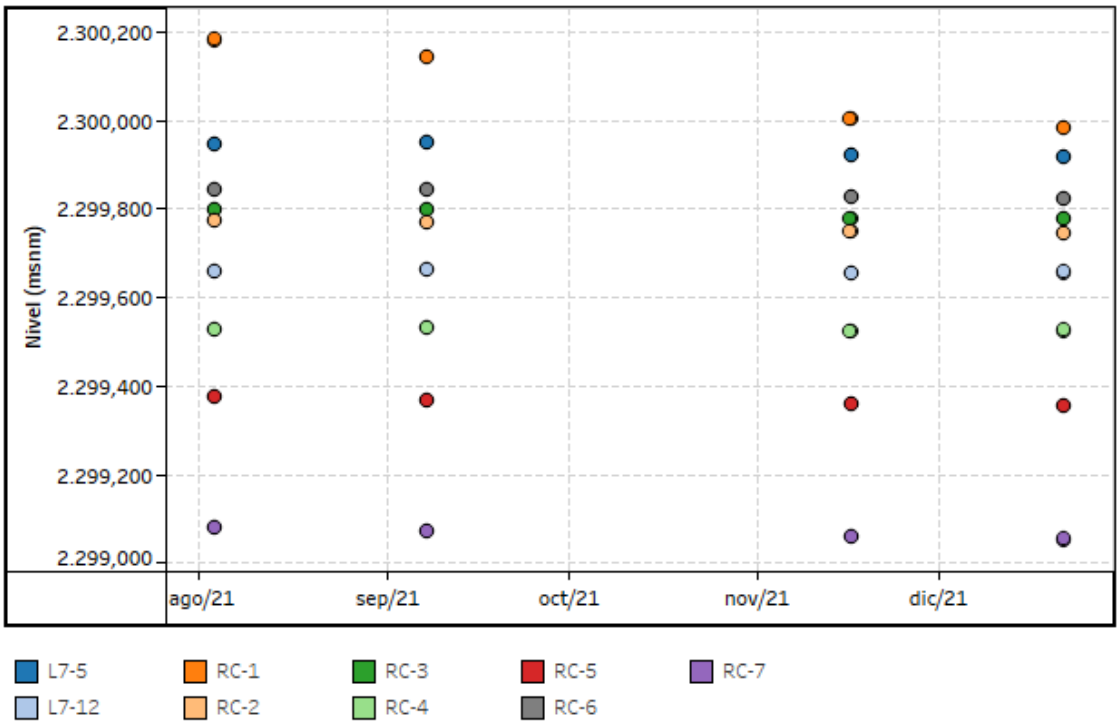
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-12: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM			
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	08/21	09/21	11/21	12/21
L7-5		1	1		1	1	1	1	1	1
L7-12		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-1		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-2		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-3		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-4		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-5		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-6		1	1		1	1	1	1	1	1
RC-7		1	1		1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-5: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector oste y sur de la laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector descarga oeste de Barros Negros

Respecto el subsector de la descarga oeste de la laguna Barros Negros, en el área conocida como Cola de Pez, en la Tabla 5-13 se muestran los resultados del monitoreo de los 22 puntos de control. De éstos, un punto pertenece al PC (L1-5) que cuenta con mediciones diarias por parte de SQM y por este motivo, se muestra en la Tabla 5-13 el mínimo y máximo mensual. Al resto de puntos les corresponde una medición mensual, que debe ser tomada por la ETFA. En la Tabla 5-14 se muestra de forma resumida el total de las mediciones realizadas en el semestre por parte de cada empresa (SQM o la ETFA SEGEA). En la Figura 5-7 muestra el resultado completo del semestre y que se entrega de forma tabulada en el Anexo 5.2.

Como puede verse, los puntos que se encuentran fuera de la reserva han sido medidos con la frecuencia comprometida (GD-01, L2-11, L2-13, L2-18, L2-19, P1-1, P1-2, P1-3, P1-4, L2-12, L2-17 y L1-5). Situación similar para los puntos, que se encuentran dentro de la reserva, solo se ha contado con restricción de acceso en el mes de julio para los pozos L1-8, L2-22 y L2-24.

Debe destacarse que el punto GD-01, en la medición de diciembre (2021) se tomó en el casing exterior de la infraestructura (ver Figura 5-6), tanto por parte de SQM como por parte de SEGEA. Esto implica que la medición de esta fecha debe ser trasladada hasta el punto de referencia oficial (tubo interior de la infraestructura), lo que supone restar 18,80 cm a la medida. Esta medición fue reportada en SQMenlinea, pero posteriormente esta medición ha sido rectificada dejando la descripción detallada del cambio en el campo de comentarios.

Es necesario mencionar que este traslado de medición, desde el tubo exterior y hasta el punto de referencia oficial (tubo interior), también se ha tenido que realizar para las mediciones de febrero, marzo, abril y mayo de 2022 (fechas posteriores al segundo semestre 2021, correspondiente al próximo informe PSAH Nº 31). Este cambio afecta a los datos reportados previamente al SQMenlinea, actualmente estas mediciones ya se encuentran corregidas, junto con la descripción del cambio en el campo comentarios.

Figura 5-6: Fotografías esquemáticas del GD-01 respecto del punto de referencia para la medición de nivel

Fuente: Elaboración propia. En la fotografía izquierda, con flecha verde se indica la ubicación correcta del punto de referencia, cuya cota corresponde el levantamiento de 2007 (Íntegrant, 2007). En la fotografía derecha se indica, con flecha roja, el punto desde donde se hizo la medición anómala.

Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez

L1-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 15:49	2.299,188
7/9/21 14:01	2.299,173
21/10/21 10:22	2.299,153
16/11/21 12:10	2.299,145
21/12/21 14:48	2.299,134

L1-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 13:48	2.299,368
3/8/21 15:09	2.299,361
8/9/21 10:34	2.299,347
21/10/21 09:30	2.299,346
16/11/21 12:49	2.299,349
21/12/21 13:58	2.299,350

L1-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 13:40	2.299,085
3/8/21 15:16	2.299,077
8/9/21 10:44	2.299,068
21/10/21 09:38	2.299,064
16/11/21 12:57	2.299,063
21/12/21 14:05	2.299,061

L1-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 13:12	2.299,339
3/8/21 15:27	2.299,328
8/9/21 10:57	2.299,319
21/10/21 09:50	2.299,311
16/11/21 12:41	2.299,307
21/12/21 13:17	2.299,303

L1-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 13:57	2.298,973
3/8/21 15:01	2.298,963
8/9/21 10:23	2.298,946
21/10/21 09:16	2.298,937
16/11/21 12:34	2.298,932
21/12/21 13:08	2.298,926

GD-01	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 07:48	2.298,731
20/8/21 09:38	2.298,718
20/9/21 08:38	2.298,710
20/10/21 09:17	2.298,704
20/11/21 08:42	2.298,694
20/12/21 08:57	2.298,688

L2-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 14:19	2.298,755
16/8/21 14:51	2.298,749
17/9/21 13:31	2.298,748
17/10/21 13:54	2.298,740
19/11/21 12:50	2.298,721
17/12/21 13:00	2.298,708

L2-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 14:09	2.298,709
16/8/21 14:38	2.298,704
17/9/21 13:17	2.298,701
17/10/21 13:44	2.298,695
19/11/21 12:37	2.298,680
17/12/21 12:47	2.298,671

L2-18	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:17	2.298,891
16/8/21 12:08	2.298,872
17/9/21 11:47	2.298,860
17/10/21 11:17	2.298,854
19/11/21 11:12	2.298,843
17/12/21 11:20	2.298,837

L2-19	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:09	2.298,768
16/8/21 11:59	2.298,748
17/9/21 11:39	2.298,737
17/10/21 11:09	2.298,731
19/11/21 11:05	2.298,722
17/12/21 11:10	2.298,713

L2-22	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 12:00	S/I
3/8/21 15:39	2.298,895
7/9/21 13:52	2.298,881
21/10/21 10:12	2.298,865
16/11/21 11:50	2.298,858
21/12/21 14:40	2.298,847

L2-24	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 14:49	S/I
4/8/21 12:21	2.299,193
8/9/21 13:56	2.299,167
20/10/21 12:51	2.299,148
17/11/21 11:53	2.299,145
21/12/21 15:10	2.299,121

P1-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 10:16	2.299,063
15/8/21 09:36	2.299,047
15/9/21 16:49	2.299,036
15/10/21 09:27	2.299,032
18/11/21 09:03	2.299,020
16/12/21 09:14	2.299,010

P1-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 10:25	2.298,991
15/8/21 09:42	2.298,976
15/9/21 16:55	2.298,968
15/10/21 09:36	2.298,963
18/11/21 09:10	2.298,951
16/12/21 09:23	2.298,944

P1-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 10:31	2.299,089
15/8/21 09:48	2.299,073
15/9/21 17:01	2.299,063
15/10/21 09:47	2.299,058
18/11/21 09:25	2.299,046
16/12/21 08:56	2.299,037

P1-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 10:37	2.299,210
15/8/21 09:54	2.299,194
15/9/21 17:07	2.299,184
15/10/21 10:03	2.299,179
18/11/21 09:40	2.299,167
16/12/21 08:49	2.299,159

P1-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 14:13	2.299,086
4/8/21 11:35	2.299,074
8/9/21 13:20	2.299,060
20/10/21 11:16	2.299,048
17/11/21 10:15	2.299,037
15/12/21 11:24	2.299,029

P1-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 14:22	2.299,048
4/8/21 11:44	2.299,036
8/9/21 13:27	2.299,020
20/10/21 11:48	2.299,007
17/11/21 10:53	2.298,997
15/12/21 11:31	2.298,990

P1-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
14/7/21 14:29	2.299,236
4/8/21 11:53	2.299,223
8/9/21 13:37	2.299,204
20/10/21 12:11	2.299,190
17/11/21 11:22	2.299,178
15/12/21 11:38	2.299,168

L2-12	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/7/21 13:58	2.298,741
16/8/21 14:28	2.298,733
17/9/21 13:02	2.298,729
17/10/21 13:32	2.298,728
5/11/21 09:13	2.298,717
19/11/21 12:27	2.298,710 *
5/12/21 08:40	2.298,703
17/12/21 12:33	2.298,702 *

L2-17	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/7/21 12:32	2.298,795
16/8/21 12:28	2.298,783
17/9/21 12:06	2.298,775
17/10/21 11:35	2.298,771
5/11/21 08:54	2.298,761
19/11/21 11:32	2.298,759 *
5/12/21 08:58	2.298,753
17/12/21 11:35	2.298,751 *

L1-5		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.299,182	2.299,204
Ago 2021	2.299,170	2.299,182
Sep 2021	2.299,163	2.299,172
Oct 2021	2.299,155	2.299,166
Nov 2021	2.299,145	2.299,155
Dic 2021	2.299,137	2.299,145

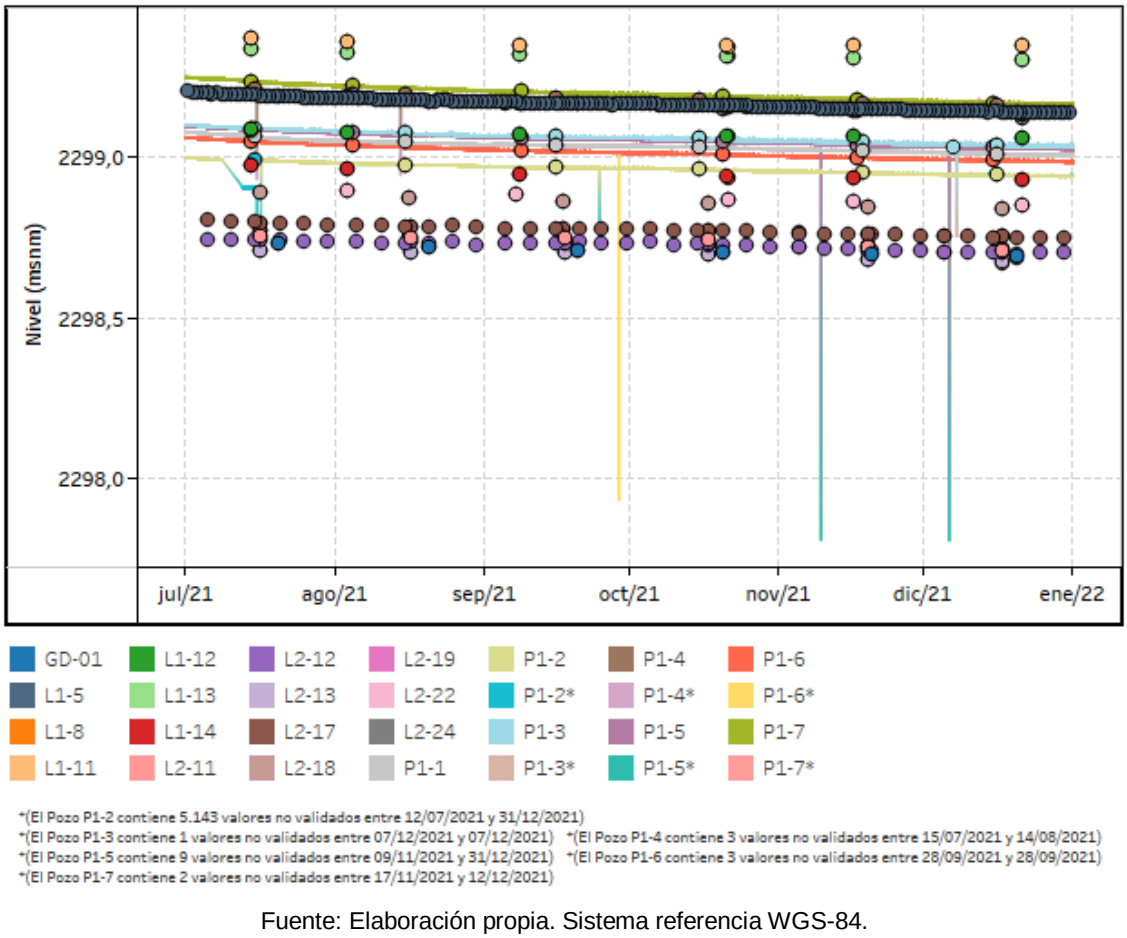
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-14: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
GD-01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-5	2	2	2	2	2	2	31	31	30	32	30	31
L1-8		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
L1-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-12	1	1	1	1	2	2	7	7	7	7	7	7
L2-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-17	1	1	1	1	2	2	7	7	7	7	7	7
L2-18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-22		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
L2-24		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
P1-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
P1-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-7: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros



*(El Pozo P1-2 contiene 5.143 valores no validados entre 12/07/2021 y 31/12/2021)
*(El Pozo P1-3 contiene 1 valores no validados entre 07/12/2021 y 07/12/2021) *(El Pozo P1-4 contiene 3 valores no validados entre 15/07/2021 y 14/08/2021)
*(El Pozo P1-5 contiene 9 valores no validados entre 09/11/2021 y 31/12/2021) *(El Pozo P1-6 contiene 3 valores no validados entre 28/09/2021 y 28/09/2021)
*(El Pozo P1-7 contiene 2 valores no validados entre 17/11/2021 y 12/12/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector descarga sur de Barros Negros

Para la otra zona de descarga de Barros Negros, Descarga Sur, se presentan los resultados del monitoreo de los 12 puntos de este en la Tabla 5-15. que corresponde a las mediciones realizadas por la ETFA ya que, en este caso, deben ser medidos mensualmente. Como SQM efectúa medidas adicionales, en la Tabla 5-16 se muestra el recuento de las medidas realizadas por cada empresa. Los puntos L2-23, P2-4 y P2-5 se encuentran dentro de la reserva, por lo que no pudieron ser medidos con la frecuencia comprometida en la segunda mitad del semestre. El resto de este grupo cuenta con las mediciones regulares ya que éstos se encuentran fuera del polígono de la reserva.

De forma gráfica se presenta el resultado completo del monitoreo (incluyendo las mediciones adicionales) en la Figura 5-8, donde se muestran además las medidas continuas. Como puede observarse, los pozos P2-4, P2-5 y L2-23 cuentan también con mediciones en continuo para este segundo semestre de 2021, registro que se dispone hasta el cierre del semestre a pesar de no haberlos podido visitar en los últimos meses del periodo reportado, esto es porque la descarga de esta información ha podido realizarse posterior al cierre del segundo semestre 2021.

Tabla 5-15: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros

L2-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 14:37	2.299,501
16/8/21 15:10	2.299,549
16/9/21 12:38	2.299,544
17/10/21 14:12	2.299,491
19/11/21 13:46	2.299,455
17/12/21 13:21	2.299,438

L2-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 11:00	2.298,967
15/8/21 10:14	2.298,964
15/9/21 11:58	2.298,949
15/10/21 12:16	2.298,925
18/11/21 10:00	2.298,875
16/12/21 10:18	2.298,832

L2-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 15:18	2.299,674
16/8/21 15:57	2.299,674
16/9/21 11:27	2.299,667
18/10/21 09:10	2.299,655
19/11/21 14:28	2.299,625
17/12/21 14:54	2.299,593

L2-21	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 14:58	2.299,625
16/8/21 15:34	2.299,642
16/9/21 12:07	2.299,628
18/10/21 08:51	2.299,585
19/11/21 14:07	2.299,533
17/12/21 14:25	2.299,477

L2-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 14:46	2.299,458
16/8/21 15:18	2.299,521
16/9/21 11:41	2.299,470
17/10/21 14:22	2.299,347
19/11/21 13:55	2.299,246
17/12/21 14:39	2.299,187

L2-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 11:32	2.299,551
15/8/21 10:42	2.299,538
15/9/21 11:31	2.299,524
15/10/21 11:45	2.299,504
18/11/21 10:42	2.299,461
16/12/21 09:46	2.299,421

L2-23	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 15:36	2.299,977
4/8/21 13:15	2.299,979
8/9/21 14:36	2.299,959
15/9/21 10:58	2.299,944 *
30/10/21 12:01	S/I
28/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

P2-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 11:07	2.299,035
15/8/21 10:20	2.299,028
15/9/21 11:51	2.299,014
15/10/21 11:18	2.298,993
18/11/21 10:18	2.298,946
16/12/21 10:09	2.298,902

P2-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 11:13	2.299,176
15/8/21 10:28	2.299,163
15/9/21 11:46	2.299,150
15/10/21 11:26	2.299,135
18/11/21 10:25	2.299,097
16/12/21 10:00	2.299,061

P2-3	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
15/7/21 11:22	2.299,327
15/8/21 10:35	2.299,322
15/9/21 11:39	2.299,312
15/10/21 11:35	2.299,292
18/11/21 10:32	2.299,254
16/12/21 09:54	2.299,224

P2-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
14/7/21 15:14	2.299,811
4/8/21 12:55	2.299,801
8/9/21 14:13	2.299,782
15/9/21 11:20	2.299,778 *
30/10/21 12:01	S/I
17/11/21 12:13	2.299,713
15/12/21 12:25	2.299,671

P2-5	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
14/7/21 15:28	2.299,969
4/8/21 13:06	2.299,965
8/9/21 14:25	2.299,934
15/9/21 10:43	2.299,922 *
30/10/21 12:01	S/I
28/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

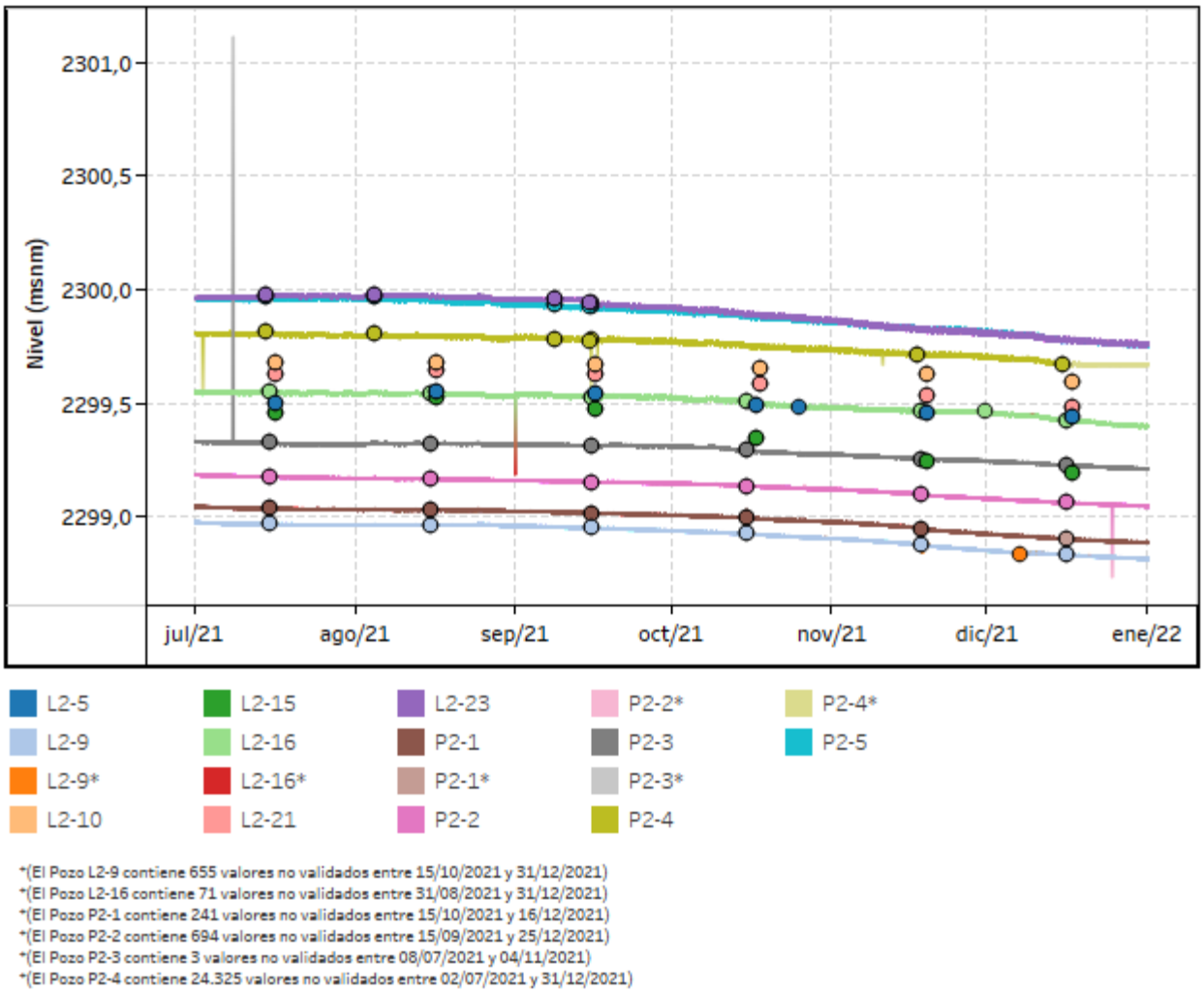
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-16: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L2-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
L2-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
L2-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
L2-21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-23	1	1	2				1	1	2			
P2-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P2-4	1	1	2		1	1	1	1	2		1	1
P2-5	1	1	2				1	1	2			

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-8: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector norte del Salar

Para el subsector ubicado al norte del Salar, puede verse de la Tabla 5-17 que los puntos de monitoreo no han podido ser visitados en todo el periodo reportado. Como ya se ha mencionado, unos pretiles y una barrera impiden el acceso a la zona desde el pasado noviembre de 2019. A pesar del envío de cartas con la solicitud de ingreso a la comunidad de Coyo, hasta el momento no se ha podido contar la autorización pertinente.

Tabla 5-17: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector norte

L11-1		L11-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 12:00	S/I	17/7/21 12:00	S/I
27/8/21 12:00	S/I	27/8/21 12:00	S/I
26/9/21 12:00	S/I	26/9/21 12:00	S/I
25/10/21 11:56	S/I	25/10/21 11:56	S/I
24/11/21 12:00	S/I	24/11/21 12:00	S/I
26/12/21 12:01	S/I	26/12/21 12:01	S/I

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

5.1.2.1.3 Pozos en zona Núcleo

En la Tabla 5-18 se presenta el resultado del monitoreo efectuado por la ETFA a los piezómetros del sistema Soncor ubicados en el núcleo del Salar. Se trata de un total 6 puntos que se pudieron medir con normalidad en el presente semestre reportado. De la misma forma que en todos los sectores, SQM ha tomado medidas adicionales mensualmente (ver Tabla 5-19); el resultado completo del monitoreo (incluyendo las mediciones adicionales y las medidas continuas) se entrega tabulado en el Anexo 5.2 y se muestra gráficamente en la Figura 5-9.

Tabla 5-18: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor

SOPM-7 (L2-6)	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 13:49	2.298,737
16/8/21 13:12	2.298,727
17/9/21 12:44	2.298,723
17/10/21 12:21	2.298,721
19/11/21 12:18	2.298,709
17/12/21 12:25	2.298,702

SOPM-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:43	2.298,710
16/8/21 12:39	2.298,700
17/9/21 12:17	2.298,696
17/10/21 11:47	2.298,692
19/11/21 11:44	2.298,680
17/12/21 11:51	2.298,674

SOPM-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:25	2.298,699
16/8/21 12:18	2.298,687
17/9/21 11:57	2.298,681
17/10/21 11:27	2.298,677
19/11/21 11:23	2.298,667
17/12/21 11:43	2.298,659

L2-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:57	2.298,781
16/8/21 12:55	2.298,767
17/9/21 12:32	2.298,761
17/10/21 12:04	2.298,758
19/11/21 12:02	2.298,749
17/12/21 12:08	2.298,743

L2-20	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 11:52	2.298,711
16/8/21 11:37	2.298,697
17/9/21 11:26	2.298,689
17/10/21 10:50	2.298,686
19/11/21 10:43	2.298,676
17/12/21 10:53	2.298,670

2021	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 09:51	2.298,843
15/8/21 09:13	2.298,827
15/9/21 16:25	2.298,819
15/10/21 08:55	2.298,815
18/11/21 08:31	2.298,805
16/12/21 08:22	2.298,799

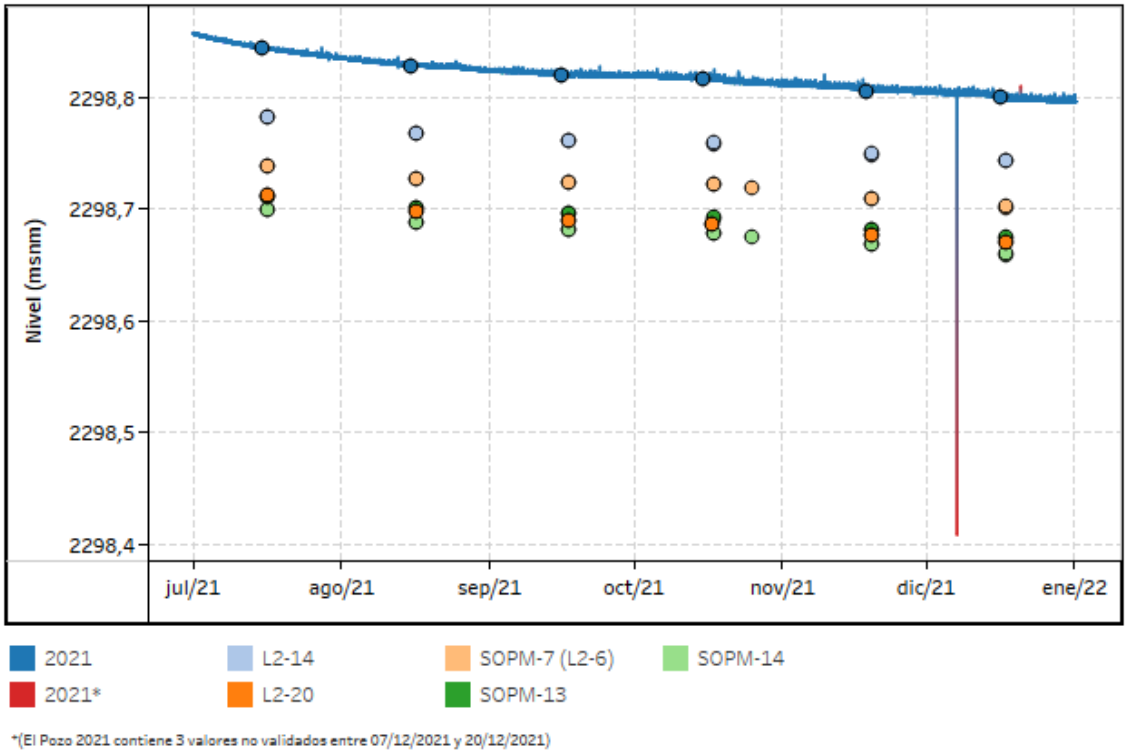
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-19: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
2021	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-7 (L2-6)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
SOPM-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.4 Nivel de agua superficial

En este apartado se presentan los niveles de agua superficial medidos de forma manual y continua en las reglillas L1-G4 (ubicada al sur de la laguna Barros Negros), L7-G1 (ubicada al oeste del canal Burro Muerto), L7-G2 (ubicada al este de la laguna Puilar) y L11-G1 (ubicada en

el sector norte del Salar). En la Tabla 5-20 se muestra el resultado del monitoreo en estas reglillas para el segundo semestre. Los puntos que se encuentran fuera de las áreas de acceso restringido son L1-G4 Reglilla y Pozo[50]; la reglilla L11-G1 se encuentra en el sector norte con acceso controlado por la comunidad Coyo y el resto está dentro de RNF.

El L1-G4 es un indicador de estado, por lo que sus mediciones diarias son efectuadas por SQM, de manera que en la Tabla 5-20 se muestran los máximos y mínimos mensuales resultantes. El L1-G4 Pozo es la infraestructura que ocupa el mismo punto, pero con distinta habilitación. Este punto forma parte de la red del PSAH, por lo que es medido por la ETFA que en este caso realiza mediciones quincenales por encontrarse el L1-G4 Reglilla activado como indicador de estado. De forma adicional, SQM realiza medidas diarias, a pesar de que el indicador de estado es estrictamente el L1-G4 Reglilla (ver Tabla 5-21). El resultado completo del monitoreo para este segundo semestre 2021 se entregan de forma tabulada en el Anexo 5.2 y de muestra de forma gráfica en la Figura 5-10.

En la Figura 5-10 también se muestran los niveles continuos medidos en el L1-G4 Pozo para este periodo. La reglilla L7-G2 dispone también de LT para medición de nivel en continuo para el semestre completo, a pesar de no haberse podido visitar de forma regular. Esto es porque la descarga de los datos ha sido posible posterior al cierre del segundo semestre 2021.

[50]. Indicar que en el L1-G4 Pozo es donde se encuentra instalado el transductor de presión, ya que en el L1-G4 Reglilla no es factible su instalación debido al esquema constructivo del mismo. Aclarar por tanto que las mediciones de ambas infraestructuras están representando la misma área del acuífero. De esta forma, el L1-G4 Reglilla cuenta con mediciones diarias (indicador de estado) y el L1-G4 Pozo cuenta con mediciones manuales mensuales adicionales que, a su vez, permiten calibrar las mediciones continuas del mismo.

Tabla 5-20: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor

L11-G1

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 12:00	S/I
27/8/21 12:00	S/I
26/9/21 12:00	S/I
25/10/21 11:56	S/I
24/11/21 12:00	S/I
26/12/21 12:01	S/I

L1-G4 POZO

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
5/7/21 09:38	2.299,216
15/7/21 10:47	2.299,209 *
5/8/21 16:09	2.299,200
15/8/21 10:04	2.299,194 *
5/9/21 08:15	2.299,186
15/9/21 15:53	2.299,181 *
5/10/21 08:08	2.299,177
15/10/21 10:20	2.299,174 *
20/10/21 09:00	2.299,170 *
5/11/21 08:25	2.299,163
18/11/21 09:49	2.299,160 *
20/11/21 08:27	2.299,160 *
5/12/21 09:23	2.299,155
16/12/21 09:35	2.299,151 *
20/12/21 08:40	2.299,150 *

L7-G1

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/21 13:36	2.300,313
3/8/21 13:10	2.300,290
7/9/21 12:10	2.300,259
21/10/21 08:40	S/I
16/11/21 09:24	S/I
21/12/21 12:01	S/I

L7-G2 POZO

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 14:28	2.301,184
17/8/21 10:17	2.301,189
14/9/21 12:00	S/I
26/10/21 11:23	S/I
23/11/21 12:00	S/I
14/12/21 12:01	S/I

L7-G2 REGLILLA

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 14:37	S/I
17/8/21 11:10	2.301,369
14/9/21 12:00	S/I
26/10/21 11:23	S/I
23/11/21 12:00	S/I
14/12/21 12:01	S/I

L1-G4 REGLILLA

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.299,207	2.299,218
Ago 2021	2.299,191	2.299,201
Sep 2021	2.299,181	2.299,187
Oct 2021	2.299,171	2.299,177
Nov 2021	2.299,160	2.299,166
Dic 2021	2.299,150	2.299,155

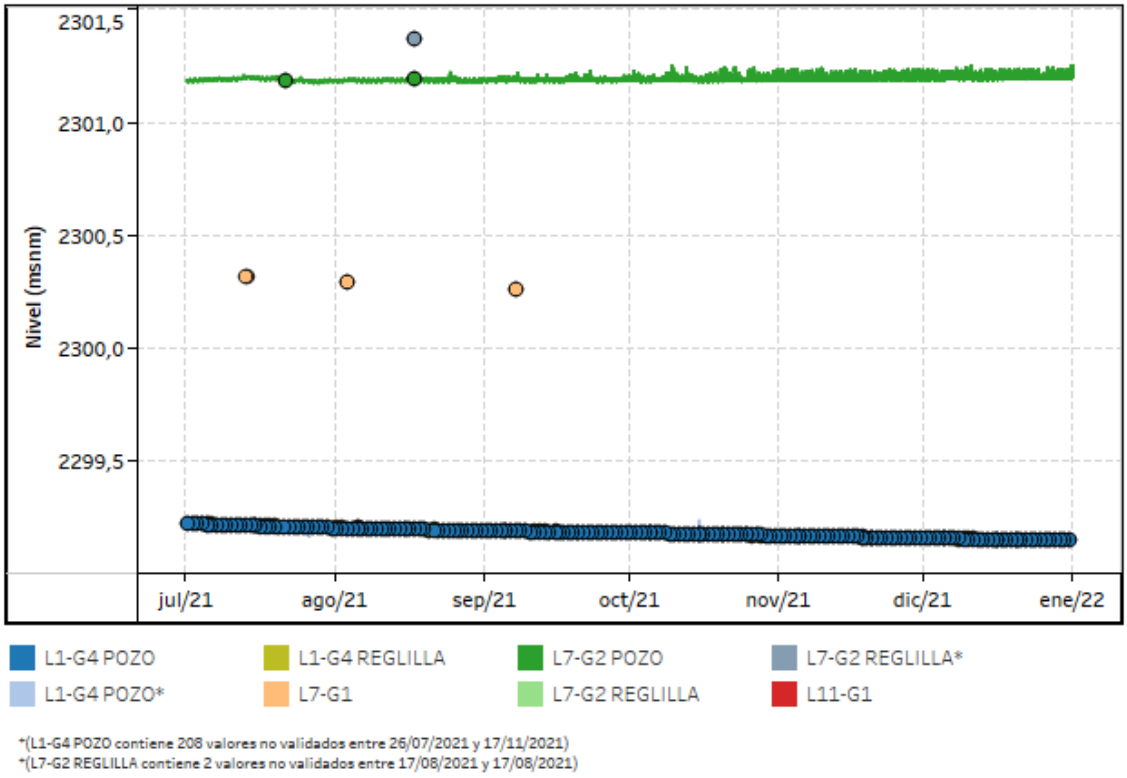
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-21: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L1-G4 POZO	2	2	2	3	3	3	31	30	30	33	31	32
L1-G4 REGLILLA	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L7-G1	1	1	1				1	1	1			
L7-G2 POZO	1	1					1	1				
L7-G2 REGLILLA		1						1				
L11-G1												

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.5 Nivel sector Puente San Luis

En el sector del Puente San Luis, se encuentran 4 puntos de medición de agua superficial (reglillas). En la Tabla 5-22 se presenta el resultado de las mediciones manuales para este

segundo semestre de 2021 y en la Tabla 5-23 se muestra el recuento de mediciones por empresa. Finalmente, en la Figura 5-11 se encuentra de forma gráfica el resultado completo de las mediciones de nivel para este grupo.

Los puntos Reglilla Puente San Luis y Reglilla Burro Muerto SQM disponen de medición en continuo además de mediciones manuales. En el caso de la infraestructura Puente San Luis, está conformado por dos puntos medición (denominados Pozo y Reglilla), el transductor de presión se encuentra en el Pozo[51].

Tal y como puede verse, en el segundo semestre 2021 se ha logrado medir en todos los puntos de forma mensual, ya que se ha podido contar con el permiso de ingreso a RNF Soncor una vez por mes.

[51] Indicar que en el Puente San Luis Pozo es donde se encuentra instalado el transductor de presión, ya que en el Puente San Luis Reglilla no es factible su instalación debido al esquema constructivo del mismo. Aclarar por tanto que las mediciones de ambas infraestructuras están representando la misma sección del canal.

Tabla 5-22: Registro de niveles en reglillas del Sistema Soncor – subsector del Puente San Luis

PUENTE SAN LUIS POZO	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 11:49	2.301,298
17/8/21 11:52	2.301,289
14/9/21 08:53	2.301,274
26/10/21 08:45	2.301,259
23/11/21 09:00	2.301,255
14/12/21 09:09	2.301,252

PUENTE SAN LUIS REGLILLA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 11:57	2.301,304
17/8/21 11:57	2.301,295
14/9/21 08:56	2.301,280
26/10/21 08:51	2.301,262
23/11/21 09:06	2.301,258
14/12/21 09:14	2.301,255

REGLILLA BURRO MUERTO SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 12:15	2.301,114
17/8/21 12:13	2.301,108
14/9/21 09:13	2.301,105
26/10/21 09:03	2.301,098
23/11/21 11:35	2.301,093
14/12/21 09:43	2.301,092

REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 12:20	2.301,110
17/8/21 12:19	2.301,101
14/9/21 09:18	2.301,097
26/10/21 09:11	2.301,086
23/11/21 11:24	2.301,082
14/12/21 09:53	2.301,083

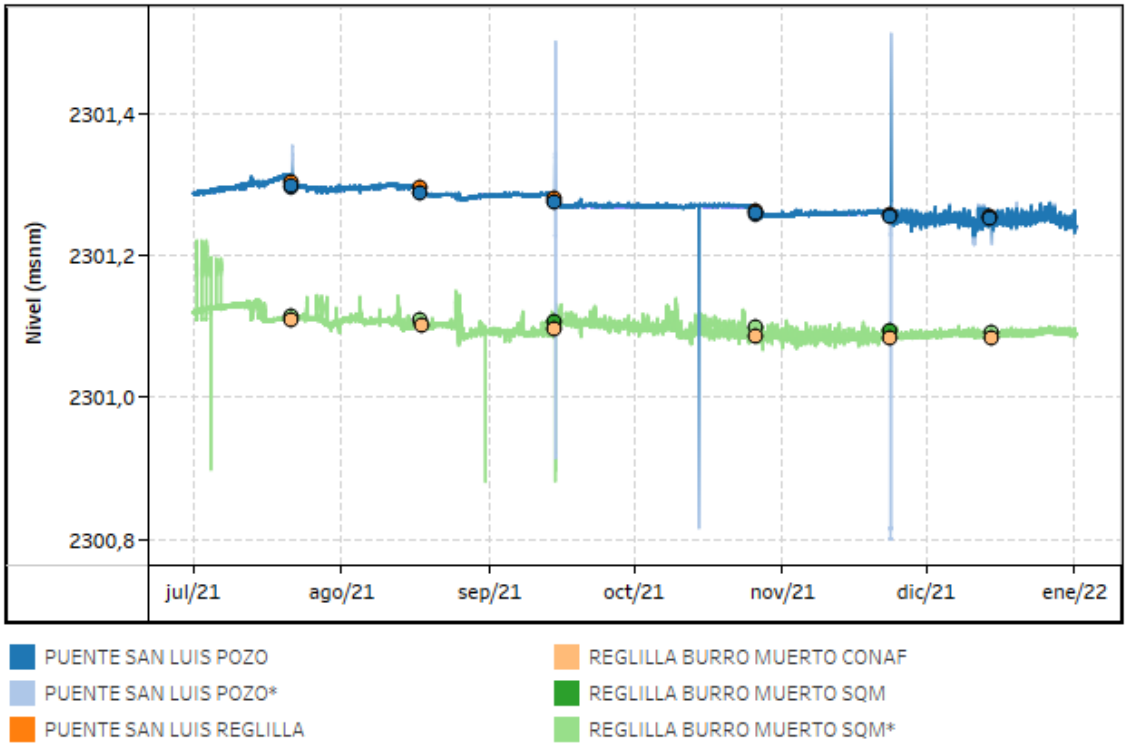
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-23: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
PUENTE SAN LUIS POZO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PUENTE SAN LUIS REGLILLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
REGLILLA BURRO MUERTO SQM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis



*(PUENTE SAN LUIS POZO contiene 393 valores no validados entre 21/07/2021 y 27/12/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.6 Nivel lacustre

Respecto a la medición del nivel lacustre mediante reglillas, cabe señalar que cada una de las tres lagunas existentes en el Sistema Soncor cuenta mediciones de nivel continuo (lo que es requerimiento RCA) y mediciones manuales en los puntos SQM y CONAF (las que son complementarias).

En la Tabla 5-24 se presenta el resultado de las mediciones manuales para este segundo semestre de 2021 y en la Tabla 5-25 se muestra el recuento de mediciones por empresa. Finalmente, en la Figura 5-12 se encuentra de forma gráfica el resultado completo de las mediciones de nivel para este grupo. Como puede verse, los puntos Barros Negros Reglilla SQM, Puilar Reglilla SQM y Chaxa Reglilla SQM están equipados para su medición continua.

En el segundo semestre de 2021 se ha logrado acceder a la medición de estos puntos en entre los meses de julio, agosto y septiembre. Se dispone del registro continuo completo de este grupo de puntos ya que se ha podido descargar estar información posterior al término del semestre reportado.

Tabla 5-24: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor

REGLILLA BARROS NEGROS SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 12:25	2.299,966
4/8/21 10:30	2.299,955
8/9/21 11:48	2.299,945
30/10/21 12:01	S/I
28/11/21 12:00	S/I
26/12/21 12:01	S/I

REGLILLA PUILAR SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 13:52	2.301,160
17/8/21 10:02	2.301,209
14/9/21 12:00	S/I
26/10/21 11:23	S/I
23/11/21 12:00	S/I
14/12/21 12:01	S/I

REGLILLA CHAXAS SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/21 12:15	2.300,208
3/8/21 12:16	2.300,188
7/9/21 09:48	2.300,177
20/10/21 12:01	S/I
20/11/21 12:00	S/I
21/12/21 12:01	S/I

REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
14/7/21 12:17	2.300,007
4/8/21 10:35	2.300,004
8/9/21 11:54	2.299,985
30/10/21 12:01	S/I
28/11/21 12:00	S/I
26/12/21 12:01	S/I

REGLILLA PUILAR CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/21 13:48	2.301,186
17/8/21 10:08	2.301,186
14/9/21 12:00	S/I
26/10/21 11:23	S/I
23/11/21 12:00	S/I
14/12/21 12:01	S/I

REGLILLA CHAXAS CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/21 12:22	2.300,234
3/8/21 12:23	2.300,214
7/9/21 09:55	2.300,201
20/10/21 12:01	S/I
20/11/21 12:00	S/I
21/12/21 12:01	S/I

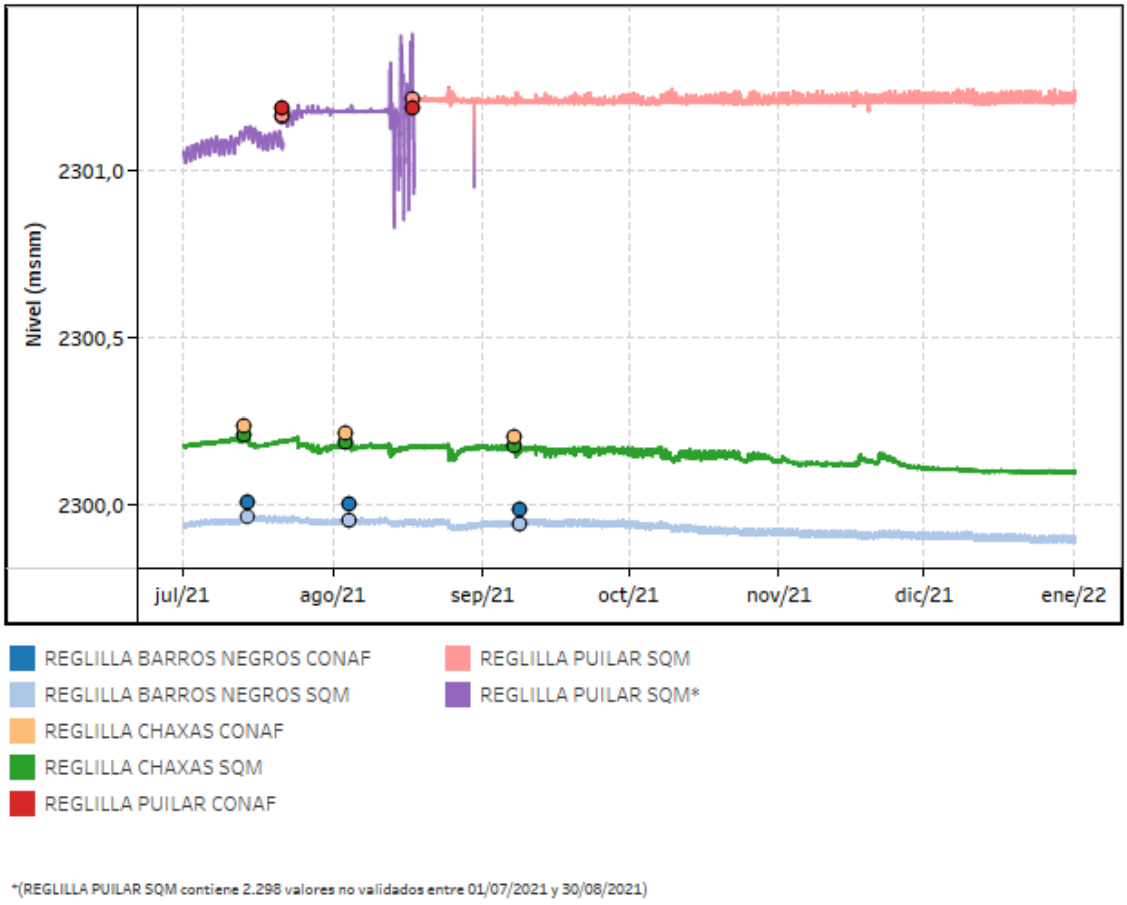
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-25: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM		
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	1	1	1				1	1	1
REGLILLA BARROS NEGROS SQM	1	1	1					1	1
REGLILLA CHAXAS CONAF	1	1	1				1	1	1
REGLILLA CHAXAS SQM	1	1	1				1	1	1
REGLILLA PUILAR CONAF	1	1					1	1	
REGLILLA PUILAR SQM	1	1					1	1	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – niveles en las lagunas



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.2 Meteorología

En la Tabla 5-26 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de los parámetros registrados en la estación meteorológica Chaxa: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, a nivel diario, para el período comprendido entre julio y diciembre de 2021. Los resultados gráficos se exponen en la Figura 5-13. En el Anexo 9.1 se presentan en forma tabulada los registros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel medio diario para el período de reporte.

Debido a las restricciones de ingreso a RNF durante algunos periodos del segundo semestre de 2021 no han podido realizarse todas las mantenciones necesarias a la estación. Por lo que para algunos periodos se ha tenido que rellenar una o más variables.

En el caso de la evaporación no se ha podido acceder con continuidad para realizar los ajustes al sensor del tanque de agua para la bandeja en las fechas necesarias, lo que hace que no existan mediciones representativas en algunos periodos por lo que se ha tenido que rellenar esta información a partir de otras estaciones, en el Anexo 9.2 se encuentra descrito con detalle la metodología. De la misma forma, para el caso de las variables de precipitación, velocidad del viento y temperatura han presentado algunas fallas de sensor a principios de este semestre reportado, por lo que, estos datos han tenido que ser rellenados posteriormente a partir de los registros de otras estaciones (ver Anexo 9.2).

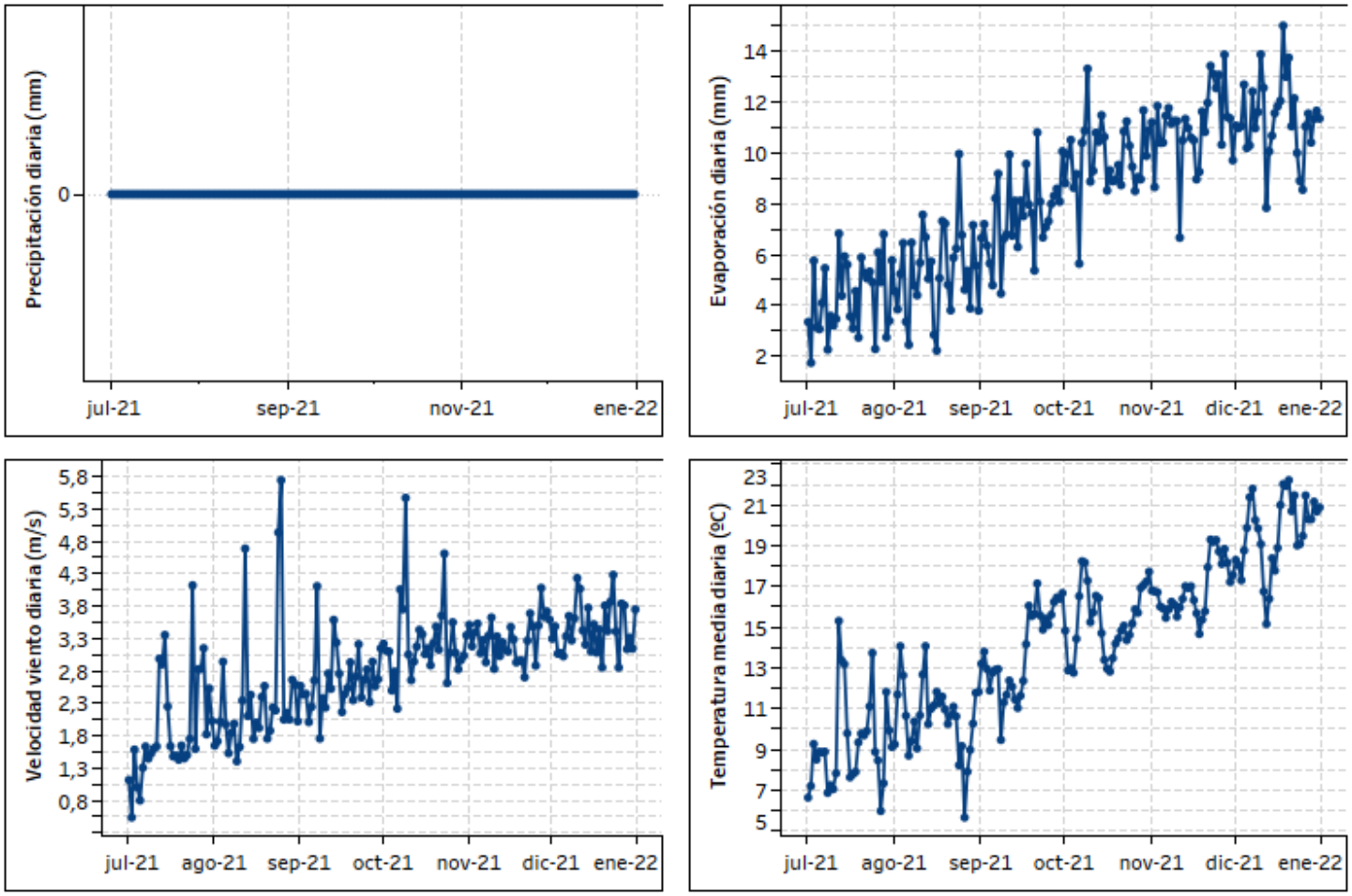
Tabla 5-26: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa

Parametros	Unidad	Mín. Valor	Máx. Valor	Prom. Valor	Desv. están. de Valor
Precipitación*	mm/día	0,00	0,00	0,00	0,00
Evaporación*	mm/día	1,74	15,01	8,21	3,10
Velocidad del viento*	m/s	0,49	5,69	2,77	0,85
Temperatura media diaria*	°C	5,65	22,22	14,23	4,01

* Esta variable contempla uno o más periodos de rellenado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-13: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.3 Caudal bombeado

Los pozos de extracción ubicados en el Sistema Soncor corresponden a los denominados Mullay-1 y Allana-1. A continuación, en la Tabla 5-27 se presentan los caudales de extracción registrados en cada uno de ellos, como flujo medio mensual durante el período julio a diciembre de 2021. Respecto de los flujómetros instalados, en el capítulo 4.4.5. Monitoreo de caudal de pozos de bombeo de agua industrial, en la Tabla 4-18, se muestran las fechas de vigencia de los certificados de calibración de cada flujómetro y éstos se entregan en el Anexo 3.2.

A modo de respaldo, se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Por su parte, en la Figura 5-14 se muestran los resultados en forma gráfica. Como se observa, los flujos de extracción para Allana y Mullay-1 se mantuvieron por debajo del máximo establecido en la autorización ambiental, el cual es de 40 L/s.

Por decisiones de carácter operacional, el pozo Allana se mantiene detenido desde marzo permaneciendo en este estado hasta el final del periodo reportado (diciembre 2021). Sin embargo, durante agosto, septiembre y octubre (2021) se realizaron pruebas funcionales con obtención de muestra como parte de campaña isotópica, mediciones de nivel y muestreo por parte de SEGEA y obtención de muestra para análisis químico en el marco del PSAH respectivamente.

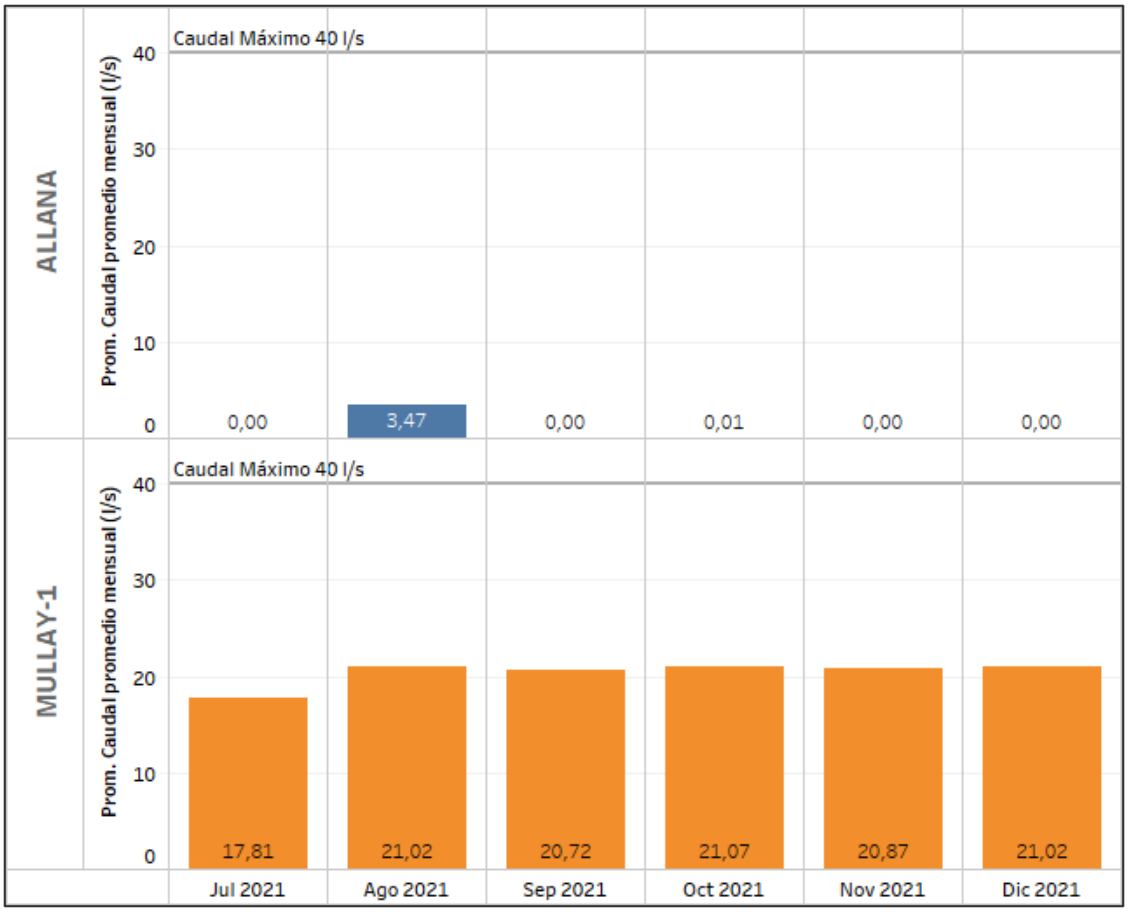
Para el pozo de extracción Mullay-1, en cambio, durante el primer semestre 2021, sus caudales promedios han permanecido en el orden de los 17 a 21 (L/s).

Tabla 5-27: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor

Pozo	Mes	Fecha flujómetro INICIAL	Fecha flujómetro FINAL	Número serie flujómetro	Volumen flujómetro (m3) INICIAL	Volumen flujómetro (m3) FINAL	Volumen traspasado (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
ALLANA	Jul 2021	01/07/2021	01/08/2021	S5W504500	65.009	65.010	1	0,00
	Ago 2021	01/08/2021	01/09/2021	S5W504500	65.010	74.309	9.299	3,47
	Sep 2021	01/09/2021	01/10/2021	S5W504500	74.309	74.317	8	0,00
	Oct 2021	01/10/2021	01/11/2021	S5W504500	74.317	74.339	22	0,01
	Nov 2021	01/11/2021	01/12/2021	S5W504500	74.339	74.339	0	0,00
	Dic 2021	01/12/2021	01/01/2022	S5W504500	74.339	74.339	0	0,00
MULLAY-1	Jul 2021	01/07/2021	01/08/2021	S5WB07076	184.971	232.686	47.715	17,81
	Ago 2021	01/08/2021	01/09/2021	S5WB07076	232.686	288.994	56.308	21,02
	Sep 2021	01/09/2021	01/10/2021	S5WB07076	288.994	342.707	53.713	20,72
	Oct 2021	01/10/2021	01/11/2021	S5WB07076	342.707	399.141	56.434	21,07
	Nov 2021	01/11/2021	01/12/2021	S5WB07076	399.141	453.244	54.104	20,87
	Dic 2021	01/12/2021	01/01/2022	S5WB07076	453.244	509.540	56.296	21,02

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-14: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.4 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 segundo semestre del año 2021. 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 Figura 4-2 y en la Tabla 4-2 de la Sección 4.3.1 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Soncor. En esta última 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 gráficos y 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 segundo semestre de 2021 los análisis químicos han sido efectuados por la ETFA ALS Life Sciences Chile, mientras que los muestreos de terreno fueron subcontratados por ALS a SOPROCERT en julio y octubre de 2021. En ambos trimestres se colectaron algunos puntos por la ETFA SEGEA que no pudieron ser muestreados en la campaña prevista con SOPROCERT. El detalle de estos puntos se encuentra en Tabla 4-21.

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 6.1 se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

5.1.2.4.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM - ALS (ETFA)

En la Tabla 5-28 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua y salmuera tomadas en terreno (SOPROCERT – SEGEA) y analizadas por el laboratorio ALS (julio y octubre de 2021), a los pozos de monitoreo durante el segundo semestre del año 2021. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-15 para las campañas del tercer y cuarto trimestre de 2021. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Únicamente el punto L7-G1 no pudo ser muestreado en el cuarto trimestre (octubre 2021) debido a las restricciones de acceso a la reserva (RNF), (puede verse el respaldo en el informe realizado por la ETFA en el Anexo 6.1).

Tabla 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Soncor segundo semestre de 2021[52]

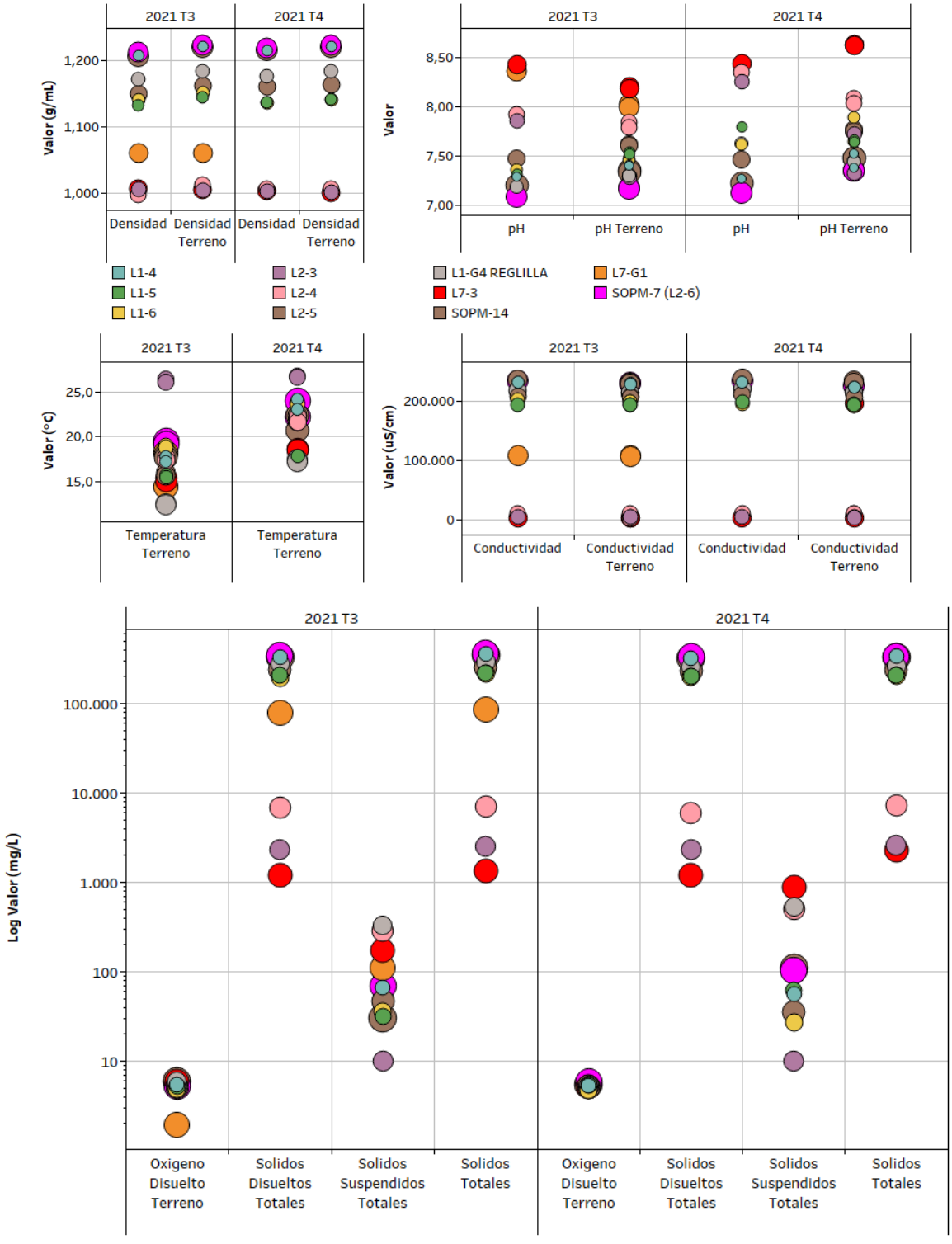
Parámetro	Unidad	L1-4		L1-5		L1-6		L2-3		L2-4		L1-G4	
		26-07-21	25-10-21	26-07-21	25-10-21	26-07-21	25-10-21	28-07-21	26-10-21	28-07-21	26-10-21	26-07-21	28-10-21
Conductividad	µS/cm	233.000	233.000	194.200	199.500	203.000	195.900	3.510	3.500	10.670	10.500	218.000	222.000
Conductividad Terreno	µS/cm	230.000	224.000	193.600	195.200	199.800	192.900	3.590	3.450	10.580	10.400	215.000	216.000
Densidad	g/mL	1,207	1,214	1,132	1,136	1,140	1,135	1,004	1,002	0,997	1,005	1,171	1,176
Densidad Terreno	g/mL	1,220	1,220	1,144	1,140	1,150	1,140	1,003	S/I	1,012	S/I	S/I	S/I
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,47	5,29	5,18	5,41	4,83	4,77	5,15	5,24	5,48	5,36	5,93	5,19
pH	-	7,28	7,26	7,31	7,79	7,36	7,61	7,85	8,25	7,92	8,35	7,18	7,62
pH Terreno	-	7,41	7,38	7,53	7,66	7,45	7,64	7,29	7,32	7,84	8,03	7,30	7,44
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	330.585	324.085	210.650	200.800	192.915	198.885	2.338	2.338	6.950	5.990	276.080	260.185
Sólidos Suspendidos	mg/L	67	57	32	63	36	27	10	10	288	502	326	529
Sólidos Totales	mg/L	359.785	335.810	221.715	209.155	215.805	205.260	2.566	2.604	7.100	7.250	295.440	266.240
Temperatura Terreno	°C	17,7	23,0	15,6	17,8	18,9	23,8	26,4	26,6	17,6	21,6	12,3	17,4

Parámetro	Unidad	L2-5		L7-3		SOPM-14		SOPM-7 (L2-6)		L7-G1	
		26-07-21	25-10-21	28-07-21	26-10-21	26-07-21	25-10-21	26-07-21	25-10-21	13-07-21	21-10-21
Conductividad	µS/cm	208.000	212.000	1.871	1.900	236.000	239.000	235.000	235.000	107.500	S/I
Conductividad Terreno	µS/cm	208.000	206.000	1.870	1.968	232.000	234.000	231.000	226.000	107.400	S/I
Densidad	g/mL	1,149	1,159	1,005	1,002	1,206	1,215	1,212	1,218	1,060	S/I
Densidad Terreno	g/mL	1,161	1,162	1,004	1,000	1,220	1,220	1,222	1,222	1,060	S/I
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,16	5,16	5,93	5,21	5,94	5,44	5,22	5,81	1,92	S/I
pH	-	7,47	7,46	8,42	8,44	7,20	7,22	7,08	7,12	8,36	S/I
pH Terreno	-	7,61	7,76	8,20	8,62	7,35	7,47	7,17	7,35	8,02	S/I
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	237.040	231.450	1.218	1.210	332.455	317.280	343.145	332.160	79.865	S/I
Sólidos Suspendidos	mg/L	47	35	173	890	30	110	70	104	110	S/I
Sólidos Totales	mg/L	253.930	238.260	1.356	2.320	353.645	332.375	363.640	335.230	86.635	S/I
Temperatura Terreno	°C	15,9	22,3	15,3	18,6	17,9	20,6	19,5	22,1	14,3	S/I

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

[52] Para todos los resultados de análisis químicos expuestos en el presente informe, en el caso de parámetros cuantificados mediante mediciones de terreno y análisis de laboratorio en forma conjunta, se identifican los parámetros medidos directamente en terreno mediante el sufijo Terreno, correspondiendo el resto a análisis de laboratorio. Cabe señalar que las mediciones de terreno corresponden a monitoreos complementarios a los exigidos en la RCA Nº226/2206. Estas mediciones han sido efectuadas por la ETFA y por SQM en forma conjunta (salvo para el caso de densidad que sólo son realizadas por SQM).

Figura 5-15: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

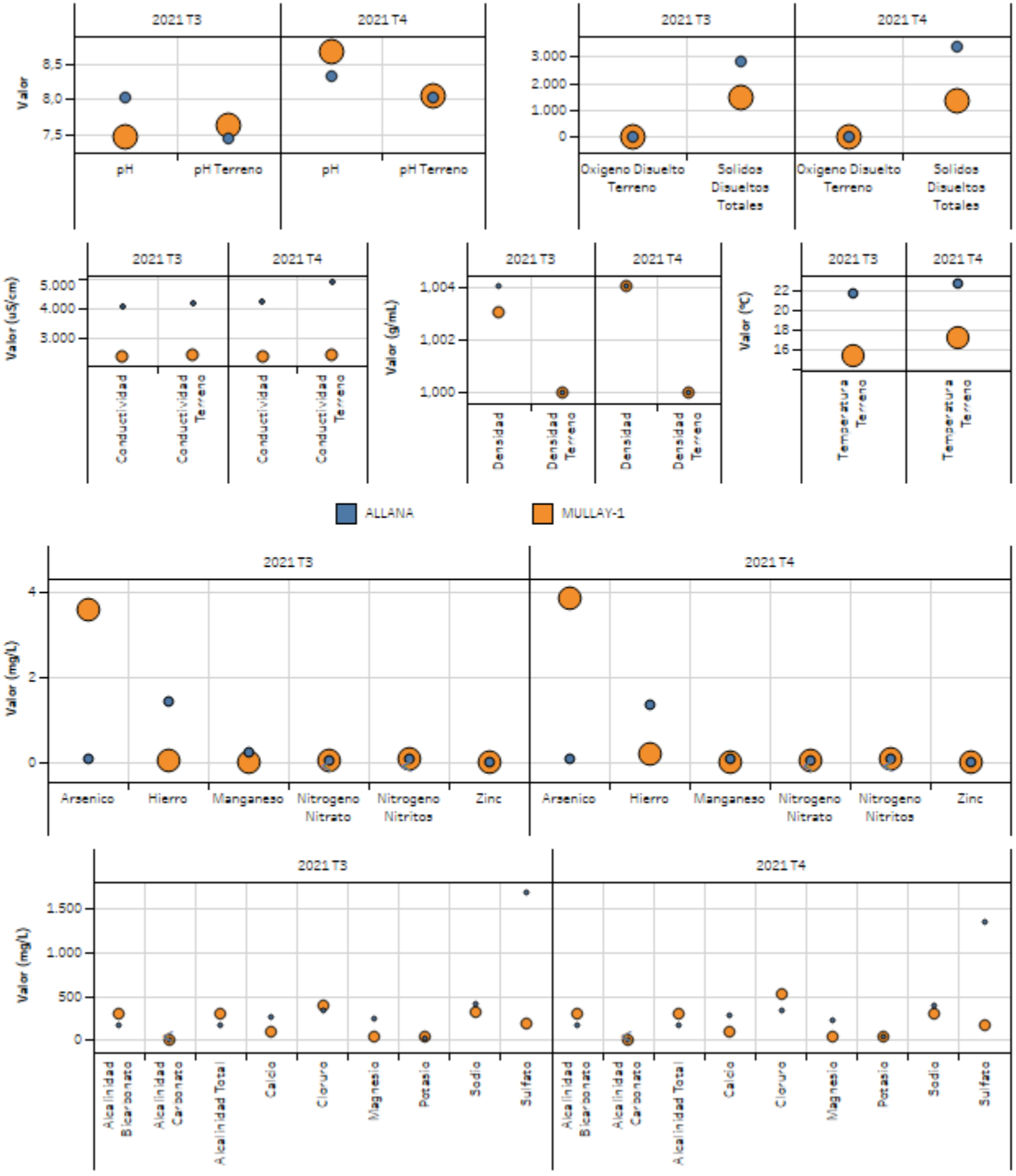
En la Tabla 5-29 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay-1 y Allana durante el segundo semestre de 2021. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-16.

Tabla 5-29: Resultados calidad del agua en pozos de extracción

Parámetro	Unidad	Mullay-1		Allana	
		27-07-21	26-10-21	5-08-21	26-10-21
Alcalinidad Total	mg$CaCO_3$/L	292	293	173	174
Arsénico	mg/L	3,5984	3,8536	0,0974	0,0887
Alcalinidad Bicarbonato	mg$CaCO_3$/L	292	293	173	174
Calcio	mg/L	91,41	95,98	258,47	271,25
Alcalinidad Carbonato	mg$CaCO_3$/L	<1	<1	<1	<1
Cloruro	mg/L	387,2	531,7	334,7	338,6
Conductividad	µS/cm	2360	2360	4080	4220
Conductividad Terreno	µS/cm	2430	2420	4170	4900
Densidad	g/mL	1,003	1,004	1,004	1,004
Densidad Terreno	g/mL	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro	mg/L	0,064	0,2	1,433	1,335
Magnesio	mg/L	30,633	30,571	239,316	224,915
Manganeso	mg/L	0,0015	0,0038	0,2504	0,0895
Nitrógeno Nitrato	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,92	4,83	2,75	4,79
pH	-	7,46	8,67	8,01	8,32
pH Terreno	-	7,63	8,04	7,43	8,01
Potasio	mg/L	28,5	30,1	25,2	28,1
Sodio	mg/L	312	306	410	384
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.466	1.324	2.792	3.376
Sulfato	mg/L	190	171	1694	1352
Temperatura Terreno	°C	15,3	17,1	21,7	22,6
Zinc	mg/L	0,0134	0,0158	0,0237	0,0202

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-16: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay-1 y Allana



Fuente: Elaboración propia. *Los valores <LD se representan como = LD. El color se refiere a la infraestructura.

5.1.2.4.2 Mediciones realizadas en cuerpos lagunares SQM

En esta sección se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos del monitoreo realizado en los puntos de control lacustre de Chaxa, Barros Negros, Burro Muerto y Puilar, planificados a ser realizados por ALS Antofagasta, quien subcontrata el monitoreo en terreno y la medición de parámetros fisicoquímicos a SOPROCERT.

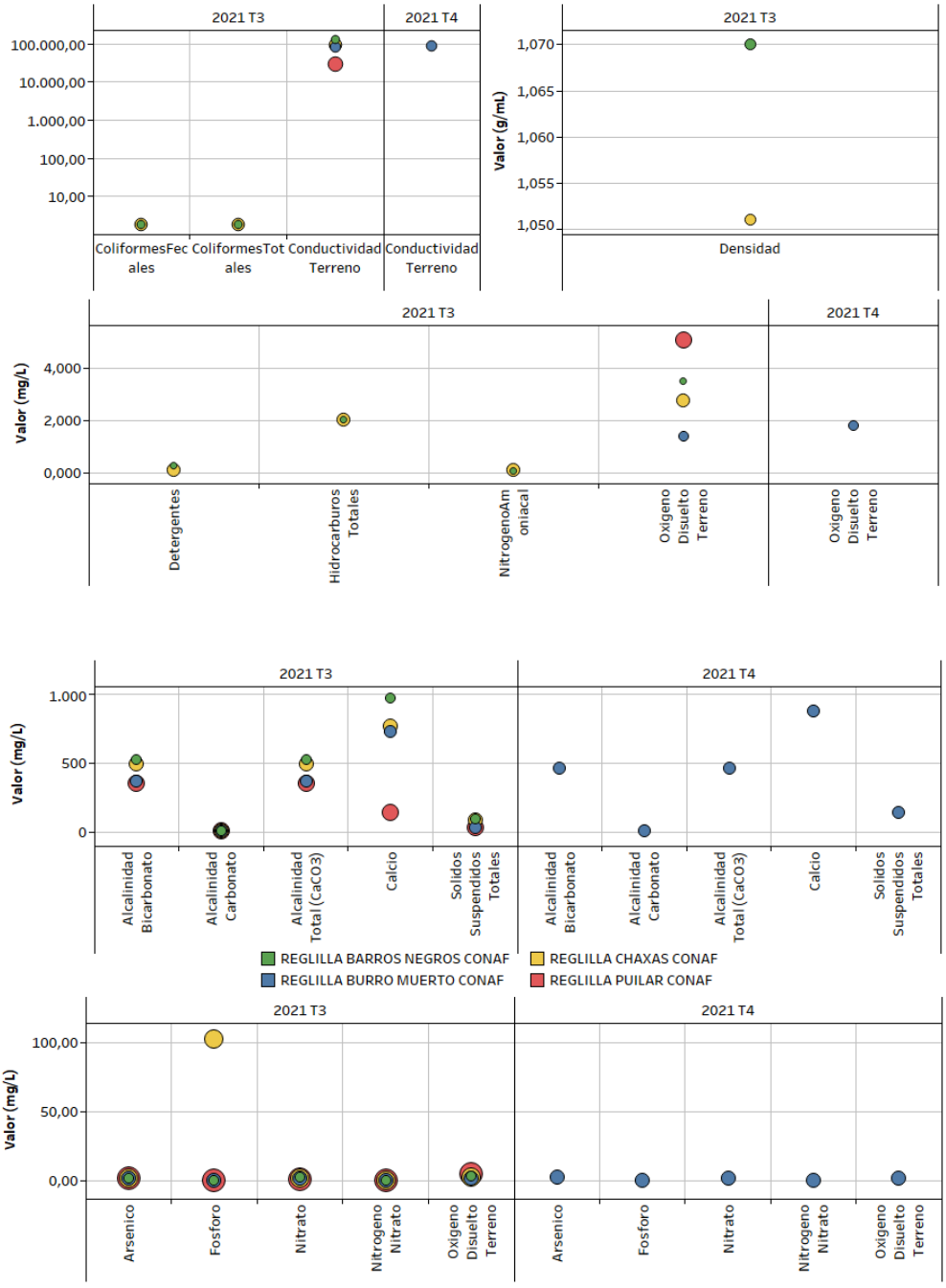
En ninguno de los trimestres pudo acceder SOPROCERT a estos puntos debido a no contar con permiso de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos. Sin embargo, si se pudo entrar posteriormente con la ETFA SEGEA a las 4 lagunas en julio y a Burro Muerto en octubre. Para el resto de los puntos sin acceso, ver respaldos en los respectivos informes ETFA en Anexo 6.1.

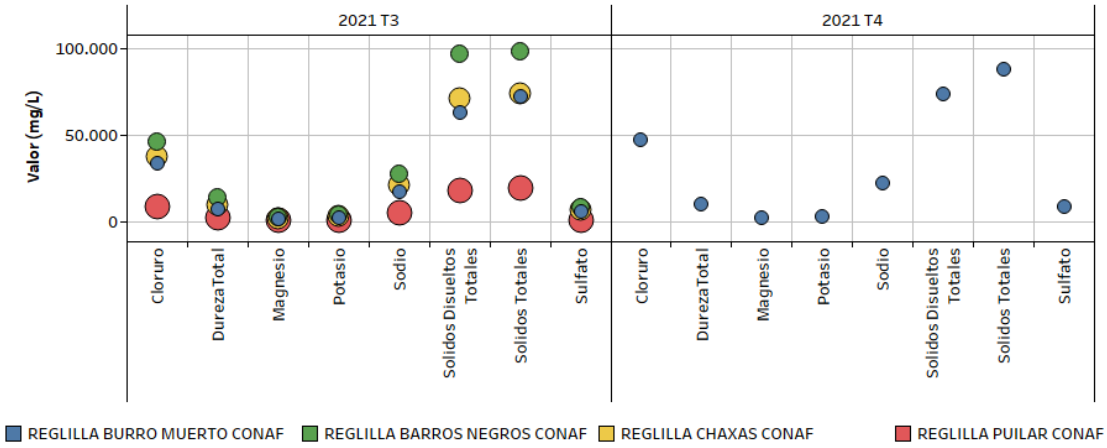
Tabla 5-30: Resultados calidad del agua en agua superficial

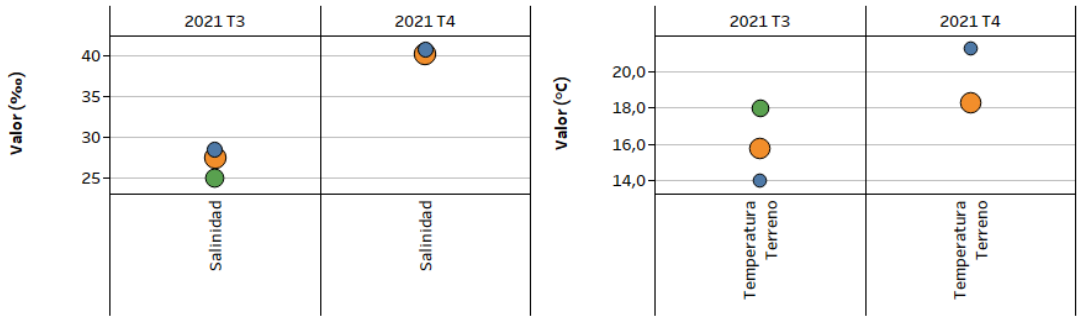
Parámetro	Unidad	Chaxa		Burro Muerto		Barros Negros		Puilar	
		13-07-21	20-10-21	21-07-21	26-10-21	14-07-21	30-10-21	21-07-21	26-10-21
Alcalinidad Total	mgCaCO3/L	487	S/I	366	460	520	S/I	352	S/I
Arsénico	mg/L	1,355	S/I	1,536	2,084	1,929	S/I	1,962	S/I
Bicarbonatos	mg/L	487	S/I	366	460	520	S/I	352	S/I
Calcio	mg/L	766	S/I	727	874	968	S/I	139	S/I
Carbonatos	mg/L	<1	S/I	<1	<1	<1	S/I	<1	S/I
Cloruro	g/L	37.322	S/I	33.488	47.103	46.006	S/I	8.830	S/I
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,8	S/I	-	-	<1,8	S/I	-	S/I
Coliformes Totales	NMP/100 mL	<1,8	S/I	-	-	<1,8	S/I	-	S/I
Conductividad	µS/cm	93.500	S/I	83.100	108.600	123.100	S/I	27.500	S/I
Conductividad Terreno	µS/cm	96.850	S/I	83.940	85.590	129.800	S/I	28.800	S/I
Densidad	g/mL	1,051	S/I	-	-	1,070	S/I	-	S/I
Densidad Terreno*	g/mL	1,052	S/I	-	-	1,070	S/I	-	S/I
Detergentes	mg/L	0,071	S/I	-	-	0,230	S/I	-	S/I
Dureza Total	mg/L	9.373	S/I	6.952	10.279	13.645	S/I	2.049	S/I
Fósforo fosfato	mgP/L	102	S/I	<0,13	<0,13	<0,13	S/I	<0,13	S/I
Hidrocarburos Totales	mg/L	<2	S/I	-	-	<2	S/I	-	S/I
Magnesio	mg/L	1.896	S/I	1.470	2.072	2.279	S/I	468	S/I
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,08	S/I	-	-	<0,03	S/I	-	S/I
Nitrógeno Nitrato	mg/L	<0,05	S/I	<0,05	<0,05	<0,05	S/I	<0,05	S/I
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	2,75	S/I	1,36	1,76	3,47	S/I	5,06	S/I
pH Terreno	-	7,96	S/I	7,95	7,96	7,93	S/I	8,25	S/I
Potasio	mg/L	3.079	S/I	2.436	3.115	3.735	S/I	807	S/I
Salinidad	‰	73	S/I	63	>42	101	S/I	18	S/I
Sodio	mg/L	20.880	S/I	16.851	22.185	27.685	S/I	4.823	S/I
Sólidos disueltos totales	mg/L	71.070	S/I	63.050	73.480	96.785	S/I	17.720	S/I
Sólidos suspendidos Totales	mg/L	86	S/I	30	138	87	S/I	28	S/I
Sólidos totales	mg/L	74.275	S/I	72.450	88.160	98.130	S/I	19.560	S/I
Sulfato	mg/L	6.785	S/I	5.800	8.820	8.039	S/I	749	S/I
Temperatura Terreno	°C	12	S/I	14	17	14	S/I	23	S/I

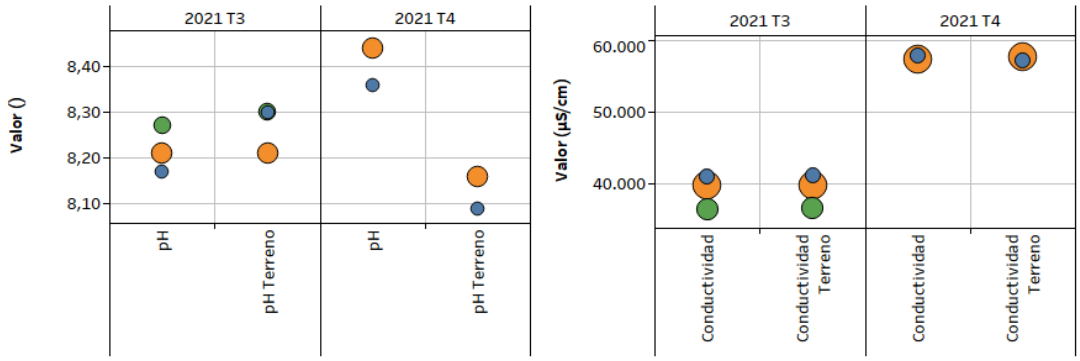
Fuente: Elaboración propia

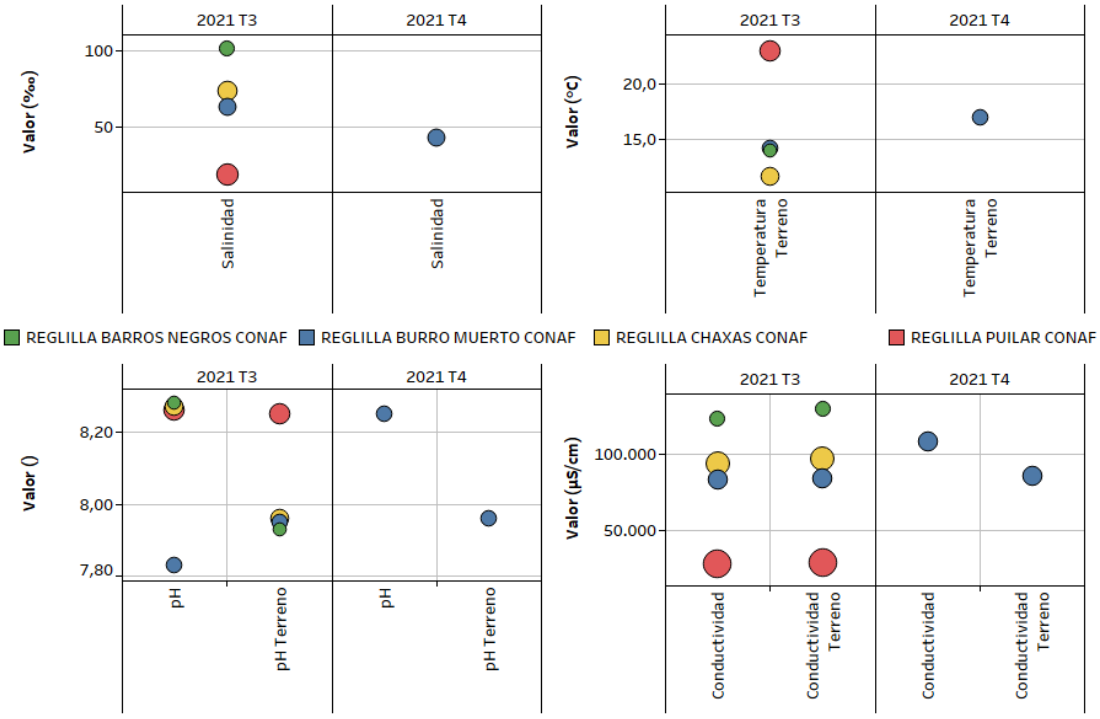
Figura 5-17: Resultados de calidad del agua en agua superficial




2021 T3
2021 T4
Valor (mg/L)
100.000
50.000
0
Cloruro
DurezaTotal
Magnesio
Potasio
Sodio
Solidos Disueltos Totales
Solidos Totales
Sulfato
REGLILLA BURRO MUERTO CONAF
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF
REGLILLA CHAXAS CONAF
REGLILLA PUILAR CONAF


2021 T3
2021 T4
Valor (‰)
40
35
30
25
Salinidad
Valor (°C)
20,0
18,0
16,0
14,0
Temperatura Terreno
REGLILLA INTERNA C..
REGLILLA SALADA CC


2021 T3
2021 T4
Valor ()
8,40
8,30
8,20
8,10
pH
pH Terreno
Valor (µS/cm)
60.000
50.000
40.000
Conductividad
Conductividad Terreno



Fuente: Elaboración propia. *Los valores <LD se representan como = LD. El color se refiere a la infraestructura. Los valores >LD se representan como =LD, el color se refiere a la infraestructura.

5.1.2.4.3 Validación de Resultados

Los criterios de validación de los resultados obtenidos para los monitoreos de calidad de aguas que se implementan en este apartado son los descritos en el anterior apartado 4.4.9 de Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas (Capítulo 4 de Materiales y métodos).

La Tabla 5-31 muestra los resultados de la validación para las campañas del segundo semestre en el sistema Soncor. En las dos campañas del segundo semestre, todas las muestras con análisis de sólidos (totales, disueltos y suspendidos) fueron validadas, teniendo un desbalance de masa menor al 20%.

Respecto del balance iónico, todas las muestras de ambos trimestres tuvieron un error de cargas inferior a 10.

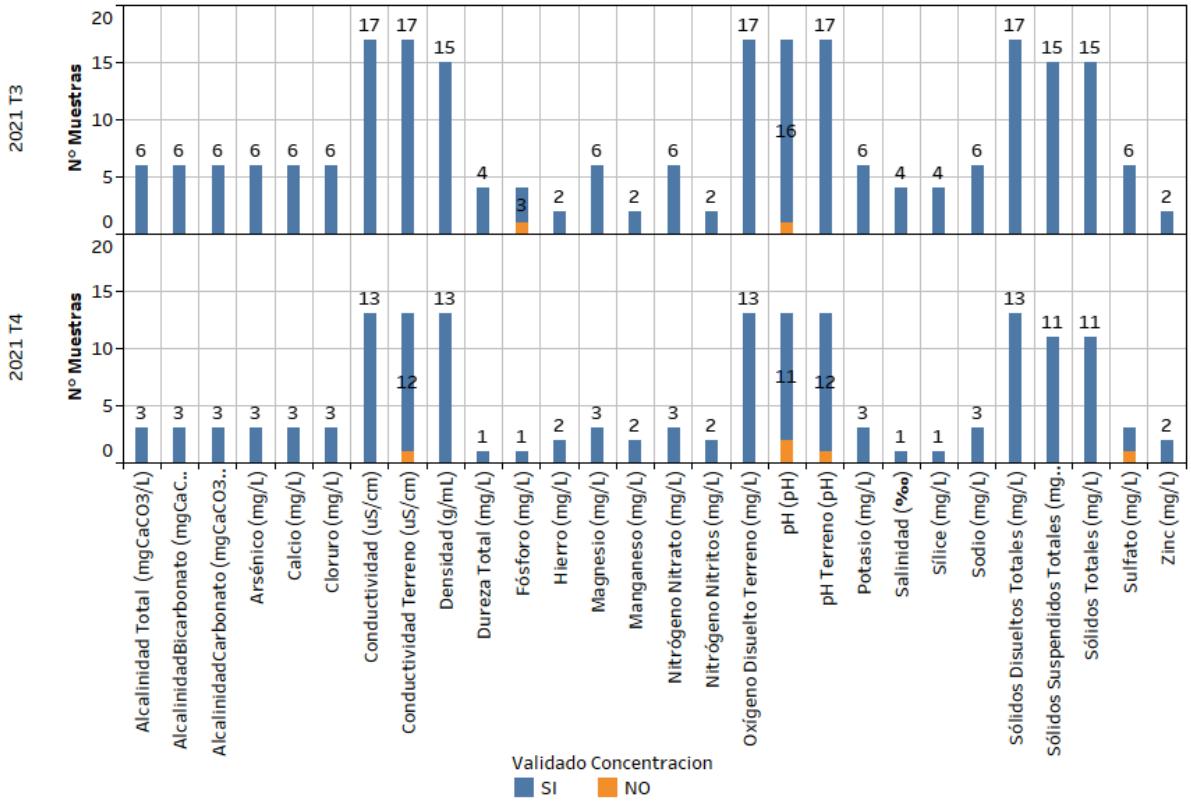
Tabla 5-31: Resultados validación Soncor

Trimestre de 2021	Punto de Control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
3ro	ALLANA	NA*	3,0
	L1-4	-8,1	NA*
	L1-5	-5,0	NA*
	L1-6	-10,6	NA*
	L1-G4	-6,4	NA*
	L2-3	-8,5	NA*
	L2-4	1,9	NA*
	L2-5	-6,6	NA*
	L7-3	2,6	NA*
	L7-G1	-7,7	NA*
	MULLAY-1	NA*	2,0
	BARROS NEGROS	-1,3	2,0
	BURRO MUERTO	-12,9	6,0
	CHAXAS	-4,2	1,0
	PUILAR	-9,3	1,0
	SOPM-7 (L2-6)	-5,6	NA*
	SOPM-14	-6,0	NA*
4to	ALLANA	NA*	9,0
	L1-4	-3,5	NA*
	L1-5	-4,0	NA*
	L1-6	-3,1	NA*
	L1-G4	-2,1	NA*
	L2-3	-9,8	NA*
	L2-4	-10,5	NA*
	L2-5	-2,8	NA*
	L7-3	-9,5	NA*
	MULLAY-1	NA*	6,0
	BURRO MUERTO	-16,5	9,0
	SOPM-7 (L2-6)	-0,9	NA*
	SOPM-14	-4,5	NA*

Fuente: Elaboración propia. NA: No Aplica; el número de analitos de los parámetros comprometidos por RCA (y analizados) no permiten realizar este cálculo.

La Figura 5-18 muestra el número de muestras validadas y no validadas en base a su concentración histórica para cada analito verificado (de acuerdo con lo indicado en 4.4.9) en el segundo semestre de 2021 en el sistema Soncor. Se observan para el tercer trimestre 1 resultado no validado de pH y otro de fósforo y para el cuarto trimestre 1 resultado de conductividad terreno, otro de pH en terreno y otro pH en laboratorio. Estas desviaciones representan un 1,7% del total de análisis realizados.

Figura 5-18: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.5 Caudal agua superficial (aforos)

En el sistema Soncor se dispone de dos puntos de medición de caudal de agua superficial; en el Puente San Luís se mide de forma continua y con medidas manuales mensuales, y en el punto llamado Barros Negros (que se ubica a la salida de la laguna Chaxa, ver apartado 4.3.1) se toman medidas manuales mensuales.

En la Tabla 5-32 se muestra el resultado de las mediciones manuales realizadas durante el segundo semestre 2021. Puede verse que el aforo del Puente San Luís se ha podido medir todos los meses. En la Figura 5-19 se muestra gráficamente el resultado de las mediciones continuas y manuales de este punto; puede verse que el transductor de presión ha funcionado bien en términos generales, los *outliers* son aislados, por lo que, se invalidan solo datos puntuales. A su vez, el comportamiento de los datos responde a los descensos esperados producto de la

estacionalidad. Este leve descenso de los caudales se puede observar también en el registro del último dato manual observándose el valor más bajo de este periodo reportado. Mencionar, asimismo, que en el Anexo 8 se entrega de forma tabulada el total de mediciones (continuas, manuales, validados y no validados) de todas las mediciones de aforo realizadas en este semestre reportado.

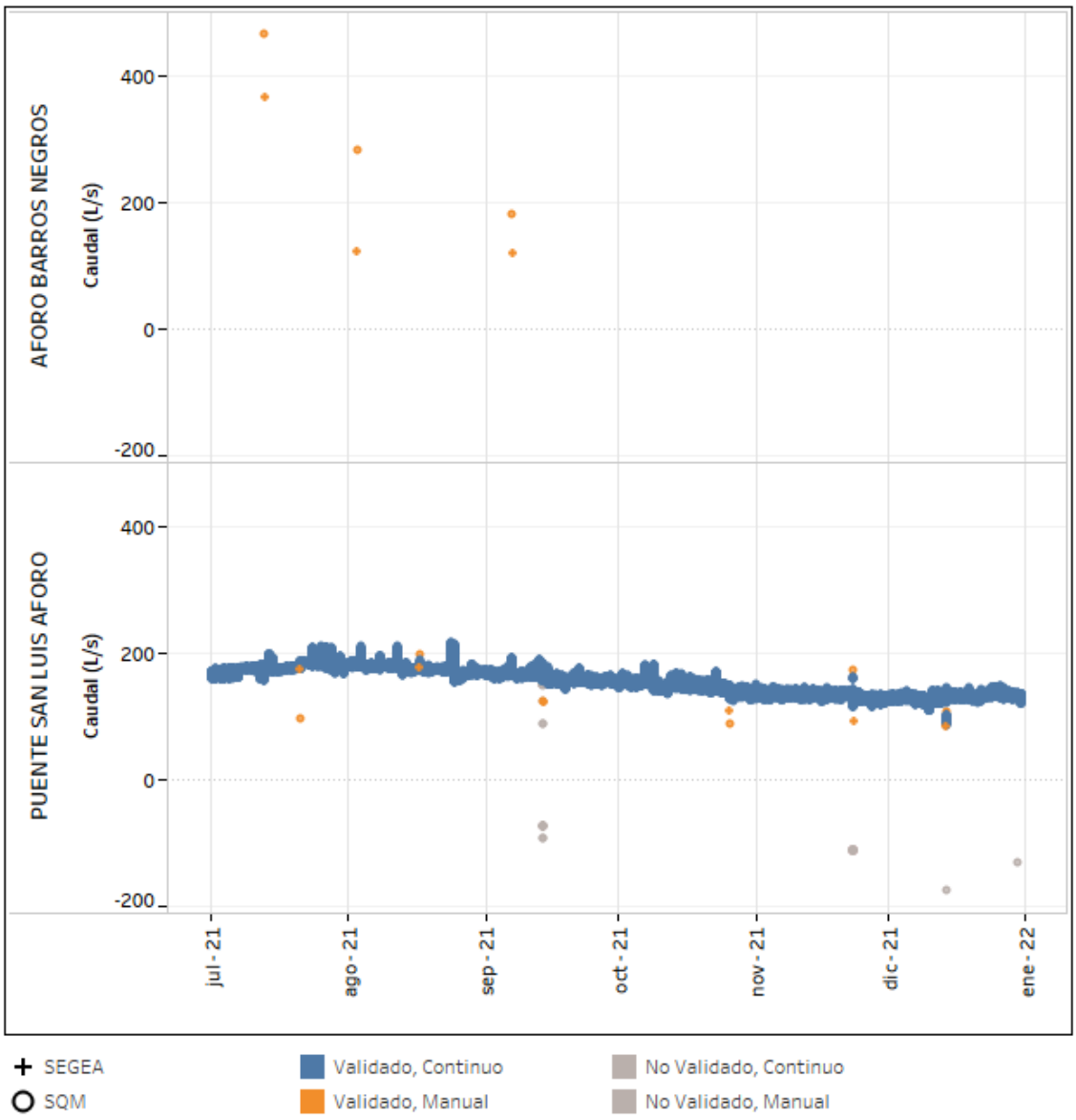
Por su parte, en el punto de Barros Negros solo ha sido posible su medición en los meses de julio, agosto y septiembre (2021). En la Figura 5-19 se muestra gráficamente el resultado obtenido.

Tabla 5-32: Resultados aforos manuales en el punto de Aforo Barros Negros y Puente San Luis

	AFORO BARROS NEGROS	PUENTE SAN LUIS AFORO
julio 2021	414,92	134,30
agosto 2021	202,00	186,35
septiembre 2021	148,34	122,50
octubre 2021	S/I	97,85
noviembre 2021	S/I	131,20
diciembre 2021	S/I	94,90

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

Figura 5-19: Caudales medidos en el punto Puente San Luis Aforo, del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.6 Superficie Lacustre

Para el presente semestre de reporte, corresponde la medición de la superficie lacustre del sistema Soncor (Chaxa, Barros Negros y Puilar) mediante el método de las estacas perimetrales realizado trimestralmente por SQM en el marco del ex convenio con CONAF.

Cabe mencionar que las mediciones de Puilar efectuadas en base a estacas corresponden a la superficie del canal de aporte y no al cuerpo de la laguna como tal, debido que fue incorporado inicialmente como un seguimiento experimental durante el año 2004 (Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama).

Durante este periodo de reporte, no se realizó la medición de superficies mediante estacadas, debido a que existió restricción para acceder a la Reserva Nacional Los Flamencos, principalmente por restricción de tiempo que se otorga para realizar esta actividad

5.1.3 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Aguas de Quelana considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (61 puntos), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (9 puntos) y superficie lacustre. Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2021 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-33 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-33: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21
L3-8	3	*	*	*	*	*	*
L3-11	3	*	*	*	*	*	*
L3-12	3	*	*	*	*	*	*
L4-10	3	*	**	*	*	*	*
L4-11	3	*	*	*	*	*	*
L4-14	3	*	*	*	*	*	*
L5-9	3	*	*	*	*	*	*
L5-11	3	*	*	*	*	*	*
L5-12	3	*	*	*	*	*	*
L5-13	3	*	*	*	*	*	*
L5-15	3	*	*	*	*	*	*
L5-G3 REGLILLA	3	*	*	*	*	*	*
L13-5	3	*	*	*	*	*	*
L13-6	3	*	*	*	*	*	*
L14-5	3	*	*	*	*	*	*
L14-6	3	*	*	*	*	*	*
L14-7	3	*	*	*	*	*	*

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado; Motivo 3: Prohibición de ingreso a RNF-Aguas de Quelana

5.1.3.1 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 sistema Aguas de Quelana, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-5 y en la Tabla 4-6.

Cabe señalar que los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 son parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, pero para una mayor claridad de su presentación, éstos solo serán mostrados 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; el pozo solo se presentará en la actual sección.

5.1.3.1.1 Pozos en zona aluvial

La zona aluvial cuenta con 7 puntos de control comprometidos para el Sistema Aguas de Quelana, que corresponden a 5 pozos de monitoreo y 2 pozos de extracción. En la Tabla 5-34 se muestran los resultados del monitoreo efectuado por la ETFA para el segundo semestre de 2021. En el caso del punto L4-3, que es indicador de estado, las mediciones son diarias y efectuadas por SQM, por lo que en la Tabla 5-34 se muestra el valor mínimo y máximo de cada mes. En la Tabla 5-35 se muestra el recuento de mediciones por empresa. Finalmente, en la Figura 5-20 se encuentra de forma gráfica el resultado completo de las mediciones de nivel para este grupo y en el Anexo 5.2. se entregan todos los resultados de forma tabulada.

Como puede comprobarse, para el segundo semestre 2021 se han podido acceder a todos los puntos sin problemas, por lo que también se ha podido cumplir la frecuencia estipulada en cada punto.

Tabla 5-34: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana

L3-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 16:03	2.322,911
19/8/21 11:32	2.322,932
18/9/21 12:00	2.322,939
19/10/21 10:31	2.322,936
21/11/21 15:45	2.322,954
18/12/21 16:24	2.322,960

L4-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 14:36	2.304,401
15/8/21 14:56	2.304,492
16/9/21 08:50	2.304,453
19/10/21 09:19	2.304,563
21/11/21 14:21	2.304,588
16/12/21 14:58	2.304,451

L5-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 12:35	2.322,290
19/8/21 09:52	2.322,300
18/9/21 13:23	2.322,350
19/10/21 11:12	2.322,310
21/11/21 13:26	2.322,335
18/12/21 14:54	2.322,341

L5-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 13:17	2.315,130
19/8/21 10:05	2.315,130
18/9/21 13:36	2.315,150
19/10/21 11:27	2.315,148
21/11/21 14:05	2.315,151
18/12/21 15:20	2.315,148

CAMAR-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 15:47	2.322,322
19/8/21 11:10	2.322,317
18/9/21 11:32	2.322,337
19/10/21 10:14	2.322,322
21/11/21 15:29	2.322,367
18/12/21 16:10	2.322,384

SOCAIRE-5B	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 13:00	2.304,192
19/8/21 10:25	2.304,244
18/9/21 12:57	2.304,157
19/10/21 10:51	2.304,162
21/11/21 13:49	2.304,215
18/12/21 15:13	2.304,204

L4-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.306,873	2.306,886
Ago 2021	2.306,861	2.306,871
Sep 2021	2.306,881	2.306,892
Oct 2021	2.306,899	2.306,900
Nov 2021	2.306,873	2.306,878
Dic 2021	2.306,880	2.306,893

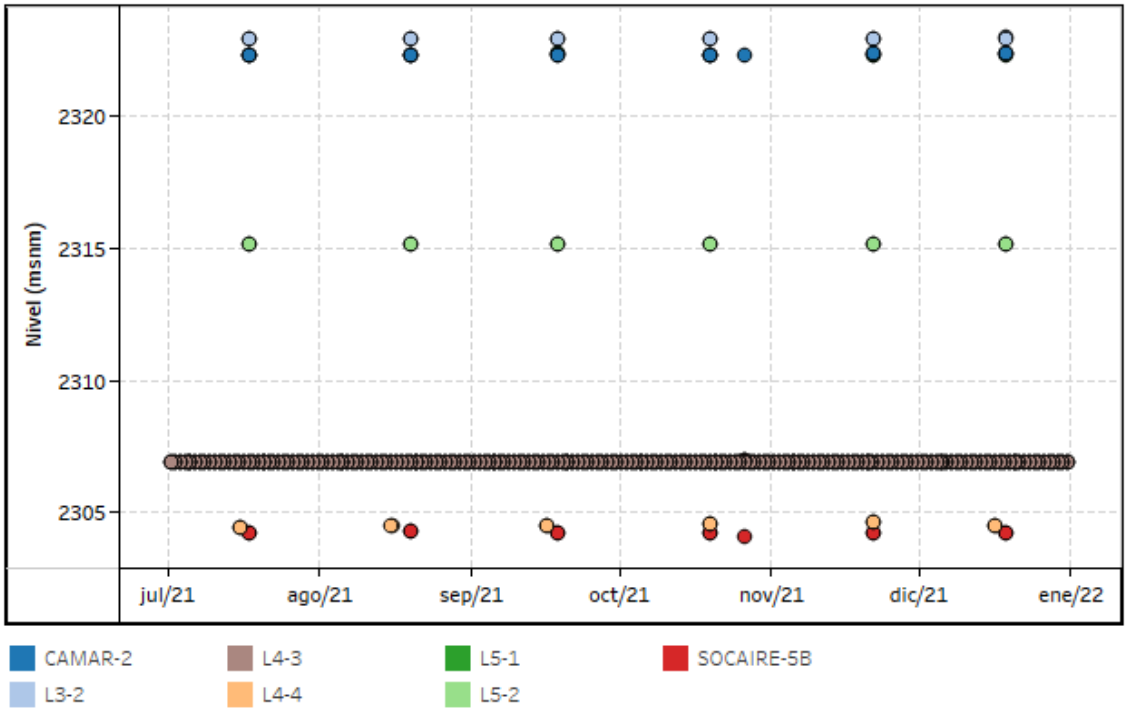
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-35: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
SOCAIRE-5B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
L5-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-3	2	2	2	2	2	2	31	31	30	32	30	31
L3-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAMAR-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-20: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.2 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 éstos, 19 poseen medición continua de nivel. De manera que, para facilitar el análisis, se han agrupado 4 grupos en función de su ubicación; aledaño a pozo de extracción Camar-2, aledaño a pozo de extracción

Socaire-5, al oeste de las lagunas difusas aledañas al pozo Camar-2 y al oeste de las lagunas difusas aledañas al pozo Socaire-5. A continuación, se muestran los resultados para cada grupo.

Área del pozo Camar-2

En la Tabla 5-36 se muestran las mediciones del segundo semestre de 2021 para el subsector aledaño al pozo de extracción Camar-2, compuesto por 6 puntos de control.

Los piezómetros L3-3 y L3-5 son indicadores de estado por lo que son medidos a diario por SQM, que son los valores que se muestran en la Tabla 5-36 en forma de mínimos y máximos mensuales, debido a la gran cantidad de datos. Como viene describiéndose en los otros sectores, adicionalmente, se solicitó a la ETFA que tomara medidas mensuales en estos puntos con el propósito de contrastar las mediciones de SQM. En los casos en que el punto corresponda a un indicador de estado que además se encuentre con alguna de sus fases activas (Fase I o Fase II), se solicita a la ETFA que realice mediciones quincenales.

El resto de los puntos de este grupo deben ser medidos mensualmente por la ETFA y el resultado es el que se muestra en la Tabla 5-36. Adicionalmente, SQM toma mediciones mensuales en estos puntos; en la Figura 5-21 se muestra el resultado completo del monitoreo en todos los puntos de este grupo.

Con el fin de facilitar la revisión del número de mediciones realizadas en cada punto durante este segundo semestre 2021, en la Tabla 5-37 se detalla el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa en cada mes y en la Figura 5-21 se muestran gráficamente, donde también se incluyen las mediciones en continuo que, de este grupo todos los pozos excepto el L3-3, cuentan con transductor de presión instalado.

Como puede observarse, los pozos L13-1, L13-2, L3-3 y L3-5 han podido medirse con la frecuencia estipulada sin dificultades, ya que éstos se encuentran fuera de la Reserva. En cambio, los puntos L13-3 y L3-6 sí se encuentran dentro de la Reserva por lo que, tal y como puede verse, la frecuencia no ha podido ser la comprometida y se han medido en cuatro de los seis meses del semestre.

De este grupo de puntos, el L13-1, L13-2, L13-3, L3-5 y L3-6 están equipados para su medición continua; en la Figura 5-21 se muestra el resultado de forma gráfica y en el Anexo 5.2 se entregan los valores tabulados.

Tabla 5-36: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2

L13-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 15:17	2.315,286
15/8/21 12:28	2.315,304
16/9/21 07:34	2.315,319
16/10/21 10:15	2.315,327
18/11/21 13:42	2.315,310
16/12/21 13:08	2.315,276

L13-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 15:30	2.307,359
15/8/21 12:42	2.307,368
16/9/21 07:48	2.307,366
16/10/21 11:12	2.307,351
18/11/21 13:57	2.307,323
16/12/21 12:51	2.307,269

L13-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 16:17	2.302,832
29/8/21 12:00	S/I
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 09:43	2.302,852
25/11/21 12:50	2.302,808
22/12/21 10:03	2.302,756

L3-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 15:25	2.302,222
29/8/21 12:00	S/I
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 10:25	2.302,207
25/11/21 11:20	2.302,195
22/12/21 11:00	2.302,180

L3-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.310,875	2.310,882
Ago 2021	2.310,889	2.310,893
Sep 2021	2.310,899	2.310,901
Oct 2021	2.310,889	2.310,900
Nov 2021	2.310,847	2.310,867
Dic 2021	2.310,789	2.310,816

L3-5		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.304,250	2.304,257
Ago 2021	2.304,269	2.304,276
Sep 2021	2.304,288	2.304,293
Oct 2021	2.304,294	2.304,297
Nov 2021	2.304,277	2.304,286
Dic 2021	2.304,240	2.304,259

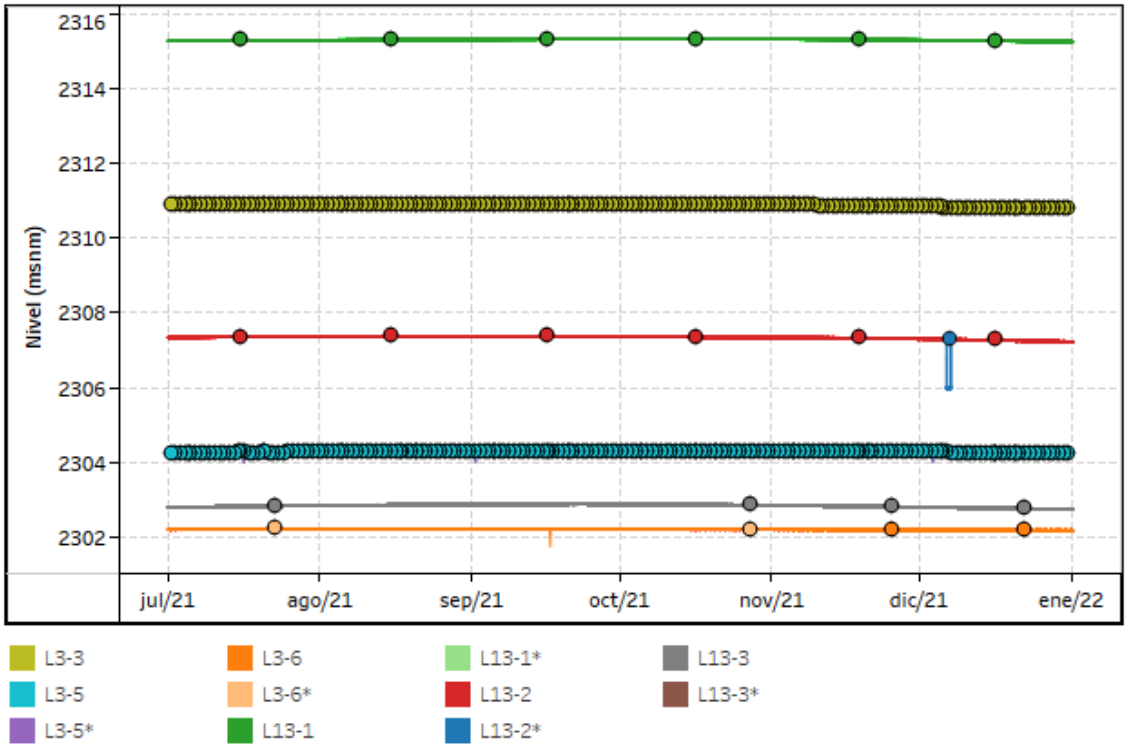
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-37: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L3-3	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L3-5	2	2	2	2	2	3	32	32	31	32	31	32
L3-6	1			1	1	1	1			1	1	1
L13-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
L13-3	1			1	1	1	1			1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-21: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2



*(El Pozo L3-5 contiene 110 valores no validados entre 16/07/2021 y 03/12/2021)
*(El Pozo L3-6 contiene 34 valores no validados entre 22/07/2021 y 25/11/2021)
*(El Pozo L13-1 contiene 3 valores no validados entre 16/10/2021 y 16/10/2021)
*(El Pozo L13-2 contiene 1.218 valores no validados entre 16/10/2021 y 07/12/2021)
*(El Pozo L13-3 contiene 3 valores no validados entre 27/10/2021 y 31/12/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Área del pozo Socaire-5

En la Tabla 5-38 se muestran las mediciones para el subsector aledaño al pozo de extracción Socaire-5 compuesto por 13 puntos de control, de los cuales 7 tienen medición en continuo además de las medidas manuales.

De entre los indicadores de estado medidos que corresponden a este grupo, se encuentran los puntos L4-7, L4-8 y L5-8, que son monitoreados de forma diaria por SQM; en la Tabla 5-38 se muestran los mínimos y máximos resultantes. No obstante, estos puntos han sido medidos adicionalmente por la ETFA de forma mensual, con el objetivo de verificar las mediciones de

SQM. Estas mediciones se muestran, junto con las mediciones diarias comprometidas, en la Figura 5-22.

Con respecto el resto de los puntos, deben ser medidos mensualmente por la ETFA; el resultado de este monitoreo es el que se muestra en la Tabla 5-38. Adicionalmente, SQM realiza mediciones el mismo día; los valores resultantes en este caso no se muestran en la Tabla 5-38, pero se grafican junto con el resto de los valores en la Figura 5-22.

Con el fin de facilitar la revisión del número de mediciones realizadas en cada punto durante este segundo semestre 2021, en la Tabla 5-39 se detalla el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa en cada mes. Todas las mediciones, las comprometidas y las adicionales se entregan de forma tabulada en el Anexo 5.2. Respecto de las mediciones en continuo, se muestran junto a las mediciones manuales en la Figura 5-22 (L4-7, L4-8, L4-9, L5-3, L5-6, L5-7, L5-8 y L14-1).

Como puede observarse, los puntos que se encuentran fuera de la reserva (L14-1, L14-2, L5-6, L5-7, L4-7 y L5-8) han podido visitarse con la frecuencia comprometida sin problema. De hecho, en el caso del L5-7 se ha medido quincenalmente por la ETFA, lo que ha permitido mantener un mayor control a los niveles continuos. En el caso de los puntos L4-7 y L5-8, al ser indicadores de estado, se deberían realizar mediciones quincenales por parte de la ETFA, además de las mediciones diarias realizadas por SQM.

El resto de los puntos (L4-8, L4-9, L5-3, L14-5, L14-6 y L14-7) no han podido ser visitados regularmente durante el segundo semestre 2021, ya que éstos se encuentran dentro de RNF, por lo que su visita ha estado sujeto a la disponibilidad de acceso a estas áreas dentro de los permisos facilitados. Esta situación impacta también en el caso del L4-8, que al ser indicador de estado debería disponer de una medida diaria, pero que por el contrario solo ha podido ser posible realizar una medida en todos los meses excepto septiembre.

El resultado del monitoreo de niveles del segundo semestre 2021 se muestra gráficamente en la Figura 5-22 y valores se encuentran tabulados en el Anexo 5.2.

Tabla 5-38: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5

L14-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 16:15	2.311,823
15/8/21 15:47	2.311,840
16/9/21 08:24	2.311,852
16/10/21 12:51	2.311,860
21/11/21 14:39	2.311,841
16/12/21 14:17	2.311,807

L14-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 16:22	2.304,330
15/8/21 15:36	2.304,345
16/9/21 08:15	2.304,353
16/10/21 12:44	2.304,360
21/11/21 14:47	2.304,349
16/12/21 13:41	2.304,330

L14-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 16:09	2.301,681
15/8/21 15:22	2.301,674
16/9/21 08:34	2.301,675
16/10/21 12:33	2.301,666
21/11/21 14:56	2.301,658
16/12/21 13:59	2.301,644

L14-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 12:53	2.300,474
22/9/21 12:00	2.300,468
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 13:13	2.300,428
26/12/21 12:01	S/I

L14-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 12:45	2.300,128
22/9/21 11:51	2.300,121
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 13:04	2.300,092
26/12/21 12:01	S/I

L14-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 12:27	2.299,950
22/9/21 11:40	2.299,945
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 12:55	2.299,925
26/12/21 12:01	S/I

L4-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 10:05	2.301,012
29/8/21 12:00	S/I
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 12:57	2.300,966
25/11/21 09:46	2.300,951
22/12/21 13:49	2.300,946

L5-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 13:05	2.302,106
25/8/21 15:52	2.302,086
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 15:18	2.302,044
25/11/21 08:04	2.302,009
22/12/21 14:58	2.301,996

L5-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 10:22	2.309,096
20/8/21 12:34	2.309,105
20/9/21 10:45	2.309,111
20/10/21 11:42	2.309,105
20/11/21 11:18	2.309,075
16/12/21 15:11	2.309,040
20/12/21 14:47	2.309,035 *

L5-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
15/7/21 14:05	2.307,056
20/7/21 10:04	2.307,057 *
15/8/21 11:38	2.307,073
20/8/21 12:18	2.307,075 *
16/9/21 06:32	2.307,080
20/9/21 10:29	2.307,083 *
15/10/21 13:38	2.307,079
20/10/21 11:28	2.307,074 *
18/11/21 12:54	2.307,043
20/11/21 11:01	2.307,041 *
16/12/21 15:39	2.306,991
20/12/21 15:04	2.306,982 *

L4-8		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.301,285	2.301,286
Ago 2021	2.301,285	2.301,285
Sep 2021	S/I	S/I
Oct 2021	2.301,278	2.301,278
Nov 2021	2.301,276	2.301,276
Dic 2021	2.301,274	2.301,274

L4-7		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.301,405	2.301,411
Ago 2021	2.301,408	2.301,412
Sep 2021	2.301,406	2.301,413
Oct 2021	2.301,401	2.301,408
Nov 2021	2.301,397	2.301,403
Dic 2021	2.301,391	2.301,399

L5-8		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.303,759	2.303,771
Ago 2021	2.303,769	2.303,772
Sep 2021	2.303,765	2.303,773
Oct 2021	2.303,756	2.303,769
Nov 2021	2.303,739	2.303,756
Dic 2021	2.303,715	2.303,737

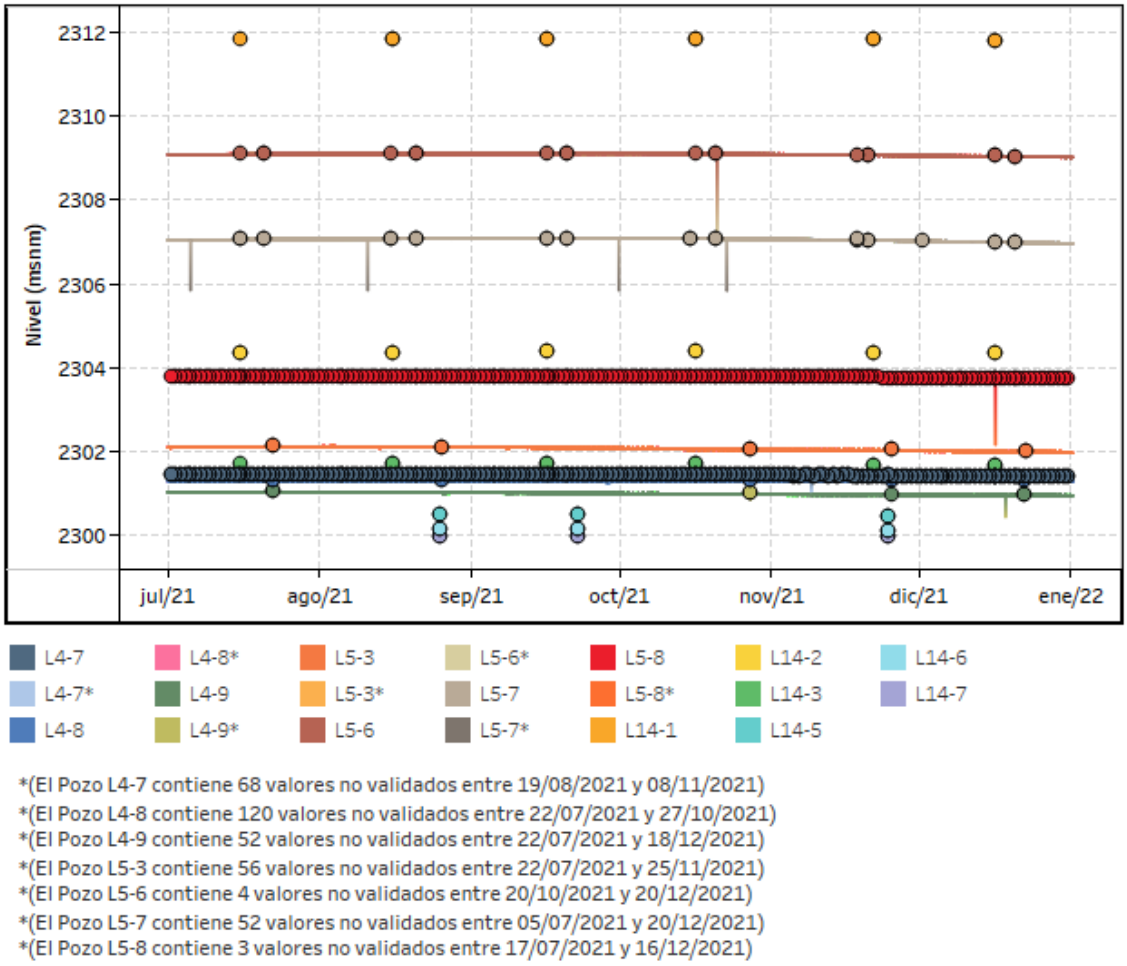
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-39: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L4-7	2	2	2	2	2	3	32	31	31	32	31	32
L4-8	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1
L4-9	1			1	1	1	1			1		1
L5-3	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1
L5-6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
L5-7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
L5-8	2	2	2	2	2	3	32	31	31	32	31	33
L14-1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
L14-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L14-3	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
L14-5		1	1		1			1	1		1	
L14-6		1	1		1			1	1		1	
L14-7		1	1		1			1	1		1	

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-22: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5



*(El Pozo L4-7 contiene 68 valores no validados entre 19/08/2021 y 08/11/2021)
*(El Pozo L4-8 contiene 120 valores no validados entre 22/07/2021 y 27/10/2021)
*(El Pozo L4-9 contiene 52 valores no validados entre 22/07/2021 y 18/12/2021)
*(El Pozo L5-3 contiene 56 valores no validados entre 22/07/2021 y 25/11/2021)
*(El Pozo L5-6 contiene 4 valores no validados entre 20/10/2021 y 20/12/2021)
*(El Pozo L5-7 contiene 52 valores no validados entre 05/07/2021 y 20/12/2021)
*(El Pozo L5-8 contiene 3 valores no validados entre 17/07/2021 y 16/12/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas

Respecto el subsector oeste de las lagunas difusas cercanas a Camar-2, se encuentran 10 puntos de control. El resultado para el monitoreo del segundo semestre de 2021 se muestra en la Tabla 5-40; las mediciones mensuales realizadas por la ETFA en los puntos que no son del PC y los mínimos y máximos resultantes de las mediciones diarias de SQM. En la Tabla 5-41 se encuentra el detalle del número de mediciones realizado por cada una y en la Figura 5-23 se muestra gráficamente el resultado completo del semestre, incluyendo las mediciones en continuo (L3-9, L3-10 y L3-13).

Como puede verse, los puntos que se encuentran fuera de la Reserva (L13-7 y L3-14) han podido ser medidos según la frecuencia estipulada sin inconveniente. Respecto del resto de los puntos, al encontrarse dentro de la Reserva, no ha sido posible mantener la frecuencia de mediciones comprometida; los puntos han sido medidos los meses de agosto, septiembre y noviembre. Esto incluye los indicadores L3-9 y L3-11, los que deberían ser medidos de forma diaria, pero solo disponen de tres mediciones puntuales en el semestre reportado.

En la Tabla 5-41 se encuentra el detalle del número de mediciones realizado por cada empresa para cada mes del segundo semestre de 2021. En el Anexo 5.2 se entrega el resultado del monitoreo completo (mediciones comprometidas y adicionales) de forma tabulada.

Tabla 5-40: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas

L13-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 11:22	2.300,487
22/9/21 14:06	2.300,495
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 14:53	2.300,492
26/12/21 12:01	S/I

L13-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 11:10	2.300,213
22/9/21 14:12	2.300,218
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 14:44	2.300,212
26/12/21 12:01	S/I

L13-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 09:18	2.299,990
18/8/21 11:03	2.299,985
16/9/21 13:14	2.299,981
18/10/21 10:43	2.299,973
21/11/21 08:35	2.299,966
18/12/21 08:50	2.299,966

L3-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 12:00	S/I
25/8/21 11:49	2.300,316
22/9/21 13:30	2.300,317
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 13:52	2.300,308
26/12/21 12:01	S/I

L3-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 11:37	2.300,418
22/9/21 13:21	2.300,418
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 14:03	2.300,395
26/12/21 12:01	S/I

L3-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 12:00	S/I
25/8/21 12:03	2.300,219
22/9/21 13:44	2.300,217
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 13:41	2.300,214
26/12/21 12:01	S/I

L3-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 12:00	S/I
25/8/21 12:09	2.300,198
22/9/21 13:50	2.300,194
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 13:36	2.300,186
26/12/21 12:01	S/I

L3-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 08:40	2.299,850
20/8/21 10:43	2.299,842
20/9/21 09:02	2.299,835
20/10/21 10:08	2.299,828
20/11/21 09:36	2.299,821
20/12/21 09:22	2.299,812

L3-9		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Máx
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	2.300,382	2.300,382
Sep 2021	2.300,386	2.300,386
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	2.300,372	2.300,372
Dic 2021	S/I	S/I

L3-11		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	2.300,265	2.300,265
Sep 2021	2.300,265	2.300,265
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	2.300,259	2.300,259
Dic 2021	S/I	S/I

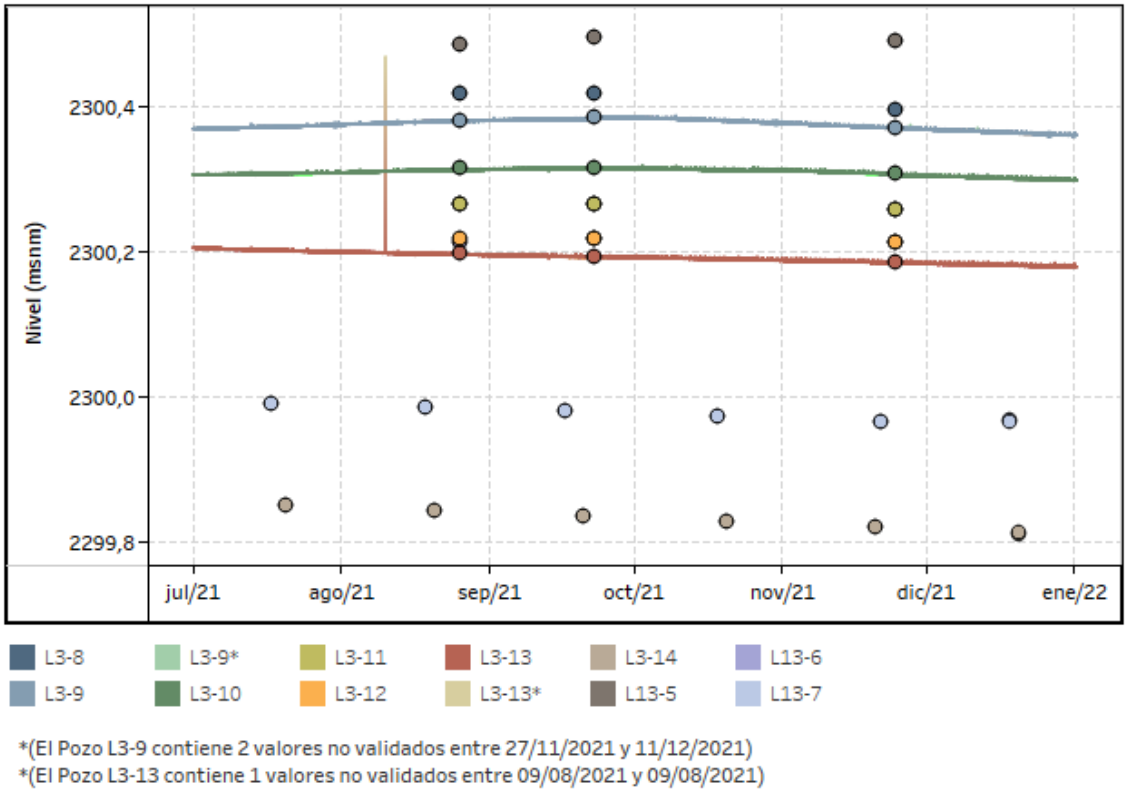
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-41: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L3-8		1	1		1			1	1		1	
L3-9		1	1		1			1	1		1	
L3-10		1	1		1			1	1		1	
L3-11		2	2		2			2	2		2	
L3-12		1	1		1			1	1		1	
L3-13		1	1		1			1	1		1	
L3-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-5		1	1		1			1	1		1	
L13-6		1	1		1			1	1		1	
L13-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-23: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas



*(El Pozo L3-9 contiene 2 valores no validados entre 27/11/2021 y 11/12/2021)
*(El Pozo L3-13 contiene 1 valores no validados entre 09/08/2021 y 09/08/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas

En el subsector oeste de las lagunas difusas aledañas al pozo Socaire-5 se encuentran 14 puntos de control. En la Tabla 5-42 se muestra el resultado del monitoreo para el segundo semestre de 2021 para las mediciones manuales. Los puntos con medición mensual deben ser medidos por la ETFA, mientras que los indicadores de estado (PC) son medidos a diario por SQM, por este motivo en la Tabla 5-42 se muestran los valores mínimos y máximos mensuales. Por otro lado, tanto la ETFA como SQM realizan mediciones adicionales, por lo que en la Tabla 5-43 se muestra de forma resumida el recuento de mediciones realizadas por cada empresa durante el semestre reportado y en la Figura 5-24 se muestra gráficamente el resultado completo, incluyendo también las mediciones en continuo.

Tal y como ocurre en el resto de los grupos descritos, los puntos que se encuentran fuera de la reserva (GD-02, L4-5 y L4-15) han podido medirse con la frecuencia comprometida. No así los

puntos que se encuentran dentro de la reserva, los que han sido medidos en agosto, septiembre y noviembre (2021). Esto afecta también a los indicadores L4-12 y L5-10, que deberían disponer de una medida diaria, pero no ha sido posible por la restricción de ingreso al sector.

Tabla 5-42: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas

GD-02	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:58	2.299,068
18/8/21 13:07	2.299,058
19/9/21 10:15	2.299,051
19/10/21 08:26	2.299,040
21/11/21 10:22	2.299,030
18/12/21 11:52	2.299,027

L4-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:22	2.299,309
18/8/21 12:22	2.299,302
19/9/21 09:32	2.299,289
18/10/21 14:09	2.299,276
21/11/21 09:38	2.299,258
18/12/21 11:04	2.299,244

L4-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 12:00	S/I
24/8/21 15:26	2.299,881
22/9/21 10:53	2.299,809
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 12:11	2.299,719
26/12/21 12:01	S/I

L4-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:00	S/I
24/8/21 15:44	2.299,731
22/9/21 11:02	2.299,686
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 12:27	2.299,618
26/12/21 12:01	S/I

L4-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 12:00	S/I
24/8/21 15:52	2.299,780
22/9/21 11:09	2.299,746
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 12:31	2.299,682
26/12/21 12:01	S/I

L4-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 09:01	2.299,543
20/8/21 11:07	2.299,527
20/9/21 09:21	2.299,498
20/10/21 10:27	2.299,475
20/11/21 09:56	2.299,451
20/12/21 10:08	2.299,428

L5-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 12:00	S/I
25/8/21 14:39	2.299,985
22/9/21 09:52	2.299,968
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 11:05	2.299,921
26/12/21 12:01	S/I

L5-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 12:00	S/I
25/8/21 14:34	2.299,867
22/9/21 09:58	2.299,854
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 11:00	2.299,820
26/12/21 12:01	S/I

L5-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 14:28	2.299,860
22/9/21 10:06	2.299,845
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 10:55	2.299,814
26/12/21 12:01	S/I

L5-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 12:00	S/I
25/8/21 14:22	2.299,705
22/9/21 10:12	2.299,698
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 10:47	2.299,665
26/12/21 12:01	S/I

L5-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 12:00	S/I
25/8/21 14:15	2.299,596
22/9/21 10:20	2.299,583
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 09:58	2.299,551
26/12/21 12:01	S/I

L5-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/21 12:00	S/I
25/8/21 14:53	2.300,138
22/9/21 09:35	2.300,118
30/10/21 12:01	S/I
24/11/21 11:18	2.300,069
26/12/21 12:01	S/I

L4-12		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	2.299,797	2.299,797
Sep 2021	2.299,743	2.299,743
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	2.299,668	2.299,685
Dic 2021	2.299,643	2.299,657

L5-10		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	2.300,014	2.300,014
Sep 2021	2.300,001	2.300,001
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	2.299,962	2.299,973
Dic 2021	2.299,940	2.299,953

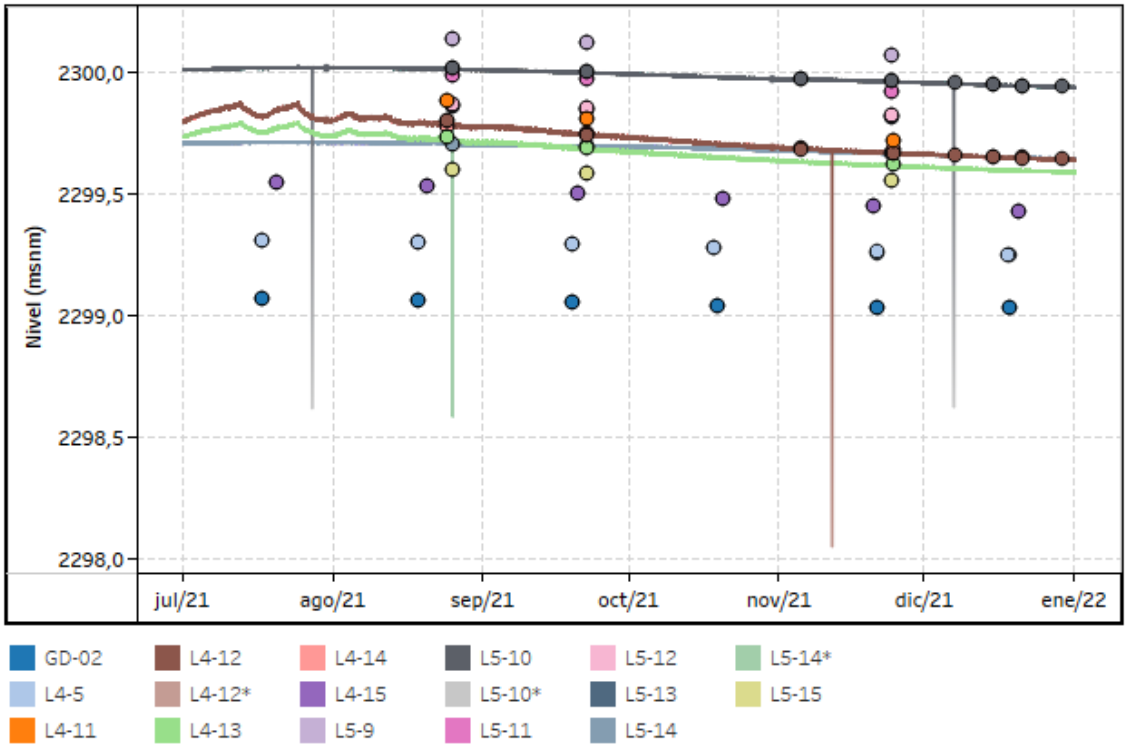
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-43: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
GD-02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-11		1	1		1			1	1		1	
L4-12		1	1		2	2		1	1		2	4
L4-13		1	1		1			1	1		1	
L4-14		1	1		1			1	1		1	
L4-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-9		1	1		1			1	1		1	
L5-10		1	1		2	2		1	1		2	4
L5-11		1	1		1			1	1		1	
L5-12		1	1		1			1	1		1	
L5-13		1	1		1			1	1		1	
L5-14		1	1		1			1	1		1	
L5-15		1	1		1			1	1		1	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas



*(El Pozo L4-12 contiene 5 valores no validados entre 27/07/2021 y 17/12/2021)
*(El Pozo L5-10 contiene 2 valores no validados entre 27/07/2021 y 06/12/2021)
*(El Pozo L5-14 contiene 58 valores no validados entre 25/08/2021 y 28/11/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.3 Pozos en zona núcleo

En la zona del núcleo, el sistema Aguas de Quelana dispone de 6 puntos de control. El resultado del monitoreo para el segundo semestre de 2021 realizado por la ETFA se muestra en la Tabla 5-44. En este sector el monitoreo mensual se pudo realizar sin ningún inconveniente. Además, todos los puntos de este grupo disponen de mediciones adicionales por parte de SQM; en la Tabla 5-45 puede verse el detalle del número de mediciones realizada por cada empresa. En la Figura 5-25 se muestra gráficamente el resultado de todos los niveles obtenidos para este periodo, por lo que incluye las medidas de SQM y de SEGEA. En el Anexo 5.2 se entregan todos estos resultados de forma tabulada.

Tabla 5-44: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana

D-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:44	2.298,926
18/8/21 12:50	2.298,915
19/9/21 09:59	2.298,908
19/10/21 08:09	2.298,896
21/11/21 10:06	2.298,889
18/12/21 11:34	2.298,886

L4-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:14	2.298,873
18/8/21 12:12	2.298,862
19/9/21 09:21	2.298,858
18/10/21 13:57	2.298,855
21/11/21 09:29	2.298,847
18/12/21 10:55	2.298,842

L4-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:01	2.298,825
18/8/21 11:51	2.298,817
19/9/21 09:04	2.298,815
18/10/21 11:25	2.298,811
21/11/21 09:16	2.298,798
18/12/21 10:41	2.298,794

L5-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:51	2.298,912
18/8/21 12:59	2.298,902
19/9/21 10:08	2.298,896
19/10/21 08:18	2.298,885
21/11/21 10:14	2.298,878
18/12/21 11:44	2.298,872

SOPM-8 (L3-4)	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 09:47	2.298,701
18/8/21 11:33	2.298,696
16/9/21 13:32	2.298,699
18/10/21 11:02	2.298,689
21/11/21 08:59	2.298,675
18/12/21 10:18	2.298,672

SOPM-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 10:36	2.298,908
18/8/21 12:40	2.298,903
19/9/21 09:48	2.298,897
18/10/21 14:27	2.298,900
21/11/21 09:55	2.298,878
18/12/21 11:20	2.298,873

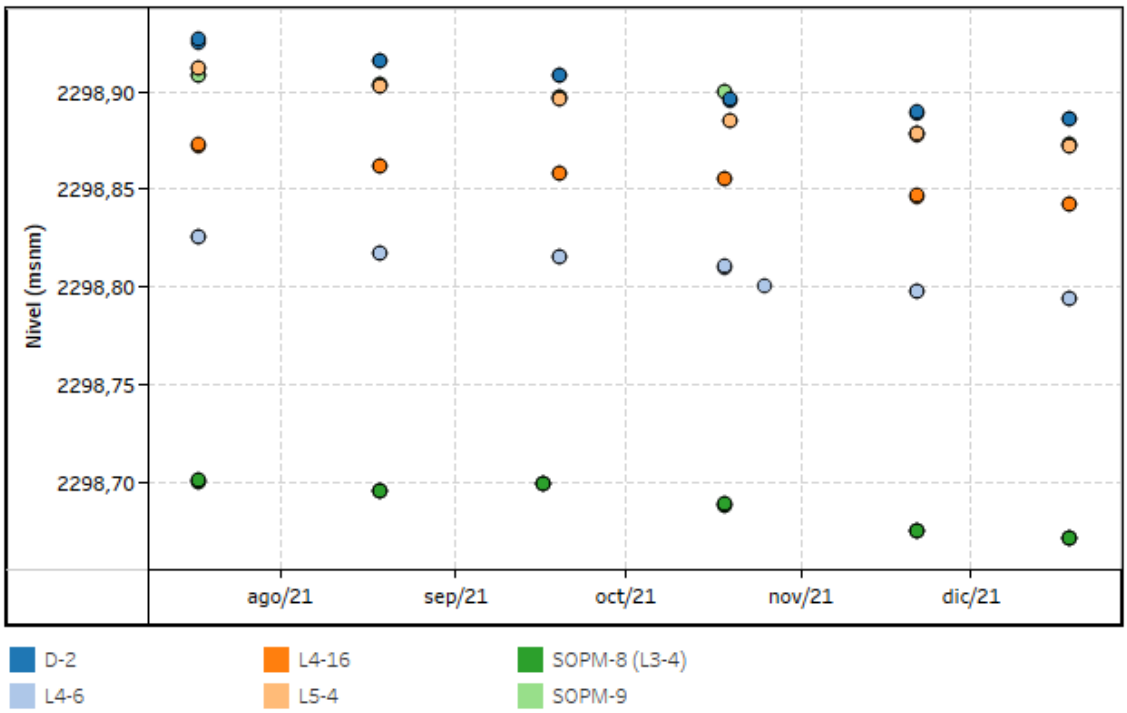
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-45: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
D-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
L4-16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-8 (L3-4)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-25: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.4 Nivel de agua superficial

En el sistema de Aguas de Quelana se encuentran un total de 5 reglillas (el L5-G3 es un mismo punto que dispone de dos puntos de control, el pozo y la reglilla). En la Tabla 5-46 se muestra el resultado de las mediciones mensuales manuales efectuadas por la ETFA. Como SQM realiza mediciones adicionales, en la Tabla 5-46 se muestra el recuento mensual de los datos tomados según la empresa. En la Figura 5-26 se muestra gráficamente el resultado completo del monitoreo en estos puntos, considerando también las mediciones en continuo.

Como puede verse, todas las reglillas se encuentran dentro de la reserva, por lo que durante el segundo semestre 2021 no han podido ser medidas según la frecuencia comprometida en cada caso. Todas tienen al menos cuatro mediciones en meses distintos, incluyendo el indicador de estado L4-10.

Tabla 5-46: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana

L13-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
22/7/21 16:30	2.301,547
29/8/21 12:00	S/I
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 09:57	2.301,527
25/11/21 12:36	2.301,507
22/12/21 10:18	2.301,484

L14-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
22/7/21 14:51	2.300,883
29/8/21 12:00	S/I
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 11:42	2.300,791
25/11/21 10:54	2.300,749
22/12/21 11:45	2.300,727

L3-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
22/7/21 15:40	2.301,265
29/8/21 12:00	S/I
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 10:35	2.301,223
27/11/21 19:10	2.301,200
22/12/21 11:14	2.301,177

L5-G3 POZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
22/7/21 13:59	2.300,720
25/8/21 16:55	2.300,703
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 15:52	2.300,678
25/11/21 08:48	2.300,666
22/12/21 15:13	2.300,672

L5-G3 REGLILLA	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
22/7/21 14:04	2.300,721
25/8/21 17:02	2.300,704
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 16:01	2.300,680
25/11/21 08:56	2.300,650
22/12/21 15:14	2.300,647

L4-10		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.300,677	2.300,677
Ago 2021	S/I	S/I
Sep 2021	S/I	S/I
Oct 2021	2.300,590	2.300,590
Nov 2021	2.300,380	2.300,380
Dic 2021	2.300,565	2.300,566

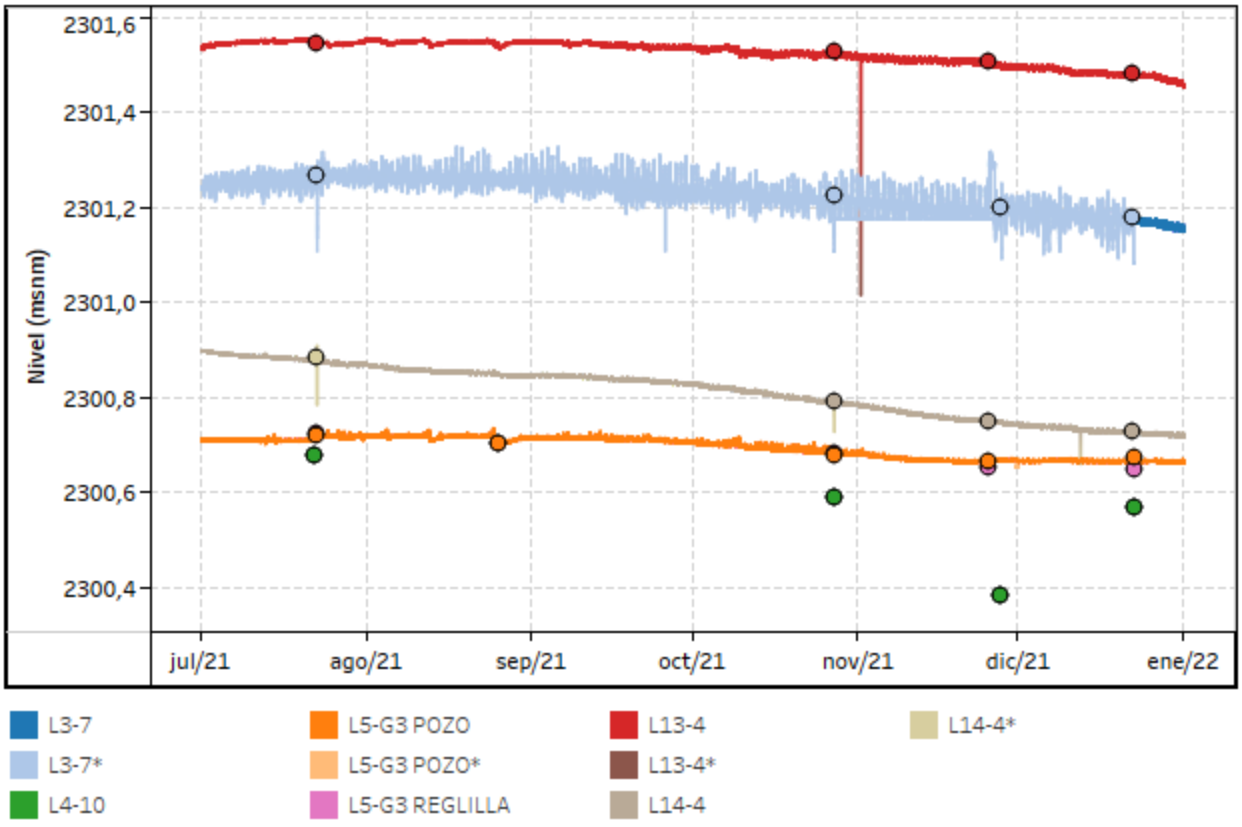
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-47: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	7/21	8/21	9/21	10/21	11/21	12/21	7/21	8/21	9/21	10/21	11/21	12/21
L3-7	1			1	1	1	1			1	1	1
L4-10	2			2	2	2	2			2	2	2
L5-G3 POZO	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1
L5-G3 REGLILLA	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1
L13-4	1			1	1	1	1			1	1	1
L14-4	1			1	1	1	1			1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana



*(Pozo L3-7 contiene 251.354 valores no validados entre 01/07/2021 y 22/12/2021)
*(L5-G3 POZO contiene 165 valores no validados entre 30/11/2021 y 30/11/2021)
*(Pozo L13-4 contiene 1 valores no validados entre 01/11/2021 y 01/11/2021) *(Pozo L14-4 contiene 17 valores no validados entre 22/07/2021 y 12/12/2021)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

5.1.3.2 Superficie Lacustre

El sistema Aguas de Quelana no tiene comprometida medición de esta variable durante este periodo de reporte.

5.1.3.3 Caudal bombeado

En el sector aluvial del Sistema Aguas de Quelana es posible extraer agua industrial desde los pozos Camar-2 y Socaire-5. Sus caudales medios mensuales extraídos durante el período de segundo semestre 2021 se presentan en la Tabla 5-48 y Figura 5-27.

A modo de respaldo, en la Tabla 5-48 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 7se entrega este registro de forma tabulada y en el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Como se observa, el flujo de extracción se mantuvo por debajo de los máximos establecidos en la autorización ambiental del pozo Socaire-5, esto es, igual a 65 L/s.

Es importante señalar que a partir del día 11 de enero de 2018, y como parte de las acciones propuestas en el PdC, el pozo Camar-2 con derecho de aprovechamiento otorgado por 60 L/s detuvo completamente su operación. Así el día 20 de enero de 2019 se procedió a retirar su bomba como procedimiento inicial de desarme del pozo. Esta acción se concretó el 02 de junio del 2021, que conllevo además el desmantelamiento de la bomba, autorización dada por la RCA 226/2006, que calificó el proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”. Estos trabajos se enmarcan en la ejecución del programa de cumplimiento presentado en noviembre de 2020, así como en el acuerdo con la Comunidad Indígena Atacameña de Camar en el marco del Convenio de Debida Diligencia, Cooperación y Sustentabilidad en Beneficio

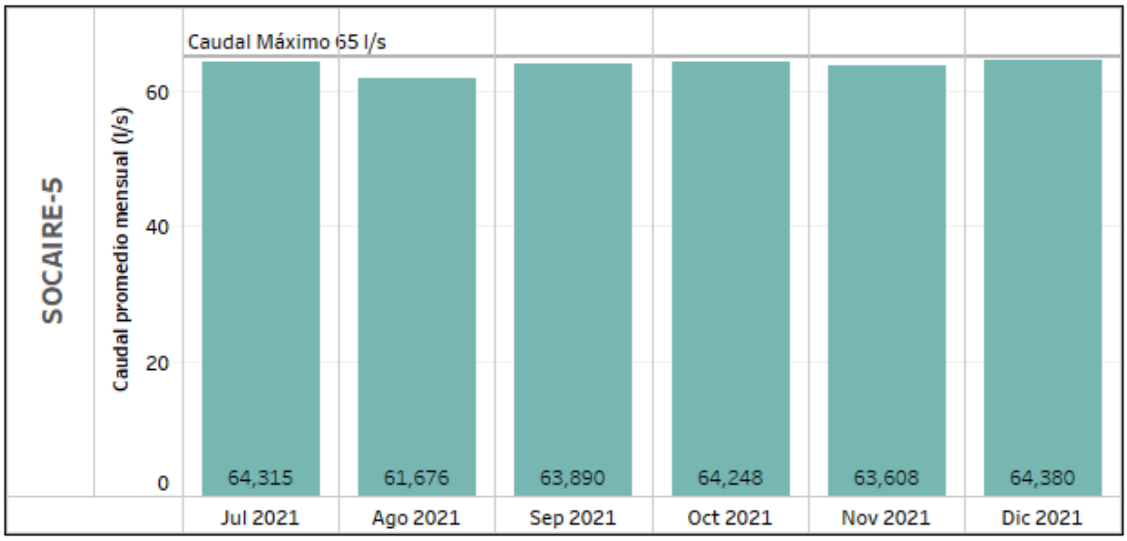
Mutuo para una Nueva Etapa de Relacionamiento Comunitario, suscrito entre la comunidad de Camar y SQM Salar S.A.[53]

Tabla 5-48: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana

Pozo	Mes	Fecha flujómetro INICIAL	Fecha flujómetro FINAL	Número serie flujómetro	Volumen flujómetro (m3) INICIAL	Volumen flujómetro (m3) FINAL	Volumen traspasado (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
SOCAIRE-5	Jul 2021	01/07/2021	01/08/2021	S5W504501	1.269.525	1.441.786	172.261	64,31
	Ago 2021	01/08/2021	01/09/2021	S5W504501	1.441.786	1.606.979	165.193	61,68
	Sep 2021	01/09/2021	01/10/2021	S5W504501	1.606.979	1.772.583	165.604	63,89
	Oct 2021	01/10/2021	01/11/2021	S5W504501	1.772.583	1.944.666	172.083	64,25
	Nov 2021	01/11/2021	01/12/2021	S5W504501	1.944.666	2.109.539	164.873	63,61
	Dic 2021	01/12/2021	01/01/2022	S5W504501	2.109.539	2.281.974	172.435	64,38

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-27: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

[53]Acción N°16 del programa de cumplimiento refundido presentado el 30 de noviembre de 2020.
Esta acción fue incorporada en la propuesta de programa de cumplimiento refundido, ingresado con fecha 30 de noviembre 2020 en el proceso F-041-2016, conforme al trabajo desarrollado en conjunto con la Comunidad de Camar, en el marco del relacionamiento establecido entre SQM Salar S.A. y la comunidad.

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 Aguas de Quelana durante el segundo semestre del año 2021. Si bien el pozo L4-3 es parte del monitoreo de calidad del agua tanto del Sistema Aguas de Quelana como del Sistema Vegetación Borde Este, para efectos de orden, los resultados se presentan en esta sección.

En la Figura 4-5 y en la Tabla 4-6 de la Sección 4.3.2 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana. En esta última, 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 gráficos y 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 la Sección 6 del presente informe.

En el Anexo 6.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre. Además, se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para el segundo semestre de 2021.

5.1.3.4.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-49 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (SOPROCERT y en casos que no fue posible en una primera campaña, SEGEA) y analizadas por el laboratorio ALS (julio y octubre de 2021), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre del año. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-28.

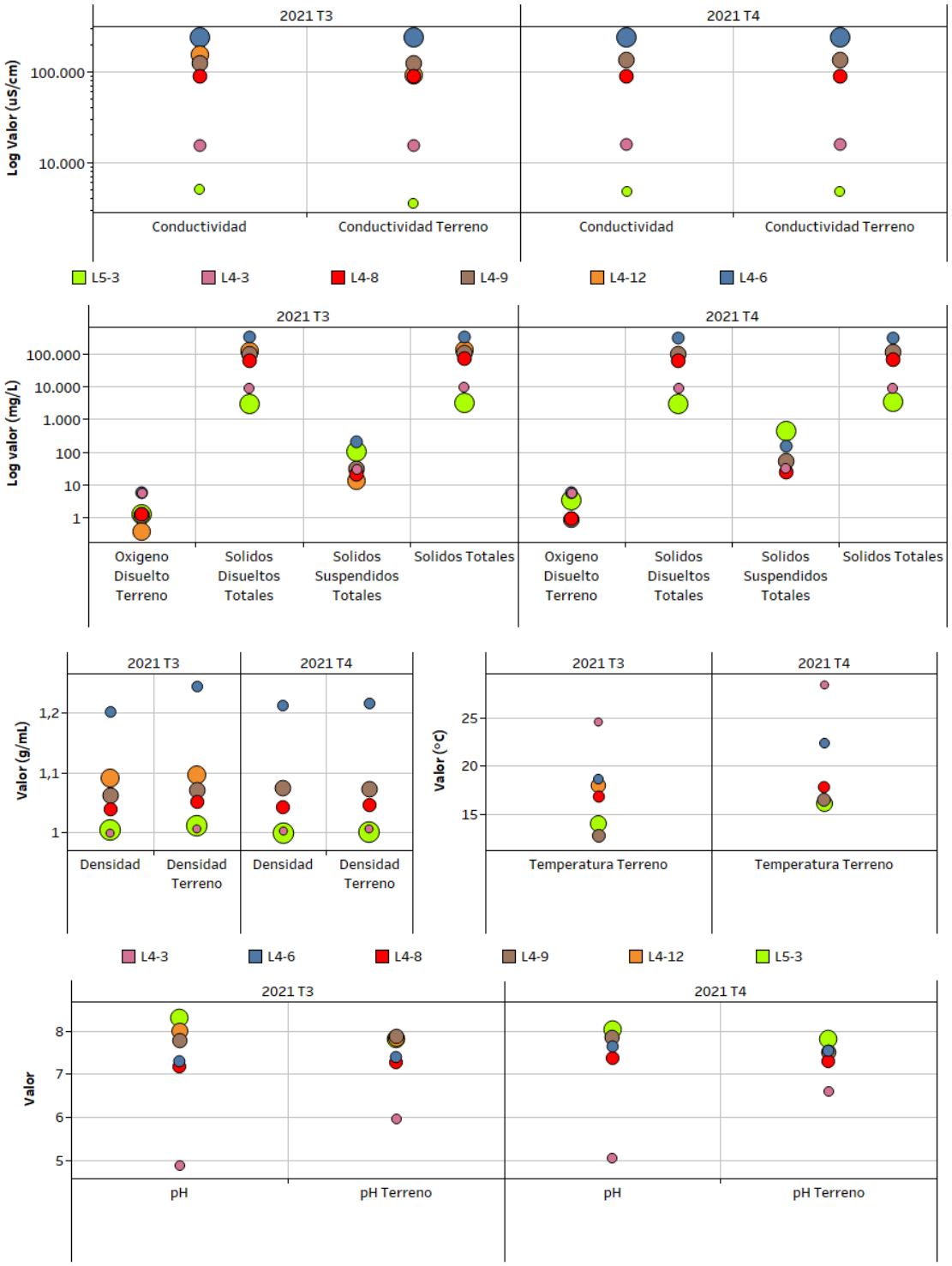
Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Únicamente no pudo ser visitado el punto L4-12 en el muestreo de octubre debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos en este periodo.

Tabla 5-49: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana

Parámetro	Unidad	L4-3		L4-6		L4-8	
		28-07-21	26-10-21	26-07-21	25-10-21	22-07-21	27-10-21
Conductividad	µS/cm	15.190	15.920	242.000	244.000	88.400	88.400
Conductividad Terreno	µS/cm	15.320	15.600	239.000	238.000	88.730	88.120
Densidad	g/Ml	0,998	1,002	1,201	1,212	1,038	1,042
Densidad Terreno	g/Ml	1,005	1,005	1,245	1,216	1,050	1,045
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	5,61	5,40	5,97	5,91	1,30	0,92
Ph	-	4,86	5,04	7,29	7,64	7,17	7,37
Ph Terreno	-	5,94	6,59	7,40	7,53	7,27	7,29
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	9.140	8.830	329.485	319.975	65.750	64.630
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	31	33	205	157	21	25
Sólidos Totales	mg/L	9.980	9.150	341.105	322.705	73.250	66.630
Temperatura Terreno	°C	24,6	28,4	18,6	22,4	16,8	17,8
Parámetro	**Unidad**	**L4-9**		**L4-12**		**L5-3**	
		22-07-21	27-10-21	24-08-21	30-10-21	25-08-21	27-10-21
Conductividad	µS/cm	123.900	134.900	154.700	S/I	5.040	4.850
Conductividad Terreno	µS/cm	125.200	134.700	92.350	S/I	3.524	4.772
Densidad	g/Ml	1,20	1,073	1,091	S/I	1,003	0,999
Densidad Terreno	g/Ml	*	1,072	*	S/I	*	1,000
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	1,20	0,87	0,36	S/I	1,24	3,43
Ph	-	7,76	7,85	7,99	S/I	8,31	8,03
Ph Terreno	-	7,86	7,49	7,82	S/I	7,82	7,82
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	98.175	103.655	123.105	S/I	3.108	3.028
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	32	54	13	S/I	104	432
Sólidos Totales	mg/L	110.050	113.770	135.500	S/I	3.272	3.440
Temperatura Terreno	°C	12,7	16,4	18,0	S/I	13,9	16,1

Fuente: Elaboración propia. * Parámetro voluntario medido por SQM, no se pudo acompañar a la ETFA en este muestreo.

Figura 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

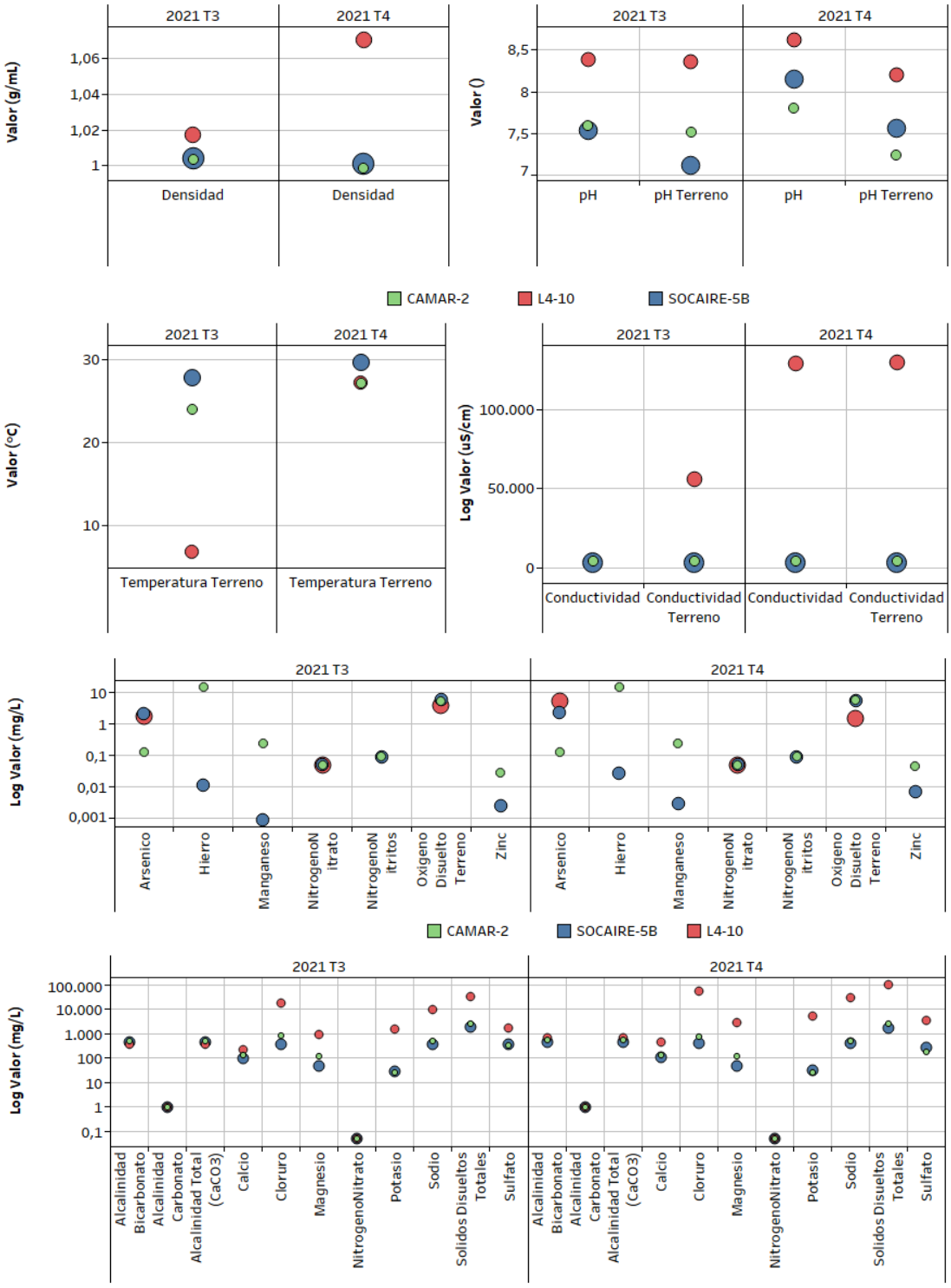
A continuación, en la Tabla 5-50, se presentan los resultados del monitoreo de calidad para el segundo semestre de 2020 en los pozos de bombeo SOCAIRE-5 y Camar-2.

Tabla 5-50: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5, Camar-2 y L4-10

Parámetro	Unidad	SOCAIRE-5		Camar-2		L4-10	
		27-07-21	26-10-21	27-07-21	26-10-21	22-07-21	27-10-21
Alcalinidad Total	$mgCaCO_3/L$	428,0	441,0	516,0	532,0	366,0	664,0
Arsénico	mg/L	2,061	2,295	0,125	0,126	1,680	5,126
Alcalinidad Bicarbonato	$mgCaCO_3/L$	428,0	441,0	516,0	532,0	366,0	664,0
Calcio	mg/L	98,2	103,9	130,2	134,4	223,8	447,6
Alcalinidad Carbonato	$mgCaCO_3/L$	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cloruro	mg/L	383	417	828	721	18.651	54.353
Conductividad	µS/cm	2.690	2.750	4.040	4.060	-	128.800
Conductividad Terreno	µS/cm	2.800	2.700	4.210	4.120	55.640	129.400
Densidad	g/Ml	1,004	1,001	1,003	0,998	1,017	1,070
Densidad Terreno	g/Ml	1,000	1,000	1,000	1,000	1,031	1,000
Dureza Total	$mg\ CaCO_3/L$	-	-	-	-	3.551,6	10.551
Fosfato (Como P)	mgP/L	-	-	-	-	<0,13	<0,13
Hierro	mg/L	0,011	0,026	14,6	14,4	-	-
Magnesio	mg/L	47,0	48,7	114,0	114,1	888,7	2.787,3
Manganeso	mg/L	0,0009	0,003	0,237	0,240	-	-
Nitrógeno Nitrato	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	-	-
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,9	5,5	5,4	5,7	3,9	1,5
Ph	-	7,53	8,15	7,59	7,80	8,38	8,62
Ph Terreno	-	7,12	7,56	7,51	7,24	8,35	8,20
Potasio	mg/L	28,4	31,9	24,9	24,5	1.604,8	5.126,7
Salinidad	‰	-	-	-	-	36,0	>42
Sodio	mg/L	377	392	511	506	9.306	28.931
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.816	1.772	2.456	2.564	33.000	98.195
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	-	-	29,0	219
Sólidos Totales	mg/L	-	-	-	-	38.300	108.725
Sulfato	mg/L	373	256	319	185	1.676	3.512
Temperatura Terreno	°C	27,8	29,6	23,9	27,1	6,8	27,1
Zinc	mg/L	0,003	0,007	0,028	0,044	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-29: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2, Socaire-5 y L4-10



Fuente: Elaboración propia. * Los valores <LD se representan como = LD. El color se refiere a la infraestructura.

5.1.3.4.2 Validación Resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el segundo semestre de 2021 en el sistema Aguas de Quelana, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.9.

La Tabla 5-51 muestra los resultados de la validación para los puntos en el sistema Aguas de Quelana. Los resultados son satisfactorios para todas las muestras en ambos trimestres.

Tabla 5-51: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana

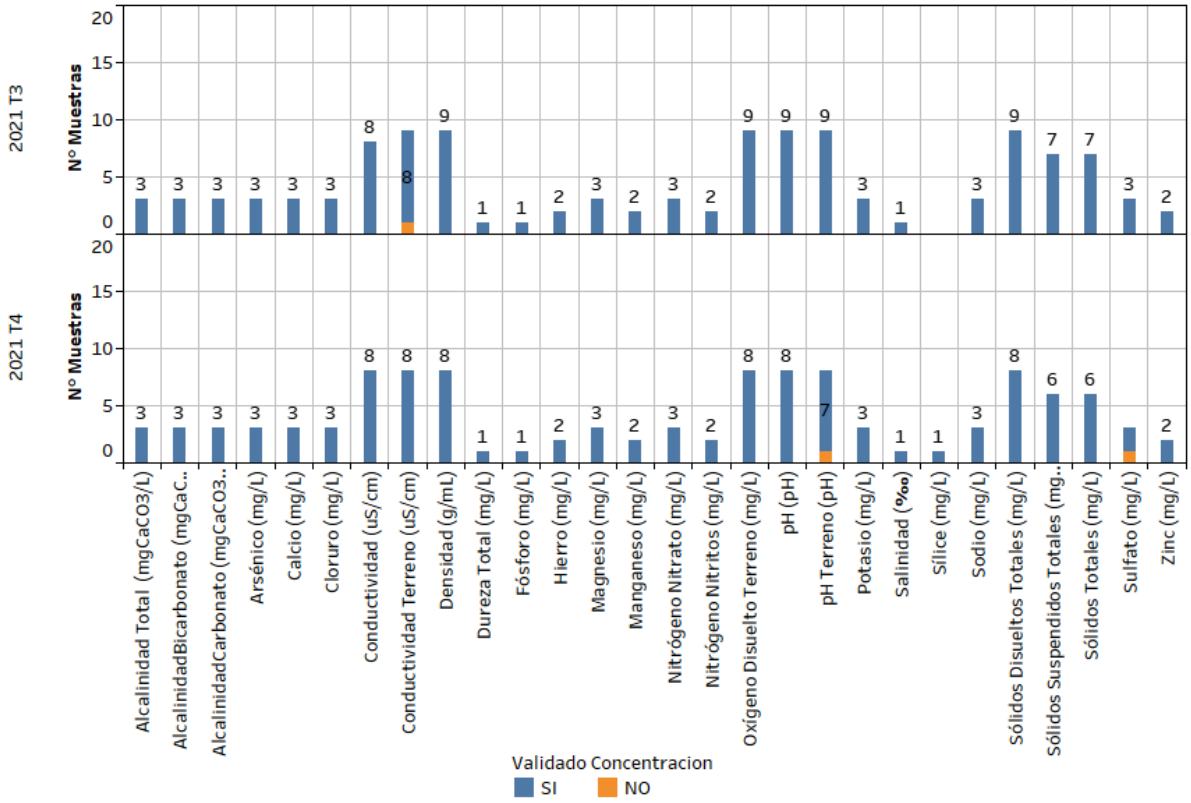
Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
3ro	CAMAR-2	NA*	1
	L4-3	-8,1	NA*
	L4-6	-3,3	NA*
	L4-8	-10,2	NA*
	L4-9	-10,8	NA*
	L4-10	-13,8	3
	L4-12	-9,1	NA*
	L5-3	-1,8	NA*
	SOCAIRE-5	NA*	2
4to	CAMAR-2	NA*	6
	L4-3	-3,1	NA*
	L4-6	-0,8	NA*
	L4-8	-3	NA*
	L4-9	-8,8	NA*
	L4-10	-9,5	1
	L5-3	0,6	NA*
	SOCAIRE-5	NA*	2

Fuente: Elaboración propia. NA: No Aplica; el número de analitos de los parámetros comprometidos por RCA (y analizados) no permiten realizar este cálculo.

Respecto a la validación por concentraciones (ver capítulo 4.4.9), la Figura 5-30 muestra que para las campañas del tercer y cuarto trimestre de 2021. En el tercer trimestre se observan 1 valor de conductividad terreno con desviación respecto al histórico y en el cuarto trimestre un sulfato y un valor de pH de terreno.

Los analitos con desviación respecto al histórico representan un 1% del total de 233 análisis en el sistema Aguas de Quelana.

Figura 5-30: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Vegetación Borde Este considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (15 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2021 se presentan a continuación.

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. La descripción sobre si estos puntos han sido visitados se puede consultar en la Tabla 5-4.

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 presentados en el Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente apartado.

Todos los puntos de este sector han sido visitados en este semestre con la frecuencia comprometida.

5.1.4.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-6 y en la Tabla 4-7. Tal como se indicó anteriormente, los resultados de las mediciones no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que pertenecen al PC (sección 5.2).

5.1.4.1.1 Pozos en zona aluvial

Como ya se ha mencionado, parte de los puntos de control que pertenecen al Sistema de Vegetación Borde Este ya fueron presentados como parte de los sistemas Soncor y Aguas de Quelana debido a su proximidad con los otros puntos. En este apartado se exponen los resultados del monitoreo de los 7 puntos que restan. De éstos, 6 son piezómetros de monitoreo y 1 es un pozo de extracción.

El pozo de extracción de agua que actualmente está en funcionamiento es el CA-2015, que reemplazó al P2 desde 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.

En la Tabla 5-52 se muestran los resultados del monitoreo efectuado en estos 7 puntos de control (más el P2) situados en la zona aluvial. Los puntos L2-26, L7-13, L7-15, L9-1 y L9-2 forman parte del PC, por lo que, de acuerdo con los compromisos presentados en el PdC, se miden a diario por SQM. Por este motivo es que en la tabla solo se muestran los valores mínimos y máximos mensuales resultantes (del monitoreo de SQM). Cabe mencionar que las mediciones diarias son responsabilidad de SQM, no obstante, SQM solicitó a la ETFA mediciones adicionales con el

objetivo de que sean contrastadas de forma regular. En la Tabla 5-53 se muestra del recuento de las mediciones efectuadas por SQM y SEGEA para cada mes.

El resultado completo del monitoreo obtenido para el segundo semestre 2021 se muestra gráficamente en la Figura 5-31.

Tabla 5-52: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este

CA-2015	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
17/7/21 12:07	2.304,375
19/8/21 14:17	2.304,380
18/9/21 14:00	2.304,370
19/10/21 11:45	2.304,375
21/11/21 11:36	2.304,373
18/12/21 13:07	2.304,373

L3-16	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
17/7/21 15:26	2.321,546
19/8/21 10:54	2.321,542
18/9/21 12:27	2.321,567
19/10/21 09:46	2.321,545
21/11/21 15:17	2.321,587
18/12/21 15:55	2.321,598

P2	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
17/7/21 11:57	2.311,921
19/8/21 14:25	2.311,926
18/9/21 14:10	2.311,931
19/10/21 11:53	2.311,939
21/11/21 11:27	2.311,931
18/12/21 12:57	2.311,924

L7-15	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
18/7/21 12:24	2.329,064
19/8/21 15:57	2.329,106
18/9/21 09:26	2.329,084
21/10/21 10:01	2.329,086
22/11/21 13:23	2.329,124
19/12/21 12:30	2.329,141

L7-13		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.323,087	2.323,101
Ago 2021	2.323,095	2.323,107
Sep 2021	2.323,106	2.323,117
Oct 2021	2.323,113	2.323,127
Nov 2021	2.323,122	2.323,131
Dic 2021	2.323,119	2.323,131

L2-26		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.318,235	2.318,243
Ago 2021	2.318,242	2.318,253
Sep 2021	2.318,252	2.318,264
Oct 2021	2.318,262	2.318,271
Nov 2021	2.318,265	2.318,272
Dic 2021	2.318,252	2.318,268

L9-1		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Jul 2021	2.309,652	2.309,661
Ago 2021	2.309,658	2.309,666
Sep 2021	2.309,666	2.309,676
Oct 2021	2.309,675	2.309,682
Nov 2021	2.309,677	2.309,683
Dic 2021	2.309,664	2.309,677

L9-2		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.308,858	2.308,870
Ago 2021	2.308,870	2.308,882
Sep 2021	2.308,883	2.308,895
Oct 2021	2.308,893	2.308,902
Nov 2021	2.308,896	2.308,904
Dic 2021	2.308,879	2.308,901

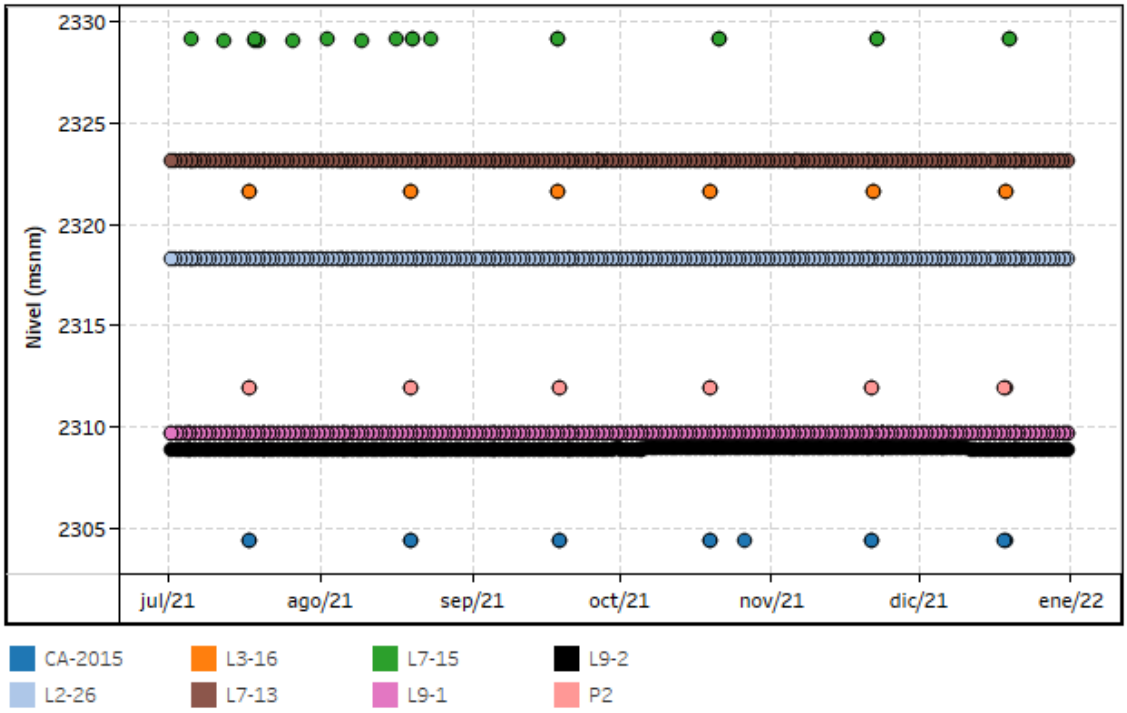
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-53: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
CA-2015	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
L2-26	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L3-16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-13	2	2	3	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L7-15	1	1	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1
L9-1	2	2	2	2	3	2	31	31	30	31	30	31
L9-2	2	2	2	2	3	2	31	31	30	31	30	31
P2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-31: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.1.2 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 de Soncor y Quelana por un motivo de proximidad con los otros puntos. En esta sección se muestran los 7 puntos que restan. En la Tabla 5-54 se muestra el resultado del monitoreo efectuado en este segundo semestre de 2021. Los 7 puntos son indicadores de estado del PC por lo que son medidos a diario por SQM, de esta forma, en la tabla se muestran los máximos y mínimos resultantes de este monitoreo. Estos puntos disponen adicionalmente de medidas mensuales realizadas por la ETFA; en la Tabla 5-55 se muestra el detalle del número de medidas que ha efectuado cada empresa para cada mes. En la Figura 5-32 se muestra gráficamente el monitoreo completo resultante para este semestre y en el Anexo 5.2 se entregan los valores tabulados. Como puede verse, todos los puntos de este grupo han podido visitarse con la frecuencia comprometida.

Tabla 5-54: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este

L1-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.306,530	2.306,661
Ago 2021	2.306,665	2.306,732
Sep 2021	2.306,734	2.306,746
Oct 2021	2.306,705	2.306,740
Nov 2021	2.306,634	2.306,703
Dic 2021	2.306,518	2.306,630

L2-25		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.308,823	2.308,830
Ago 2021	2.308,822	2.308,826
Sep 2021	2.308,825	2.308,829
Oct 2021	2.308,823	2.308,829
Nov 2021	2.308,822	2.308,826
Dic 2021	2.308,817	2.308,824

L2-27		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.310,500	2.310,688
Ago 2021	2.310,696	2.310,857
Sep 2021	2.310,862	2.310,939
Oct 2021	2.310,934	2.310,953
Nov 2021	2.310,819	2.310,931
Dic 2021	2.310,614	2.310,813

L2-28		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.316,248	2.316,281
Ago 2021	2.316,282	2.316,306
Sep 2021	2.316,307	2.316,322
Oct 2021	2.316,321	2.316,326
Nov 2021	2.316,287	2.316,320
Dic 2021	2.316,195	2.316,285

L3-15		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.315,493	2.315,509
Ago 2021	2.315,505	2.315,519
Sep 2021	2.315,516	2.315,523
Oct 2021	2.315,519	2.315,526
Nov 2021	2.315,506	2.315,520
Dic 2021	2.315,486	2.315,506

L4-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.306,390	2.306,412
Ago 2021	2.306,412	2.306,427
Sep 2021	2.306,427	2.306,437
Oct 2021	2.306,436	2.306,441
Nov 2021	2.306,425	2.306,436
Dic 2021	2.306,404	2.306,423

L7-14		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.315,604	2.315,629
Ago 2021	2.315,629	2.315,648
Sep 2021	2.315,647	2.315,660
Oct 2021	2.315,658	2.315,664
Nov 2021	2.315,655	2.315,664
Dic 2021	2.315,631	2.315,655

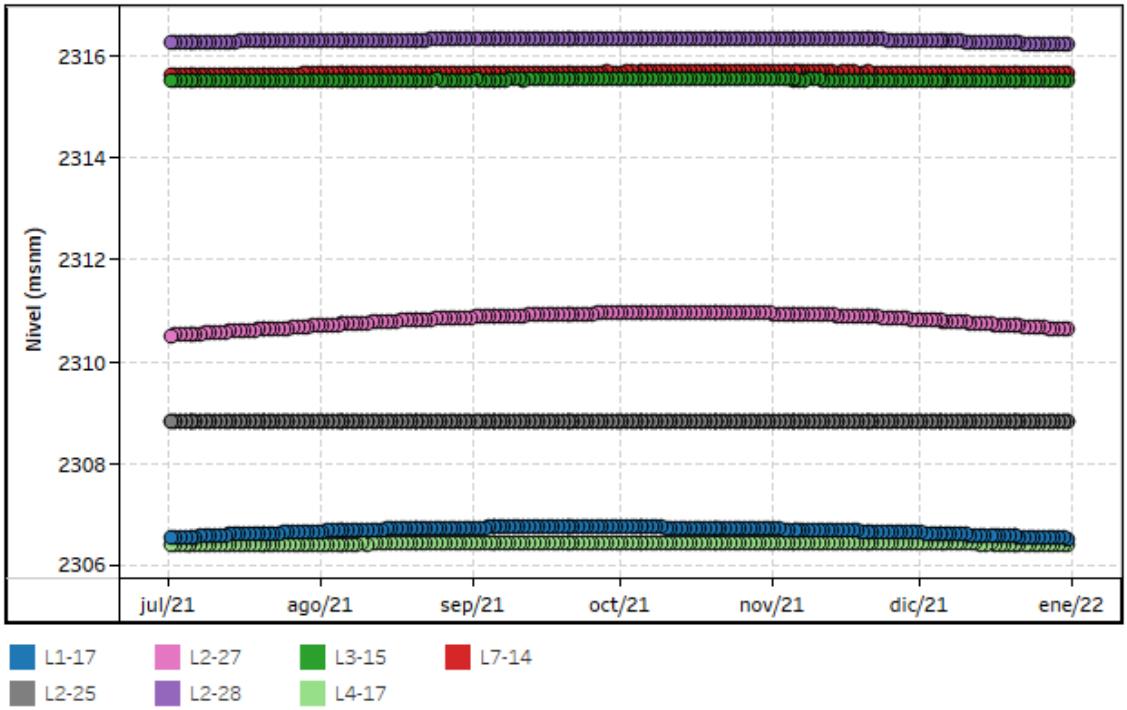
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-55: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L1-17	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L2-25	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L2-27	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L2-28	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L3-15	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L4-17	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31
L7-14	2	2	2	2	2	2	31	31	30	31	30	31

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-32: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.2 Caudal bombeado

Para el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, el único pozo de extracción corresponde al denominado CA-2015. Su caudal medio mensual extraído durante el período julio a diciembre de 2021 se presenta en la Tabla 5-56 y gráficamente en la Figura 5-33. Durante el periodo que se reporta, los caudales bombeados no sobrepasan el caudal máximo autorizado de 35 L/s.

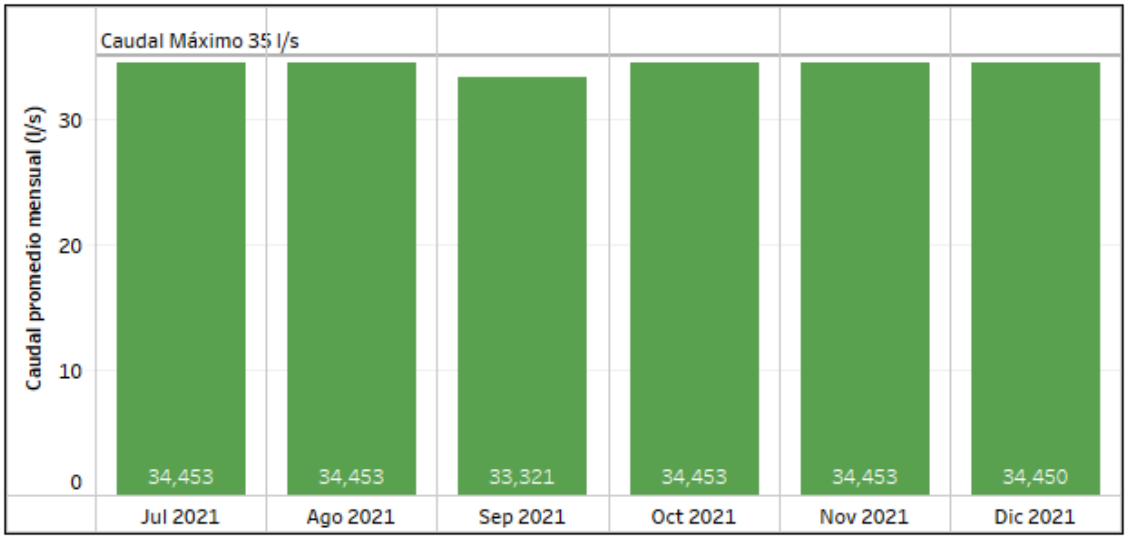
A modo de respaldo, en la Tabla 5-56 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 7 se entrega este registro de forma tabulada y en el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Tabla 5-56: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este

Pozo	Mes	Fecha flujómetro INICIAL	Fecha flujómetro FINAL	Número serie flujómetro	Volumen flujómetro (m3) INICIAL	Volumen flujómetro (m3) FINAL	Volumen traspasado (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
CA-2015	Jul 2021	01/07/2021	01/08/2021	S5W504499	462.955	555.234	92.279	34,45
	Ago 2021	01/08/2021	01/09/2021	S5W504499	555.234	647.512	92.278	34,45
	Sep 2021	01/09/2021	01/10/2021	S5W504499	647.512	733.880	86.368	33,32
	Oct 2021	01/10/2021	01/11/2021	S5W504499	733.880	826.158	92.278	34,45
	Nov 2021	01/11/2021	01/12/2021	S5W504499	826.158	915.460	89.302	34,45
	Dic 2021	01/12/2021	01/01/2022	S5W504499	915.460	1.007.732	92.272	34,45

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-33: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.3 Calidad química

5.1.4.3.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

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 segundo semestre del año 2021.

Como se señaló en la sección 5.1.2, los pozos L2-4 y L7-3 pertenecen tanto a la red de monitoreo del Sistema Soncor como a la del Sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los

resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron presentados en la mencionada sección, ellos no se incluyen en el presente acápite.

De la misma forma, y como fue señalado en la sección 5.1.3, el pozo L4-3 es 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 dicho punto fueron presentados como parte del Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente acápite.

En la Figura 4-6 y en la Tabla 4-7 de la Sección 4.3.3 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este. En esta última 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 gráficos y 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 la Sección 6 del presente informe.

En el Anexo 6.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre. Además, se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

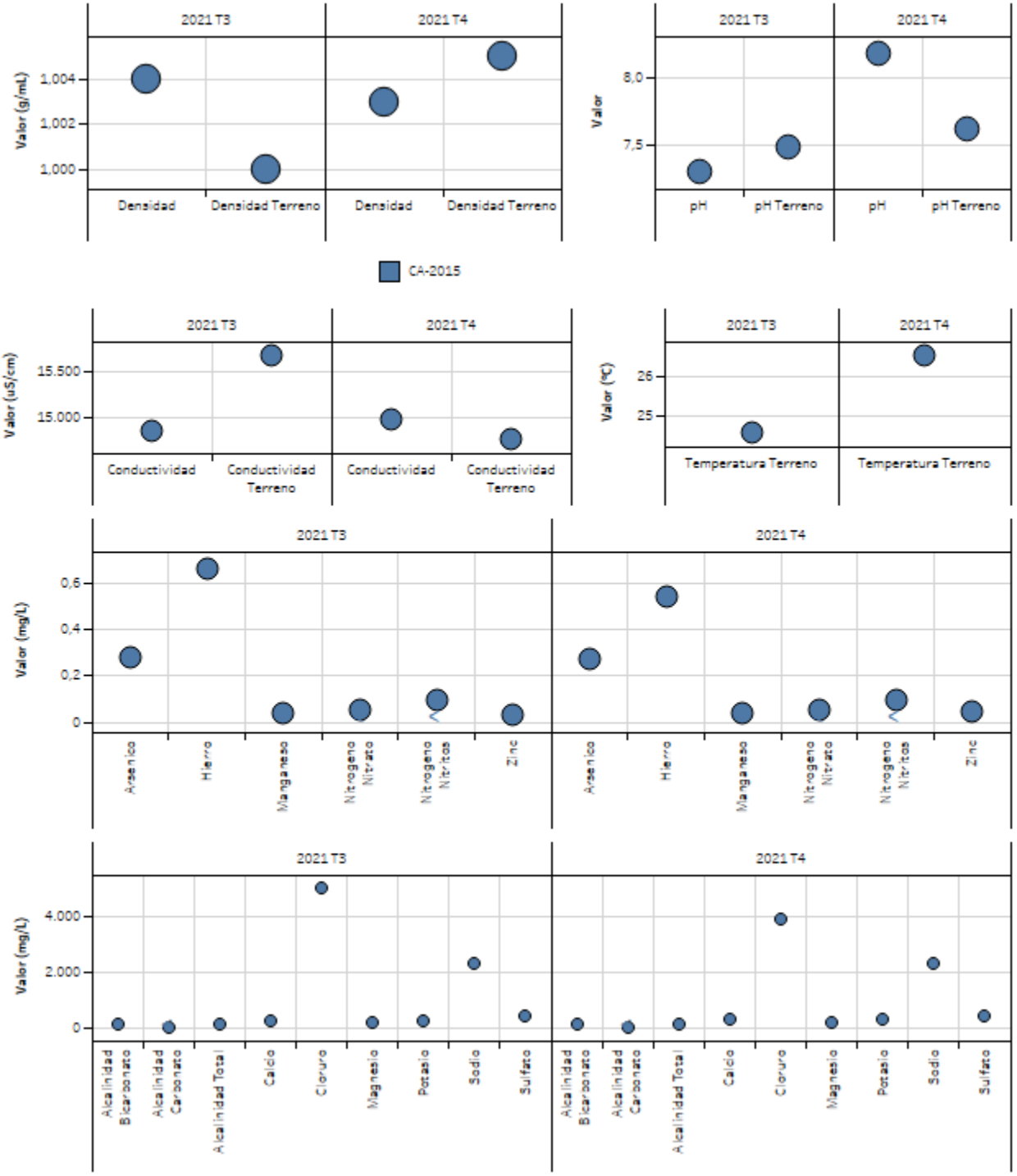
A continuación, en la Tabla 5-57 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (SOPROCERT en ambos trimestres) y analizadas por el laboratorio ALS, al pozo de bombeo CA-2015 en el segundo semestre del año 2021. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-34. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-57: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015

Parámetro	Unidad	CA-2015	
		27-07-21	26-10-21
Alcalinidad Total	$mgCaCO_3/L$	148,0	154,0
Arsénico	mg/L	0,27430	0,27070
Alcalinidad Bicarbonato	$mgCaCO_3/L$	148,0	154,0
Calcio	mg/L	263,5	278,6
Alcalinidad Carbonato	$mgCaCO_3/L$	<1	<1
Conductividad	µS/cm	14.850	14.960
Conductividad Terreno	µS/cm	15.660	14.760
Cloruro	mg/L	5.002	3.880
Densidad	g/Ml	1,004	1,003
Densidad Terreno	g/Ml	1,000	1,005
Hierro	mg/L	0,656	0,53600
Potasio	mg/L	254,5	279,9
Magnesio	mg/L	196,9	198,7
Manganeso	mg/L	0,0363	0,0366
Sodio	mg/L	2.268,5	2.289,3
Nitrógeno Nitrato	mg/L	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	5,23	5,97
Ph	-	7,30	8,18
Ph Terreno	-	7,48	7,62
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	9.940	10.400
Sulfato	mg/L	428,7	426,1
Temperatura Terreno	°C	24,6	26,5
Zinc	mg/L	0,0319	0,0454

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-34: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015



Fuente: Elaboración propia. * Los valores <LD se representan como = LD. El color se refiere a la infraestructura.

5.1.4.3.2 Validación Resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el segundo semestre de 2021 en el sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.9.

En la Tabla 5-58 se muestran los resultados de la validación para las muestras colectadas en Vegetación Borde Este no pueden ser validadas por balance de masa en sólidos por analizarse únicamente los sólidos disueltos. Respecto del balance iónico, ambas muestras han sido validadas.

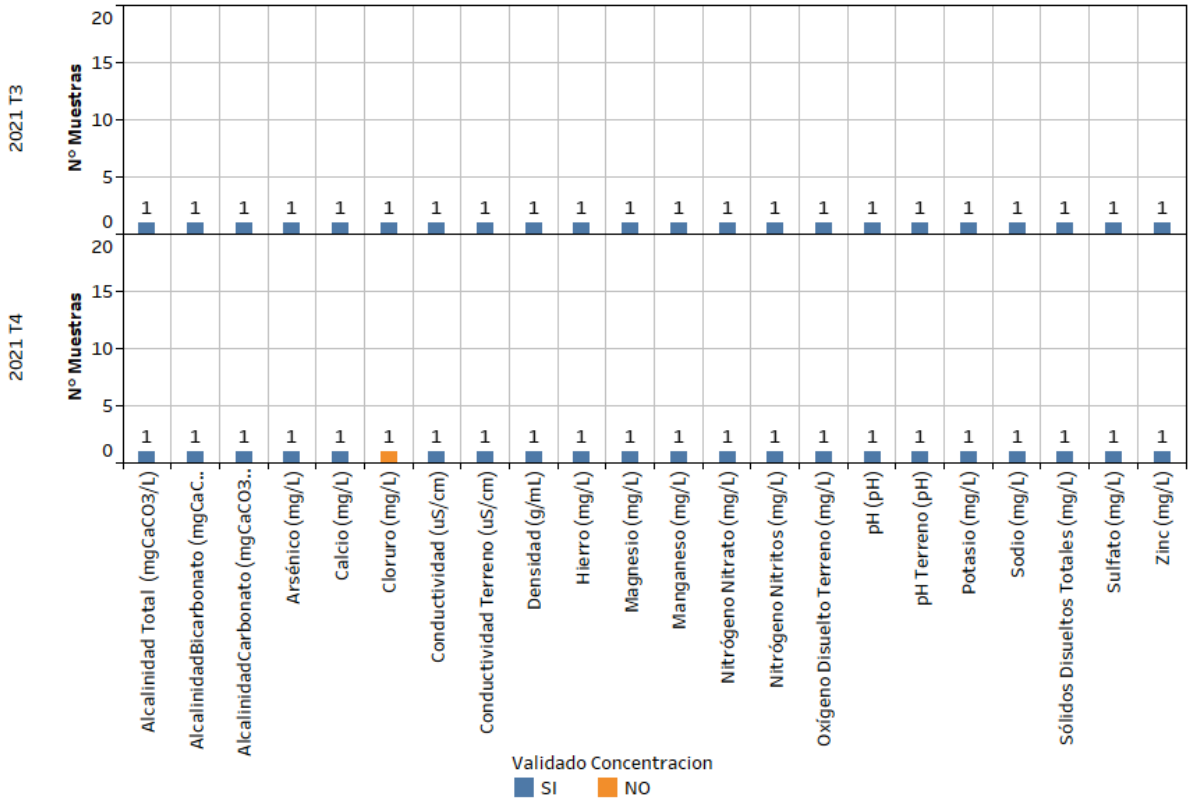
Tabla 5-58 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este

Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos	Balance iónico
3ro	**CA-2015**	N/A	6
4to	**CA-2015**	N/A	6

Fuente: Elaboración propia N/A: No Aplica; el número de analitos de los parámetros comprometidos por RCA (y analizados) no permiten realizar este cálculo.

La Figura 5-35 muestra los resultados de la validación por concentraciones con relación a cada analito y punto (consultar capítulo 4.4.9). Puede verse que en la campaña del tercer trimestre todos los parámetros fueron validados. En la campaña del cuarto trimestre se observó un valor anómalo para el cloruro, revisando el valor se observa que es levemente menor al histórico que muestra cierta tendencia al descenso (ver capítulo 6.1) por lo que no fue consultado con el laboratorio. Considerando ese valor “anómalo”, los errores detectados corresponden a un 2% del total de análisis realizados en el sistema de Vegetación Borde Este.

Figura 5-35: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia

5.1.5 SISTEMA PEINE

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Peine considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (26 puntos), calidad química (6 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (3 áreas). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2021 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-59 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-59: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21
GD-03	4	*				*	*
GD-04	4	*				*	*
L10-1	4		*				
L10-2	4	*				*	*
L10-3	4	*	*				
L10-5	4	*	*				
L10-6	4	*				*	*
L10-7	4	*				*	*
L10-8	4	*					
L10-9	4	*				*	*
L10-10	4	*				*	*
L10-13	4	*	*				
L10-14	4	*	*				
L10-15	4	*					

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado. Motivo 4: Comunidad de Peine no permitió el acceso al punto.

5.1.5.1 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 4-7 y en la Tabla 4-8.

Cabe señalar que el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, pero para una mejor claridad de su presentación, sólo será expuesto en esta sección.

5.1.5.1.1 Pozos en zona marginal

La zona marginal del sistema Peine cuenta con 7 puntos de control. En la Tabla 5-60 se muestra el resultado del monitoreo llevado a cabo en el segundo semestre de 2021.

El pozo L10-4 es indicador de estado por lo que es medido diariamente por SQM, así que en la Tabla 5-60 se muestran el máximo y mínimos mensual resultante. De forma adicional, cuenta con mediciones mensuales por parte de la ETFA. Puede verse que, para el presente semestre, cuenta con todas las mediciones diarias comprometidas.

Cabe mencionar que en la Tabla 5-60 muestra el resultado de las mediciones efectuadas por la ETFA; puede verse como el L10-1 no dispone de mediciones para el mes de agosto, no obstante, tal y como se observa en la Tabla 5-61, este punto finalmente sí fue medido por SQM en ese mismo mes. En la Figura 5-36 se muestra gráficamente el resultado del monitoreo completo

(mediciones comprometidas y adicionales) y en el Anexo 5.2 se entregan toda la información tabulada.

El resto de los puntos de este grupo, no han podido ser visitados con la frecuencia mensual comprometida, ya que el acceso a éstos depende de las autorizaciones que entregue la comunidad de Peine.

Tabla 5-60: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine

L10-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
30/7/21 09:37	2.304,801
29/8/21 12:00	S/I
25/9/21 13:27	2.304,821
14/10/21 08:19	2.304,833
30/10/21 08:32	2.304,842 *
15/11/21 08:36	2.304,840
27/11/21 08:41	2.304,855 *
16/12/21 08:47	2.304,845
25/12/21 07:48	2.304,853 *

L10-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 13:27	2.300,757
27/9/21 12:10	2.300,749
13/10/21 12:34	2.300,744
29/10/21 14:02	2.300,740 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

L10-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 12:00	S/I
29/8/21 12:00	S/I
25/9/21 09:27	2.300,212
13/10/21 15:19	2.300,207
29/10/21 16:17	2.300,200 *
15/11/21 12:49	2.300,193
27/11/21 15:54	2.300,190 *
15/12/21 12:58	2.300,180
24/12/21 11:53	2.300,181 *

L10-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 13:10	2.300,069
27/9/21 11:42	2.300,055
13/10/21 12:04	2.300,049
29/10/21 13:33	2.300,044 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

L10-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 13:02	2.300,440
27/9/21 11:32	2.300,432
13/10/21 11:57	2.300,427
29/10/21 13:26	2.300,424 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

L10-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 12:00	S/I
29/8/21 09:27	2.299,876
22/9/21 13:12	2.299,866
13/10/21 12:13	2.299,860
29/10/21 13:40	2.299,858 *
15/11/21 09:57	2.299,852
28/11/21 08:31	2.299,851 *
24/12/21 09:23	2.299,844

L10-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.299,766	2.299,791
Ago 2021	2.299,748	2.299,766
Sep 2021	2.299,739	2.299,749
Oct 2021	2.299,729	2.299,740
Nov 2021	2.299,720	2.299,729
Dic 2021	2.299,710	2.299,720

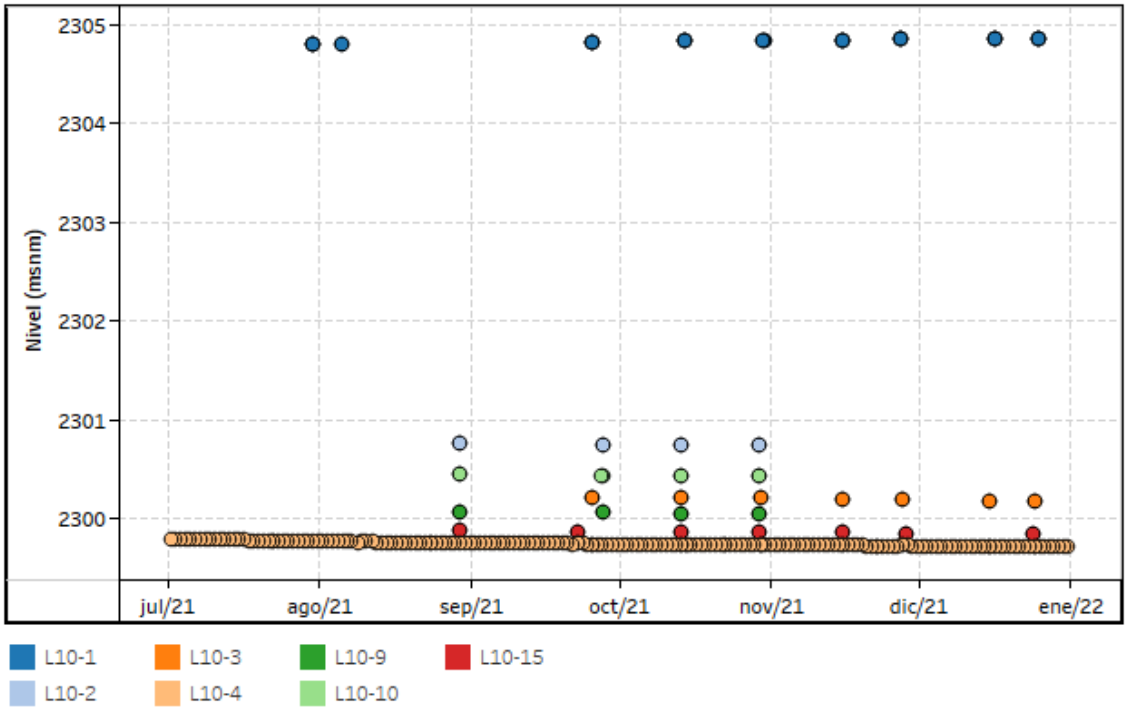
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. *: corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-61: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L10-1	2		2	4	4	4	2	2	2	4	4	4
L10-2		1	1	2				1	1	2		
L10-3			1	2	2	2			1	2	2	2
L10-4	1	1	2	4	3	2	31	31	30	32	30	31
L10-9		1	1	2				1	1	2		
L10-10		1	1	2				1	1	2		
L10-15		1	1	2	2	1		1	1	2	2	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-36: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.5.1.2 Pozos en zona núcleo

El sistema Peine dispone de 16 puntos de control en el núcleo del Salar. En la Tabla 5-62 se muestra el monitoreo resultante para éstos durante este segundo semestre de 2021. Los puntos que no han sido medidos de forma regular durante este semestre son aquellos que se encuentran dentro del área controlada por la Comunidad de Peine.

Los puntos 1028 y L10-11 pertenecen al PC por lo que son medidos de forma diaria por SQM, así que, debido al gran volumen de mediciones, en la Tabla 5-62 solo se muestran los valores mínimo y máximo de cada mes. No obstante, éstos cuentan con mediciones adicionales mensuales por parte de la ETFA, con el objetivo de contrastar las medidas de SQM. Como puede verse, éstos cuentan con las mediciones diarias comprometidas para el semestre reportado.

Para el resto de los puntos la medición comprometida es mensual, por lo que deben ser medidos por la ETFA. De esta forma, en Tabla 5-62 se muestra el resultado obtenido en este caso. Adicionalmente, son medidos por SQM con una frecuencia similar; en la Figura 5-37 se muestra el resultado del monitoreo completo (mediciones comprometidas y adicionales) y en la Tabla 5-63 se muestra el detalle del número de mediciones que ha realizado cada empresa en cada punto. En el Anexo 5.2 se entrega de forma tabulada el resultado completo de niveles.

Tabla 5-62: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine

1024	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 15:18	2.299,170
18/8/21 16:12	2.299,162
22/9/21 09:30	2.299,148
21/10/21 14:02	2.299,150
22/11/21 15:54	2.299,152
19/12/21 14:42	2.299,148

2018	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 17:17	2.299,252
23/8/21 15:30	2.299,243
22/9/21 11:14	2.299,236
21/10/21 15:38	2.299,233
24/11/21 11:55	2.299,226
21/12/21 08:45	2.299,223

2037	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 16:39	2.299,232
23/8/21 14:57	2.299,222
22/9/21 11:00	2.299,218
21/10/21 15:22	2.299,211
24/11/21 10:42	2.299,207
21/12/21 08:02	2.299,203

GD-03	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 11:29	2.299,600
27/9/21 10:30	2.299,591
13/10/21 11:11	2.299,590
29/10/21 12:42	2.299,586 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

GD-04	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 13:52	2.299,353
27/9/21 08:26	2.299,344
13/10/21 13:04	2.299,343
29/10/21 14:33	2.299,338 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

L10-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 16:19	2.299,264
18/8/21 17:27	2.299,250
22/9/21 10:34	2.299,244
21/10/21 15:04	2.299,241
23/11/21 14:15	2.299,236
19/12/21 16:08	2.299,234

L10-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 12:00	S/I
29/8/21 12:00	S/I
25/9/21 08:52	2.299,431
13/10/21 14:51	2.299,436
29/10/21 15:33	2.299,430 *
15/11/21 12:12	2.299,419
28/11/21 08:57	2.299,416 *
15/12/21 11:35	2.299,409
24/12/21 10:52	2.299,411 *

L10-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 12:00	S/I
29/8/21 12:00	S/I
25/9/21 08:42	2.299,485
13/10/21 14:41	2.299,499
29/10/21 15:19	2.299,493 *
15/11/21 12:01	2.299,480
28/11/21 08:48	2.299,475 *
15/12/21 10:56	2.299,469
24/12/21 10:36	2.299,474 *

L10-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 15:54	2.299,398
18/8/21 16:55	2.299,384
22/9/21 10:03	2.299,374
21/10/21 14:38	2.299,369
23/11/21 13:32	2.299,363
19/12/21 15:28	2.299,359

L10-17	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 15:39	2.299,354
18/8/21 16:36	2.299,340
22/9/21 09:49	2.299,330
21/10/21 14:24	2.299,323
23/11/21 13:52	2.299,316
19/12/21 15:45	2.299,312

L10-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 12:00	S/I
29/8/21 12:00	S/I
25/9/21 09:02	2.299,439
13/10/21 14:59	2.299,440
29/10/21 15:51	2.299,433 *
15/11/21 12:23	2.299,425
28/11/21 09:08	2.299,422 *
15/12/21 11:49	2.299,415
24/12/21 11:06	2.299,416 *

L10-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 11:38	2.299,436
27/9/21 08:41	2.299,428
13/10/21 11:18	2.299,423
29/10/21 12:51	2.299,419 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

L10-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 12:40	2.299,562
27/9/21 11:04	2.299,560
13/10/21 11:36	2.299,559
29/10/21 13:03	2.299,553 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

L10-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/21 12:00	S/I
29/8/21 12:50	2.299,412
27/9/21 11:17	2.299,406
13/10/21 11:44	2.299,402
29/10/21 13:12	2.299,397 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

1028		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.299,395	2.299,413
Ago 2021	2.299,385	2.299,400
Sep 2021	2.299,381	2.299,390
Oct 2021	2.299,371	2.299,385
Nov 2021	2.299,367	2.299,377
Dic 2021	2.299,360	2.299,369

L10-11		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2021	2.299,303	2.299,319
Ago 2021	2.299,292	2.299,306
Sep 2021	2.299,289	2.299,294
Oct 2021	2.299,281	2.299,292
Nov 2021	2.299,277	2.299,284
Dic 2021	2.299,270	2.299,278

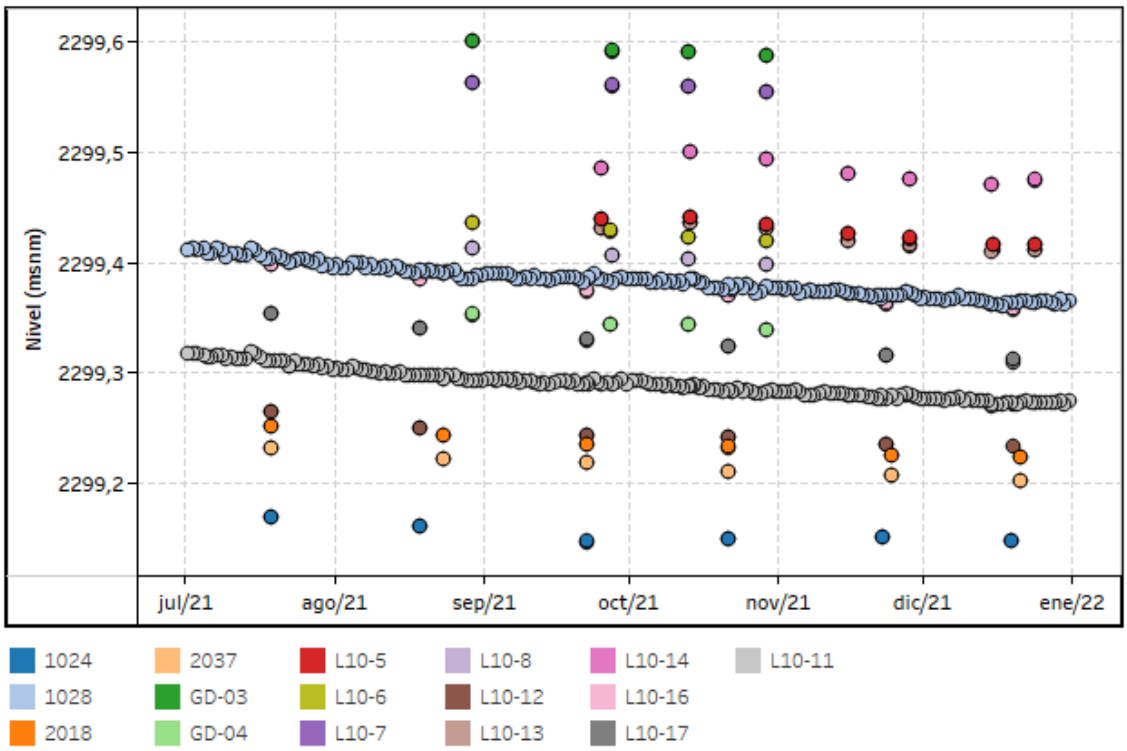
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-63: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
1024	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1028	1	1	1	3	3	2	31	31	30	32	30	31
2018	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2037	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GD-03		1	1	2				1	1	2		
GD-04		1	1	2				1	1	2		
L10-5			1	2	2	2			1	2	2	2
L10-6		1	1	2				1	1	2		
L10-7		1	1	2				1	1	2		
L10-8		1	1	2				1	1	2		
L10-11	1	1	1	3	3	2	31	31	30	31	30	31
L10-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L10-13			1	2	2	2			1	2	2	2
L10-14			1	2	2	2			1	2	2	2
L10-16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L10-17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.5.1.3 Nivel lacustre

Las mediciones del nivel lacustre mediante reglillas para el sistema Peine estuvo, 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 responsabilidad de SQM mediante la ETFA.

En el presente periodo a reportar no fue posible realizar las mediciones comprometidas, ya que no se tuvo acceso a los cuerpos lacustres de Salada, Saladita y Desborde Interna, puesto que el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera al personal proveniente de SQM.

Tabla 5-64: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine

REGLILLA SALADA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
30/7/21 15:41	2.301,171
29/8/21 10:28	2.301,173
27/9/21 12:00	S/I
13/10/21 10:13	S/I
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

REGLILLA SALADITA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
30/7/21 16:34	2.300,935
29/8/21 12:00	S/I
27/9/21 12:00	S/I
13/10/21 10:36	2.300,927
29/10/21 10:46	2.300,929 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

REGLILLA INTERNA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
30/7/21 17:14	S/I
29/8/21 11:17	S/I
27/9/21 09:24	S/I
13/10/21 11:00	S/I
29/10/21 11:47	S/I
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

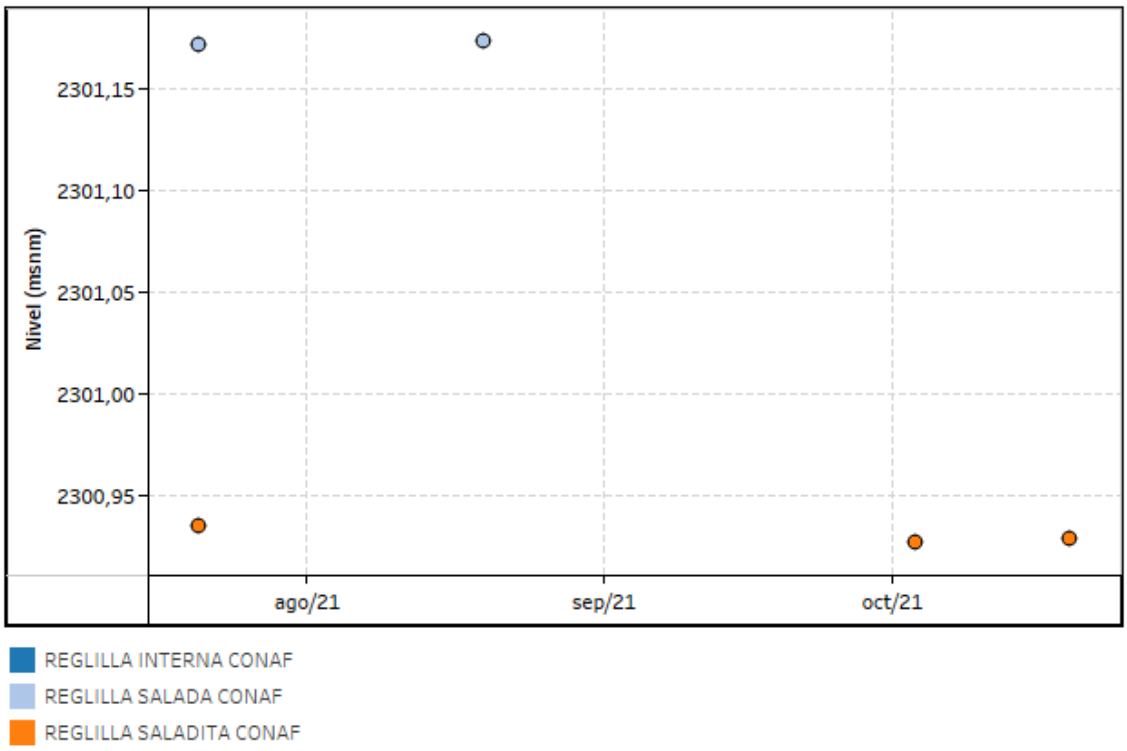
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-65: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM		
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	10/21
REGLILLA INTERNA CONAF									
REGLILLA SALADA CONAF	1	1					1	1	
REGLILLA SALADITA CONAF	1			2			1		2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-38: Nivel observado (m s.n.m.) en las lagunas del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2 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 del Sistema Peine durante el segundo semestre del año 2021. Si bien el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, sólo se presenta en esta sección para efectos de orden.

En la Figura 4-7 y en la Tabla 4-8 de la Sección 4.3.4 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Peine. En esta última se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida. Como ahí se observa, la RCA Nº226/2006 establece que el monitoreo de calidad química en los pozos y lagunas del Sistema Peine debe realizarse con frecuencia trimestral. Adicionalmente, cumpliendo lo indicado en el PdC30/09/2021.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados. Por lo anterior, en esta sección se presentan los resultados gráficos y 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 la Sección 6 del presente informe.

Respecto a las entidades que efectuaron el monitoreo del período, fueron realizados por ALS, quien a su vez contrató para el monitoreo a SOPROCERT para este semestre. En el caso de que SOPROCERT no tuviera acceso a los puntos, se realizó una segunda visita con la ETFA SEGEA. El detalle de los puntos visitados por SEGEA puede verse en la Tabla 4-21 Los análisis fueron realizados por ALS para el segundo semestre de 2021.

En el Anexo 6.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre. Además, se presentan los certificados de autorización como ETFAs de ALS, SOPROCERT (subcontratada por ALS) y SEGEA (contratada por SQM).

5.1.5.2.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-66 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. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-39. Como se observa, durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos comprometidos en los pozos L10-1, 1028 y L10-4. No fue posible monitorear el pozo 1028 durante toda la campaña de noviembre ya que la Comunidad de Peine no autorizó el ingreso (Anexo 4.2).

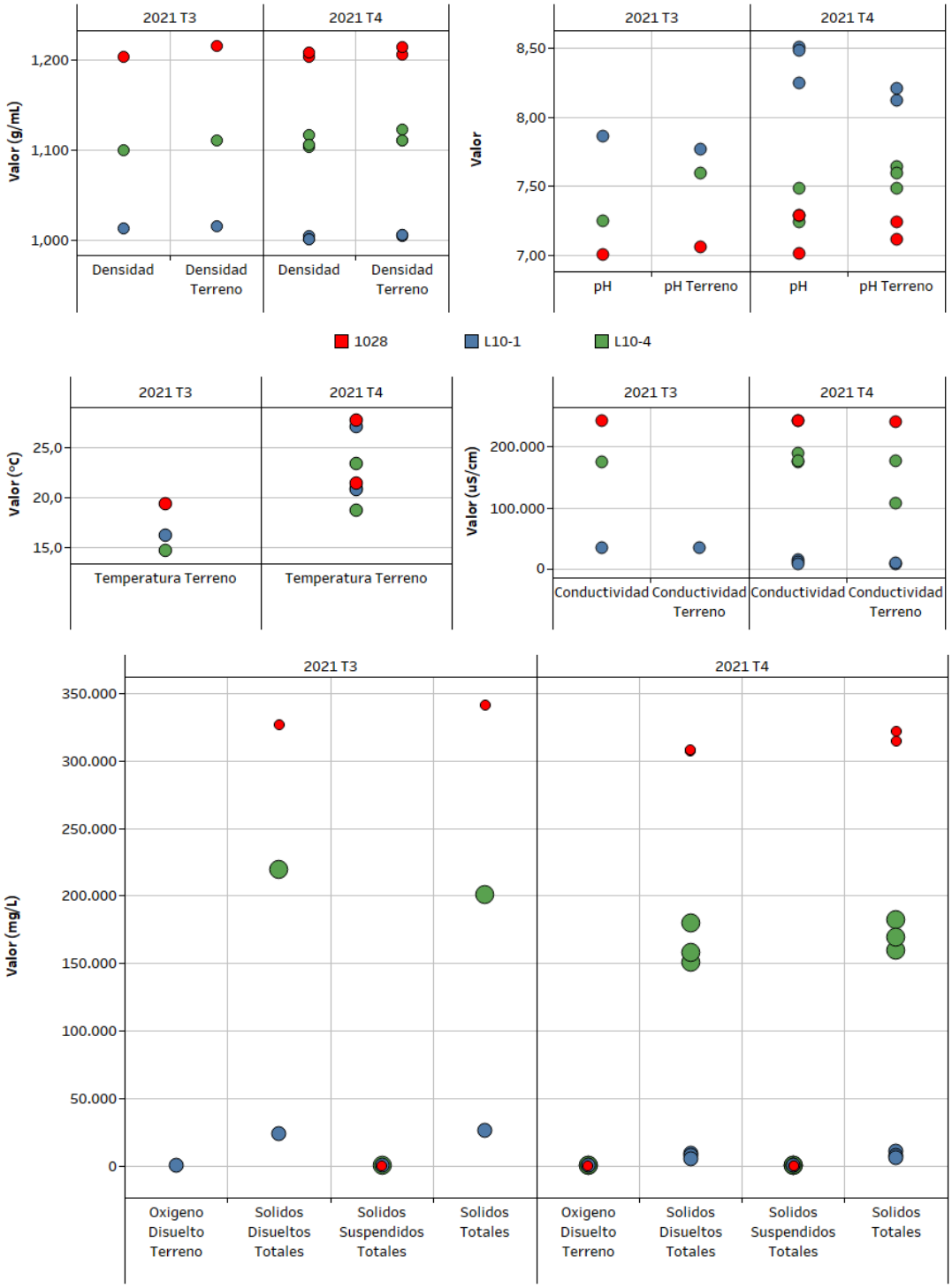
Tabla 5-66: Resultados calidad del agua en pozos del sistema Peine, segundo semestre de 2021

Parámetro	Unidad	1028				L10-4			
		28-07-21	27-10-21	27-11-21	24-12-21	26-07-21	27-10-21	27-11-21	24-12-21
Conductividad	µS/cm	242.000	243.000	S/I	243.000	174.000	188.700	174.300	176.400
Conductividad Terreno	µS/cm	240.000	239.000	S/I	240.400	175.200	185.600	108.100	177.300
Densidad	g/mL	1,203	1,202	S/I	1,207	1,099	1,116	1,103	1,105
Densidad Terreno	g/mL	1,215	1,205	S/I	1,213	1,110	1,122	1,110	1,110
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,90	5,20	S/I	0,16	5,23	5,64	0,980	0,30
pH	-	7,00	7,01	S/I	7,29	7,25	7,24	7,29	7,48
pH Terreno	-	7,06	7,24	S/I	7,11	7,59	7,64	7,48	7,59
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	326.050	307.230	S/I	308.120	219.190	179.735	150.660	158.180
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	73	79	S/I	98	80	15	119	123
Sólidos Totales	mg/L	341.100	314.615	S/I	321.975	200.665	181.745	159.835	169.455
Temperatura Terreno	°C	19,3	21,4	S/I	27,7	14,6	18,6	23	20,9

Parámetro	Unidad	L10-1			
		30-07-21	30-10-21	27-11-21	25-12-21
Conductividad	µS/cm	33.700	15.540	10.910	8.130
Conductividad Terreno	µS/cm	34.110	10.980	7.113	9.638
Densidad	g/mL	1,012	1,004	1,001	1,000
Densidad Terreno	g/mL	1,015	1,004	1,005	1,005
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	3,19	1,17	2,000	2,70
pH	-	7,86	8,51	8,25	8,48
pH Terreno	-	7,77	8,12	8,12	8,21
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	23.420	9.180	7.220	5.415
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	3	<3	4	5
Sólidos Totales	mg/L	25.900	10.370	7.510	6.245
Temperatura Terreno	°C	16,2	22,1	27	20,7

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

Figura 5-39: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2.2 Muestreo realizado en el marco del ex convenio con CONAF

En el segundo semestre de 2021 pudieron realizarse los dos muestreos trimestrales comprometidos por RCA 226/2006, sin embargo, no fue posible colectar la muestra en Salada en octubre 2021 debido a la presencia de flamencos. Del mismo modo, durante noviembre y diciembre existió restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine al sistema lagunar, imposibilitando recolectar muestras para Salada, Saladita e Interna De igual forma, no se pudo realizar la visita mensual de los puntos posterior a la activación de Fase 1 de L10-11 (30/09/2021) debido a no contar con la autorización de ingreso por parte de la Comunidad de Peine. En la Tabla 5-67 se muestran las fechas en las que se trató de realizar el muestreo. En el Anexo 6.1 se encuentran los certificados de laboratorio.

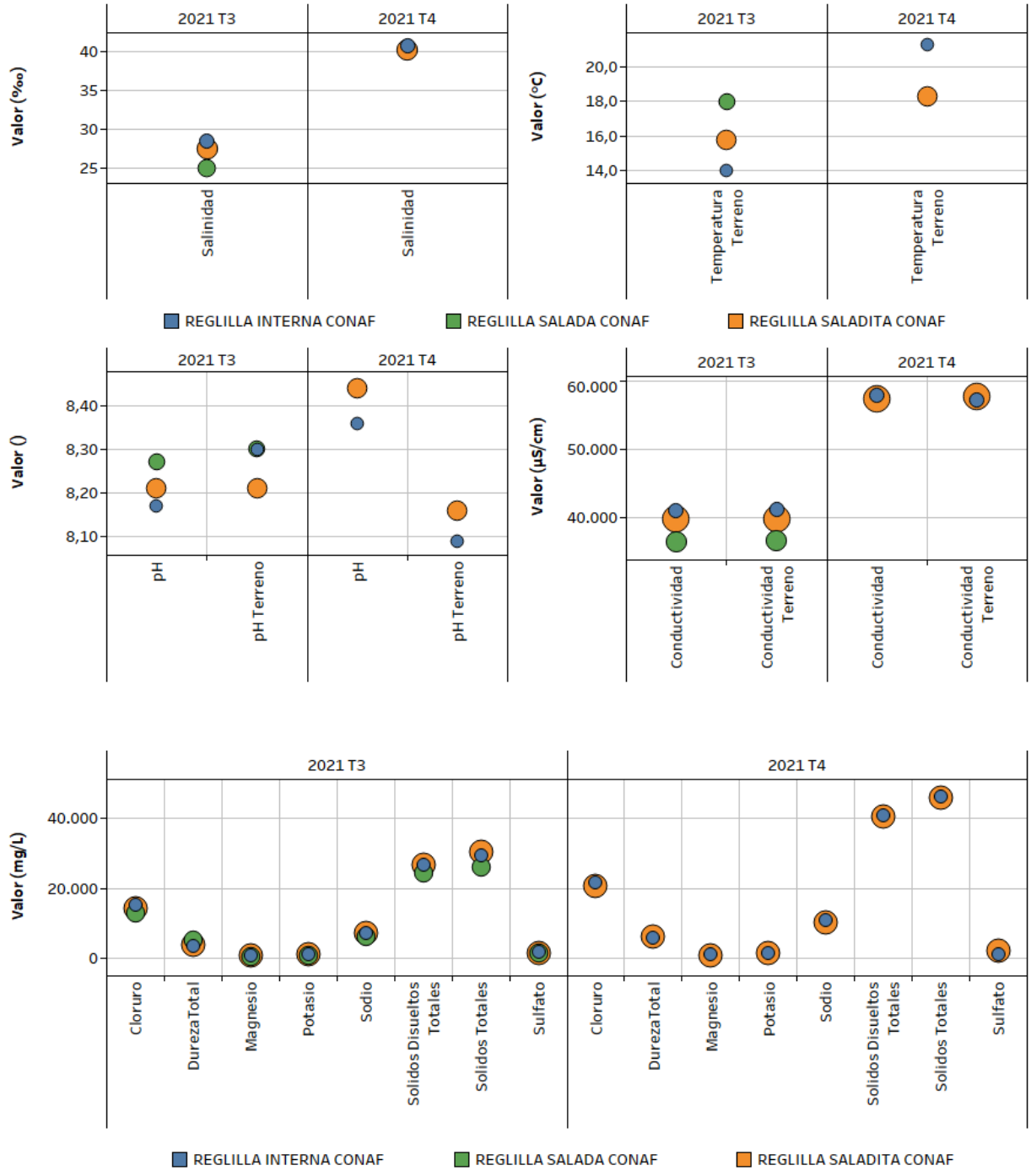
Tabla 5-67 Resultados calidad del agua en cuerpos lagunares del sistema Peine.

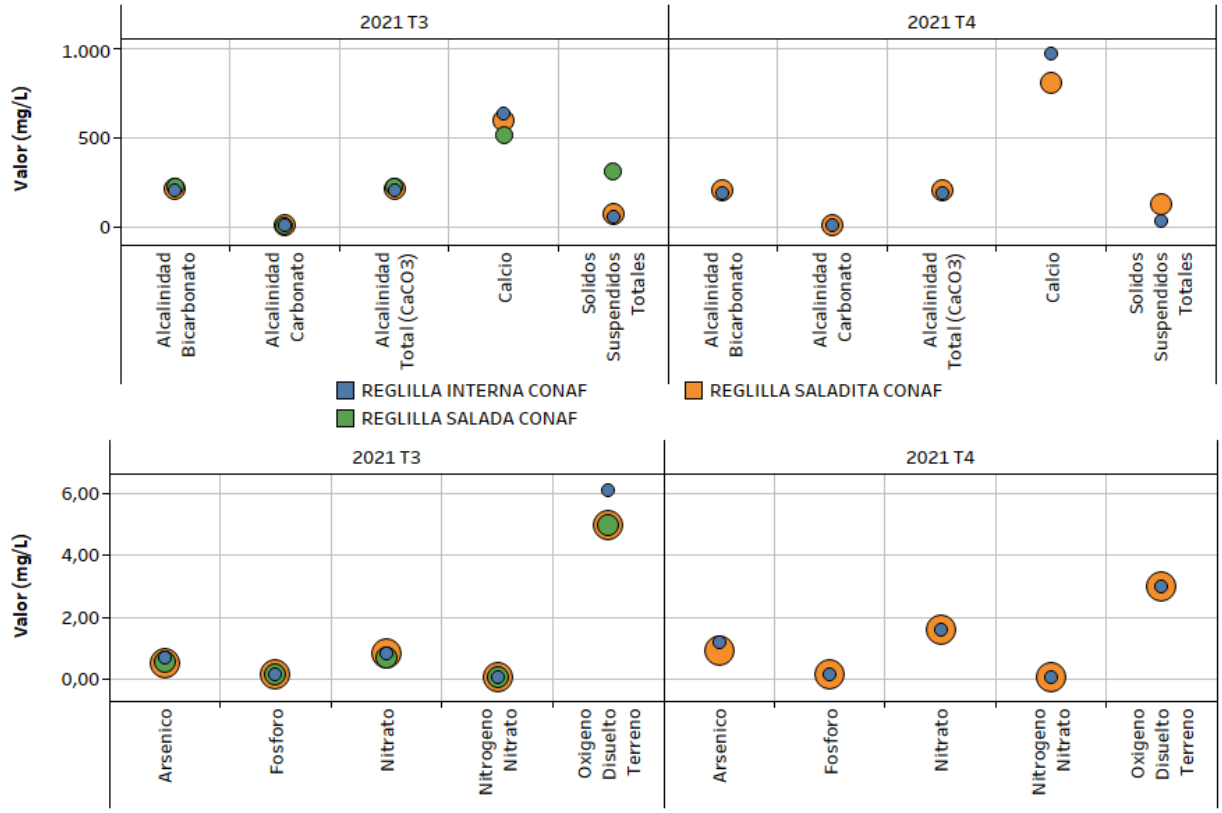
Parámetro	Unidad	Interna				Salada			
		30-07-21	29-10-21	27-11-21	15-12-21	30-07-21	13-10-21	27-11-21	15-12-21
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	6,09	2,95	S/I	S/I	4,93	S/I	S/I	S/I
pH Terreno	-	8,30	8,09	S/I	S/I	8,30	S/I	S/I	S/I
Temperatura Terreno	°C	14,0	21,3	S/I	S/I	18,0	S/I	S/I	S/I
Conductividad Terreno	mS/cm	41.130	57.220	S/I	S/I	36.610	S/I	S/I	S/I
Sólidos totales	g/L	29.300	45.950	S/I	S/I	25.800	S/I	S/I	S/I
Sólidos disueltos totales	g/L	26.450	40.650	S/I	S/I	24.350	S/I	S/I	S/I
Sólidos suspendidos totales	mg/L	53	27	S/I	S/I	302	S/I	S/I	S/I
Dureza Total	g/L	3.417	5.985	S/I	S/I	5.270	S/I	S/I	S/I
Sodio	g/L	7.278	10.729	S/I	S/I	6.126	S/I	S/I	S/I
Arsénico	mg/L	0,670	1,18	S/I	S/I	0,536	S/I	S/I	S/I
Potasio	g/L	1.062	1.631	S/I	S/I	882	S/I	S/I	S/I
Calcio	mg/L	630	967	S/I	S/I	510	S/I	S/I	S/I
Magnesio	g/L	696	1.002	S/I	S/I	593	S/I	S/I	S/I
Cloruro	g/L	15.317	21.572	S/I	S/I	12.927	S/I	S/I	S/I
Sulfato	g/L	1.889	1.259	S/I	S/I	1.449	S/I	S/I	S/I
Alcalinidad Bicarbonato	mgCaCO3/L	200	187	S/I	S/I	217	S/I	S/I	S/I
Alcalinidad Carbonato	mgCaCO3/L	<1	<1	S/I	S/I	<1	S/I	S/I	S/I
Nitrógeno Nitrato	mg/L	<0,05	<0,05	S/I	S/I	<0,05	S/I	S/I	S/I
Nitrato	mgNO_3/L	1	1,60	S/I	S/I	1	S/I	S/I	S/I
Fosfato (como P)	mgP/L	<0,13	<0,13	S/I	S/I	<0,13	S/I	S/I	S/I
Alcalinidad total	mg$CaCO_3$/L	200	187	S/I	S/I	217	S/I	S/I	S/I
Salinidad	‰	28,4	40,7	S/I	S/I	24,9	S/I	S/I	S/I

Parámetro	Unidad	Saladita			
		30-07-21	29-10-21	27-11-21	15-12-21
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	6,09	2,95	S/I	S/I
pH Terreno	-	8,30	8,09	S/I	S/I
Temperatura Terreno	°C	14,0	21,3	S/I	S/I
Conductividad Terreno	mS/cm	41.130	57.220	S/I	S/I
Sólidos totales	g/L	29.300	45.950	S/I	S/I
Sólidos disueltos totales	g/L	26.450	40.650	S/I	S/I
Sólidos suspendidos totales	mg/L	53	27	S/I	S/I
Dureza Total	g/L	3.417	5.985	S/I	S/I
Sodio	g/L	7.278	10.729	S/I	S/I
Arsénico	mg/L	0,670	1,18	S/I	S/I
Potasio	g/L	1.062	1.631	S/I	S/I
Calcio	mg/L	630	967	S/I	S/I
Magnesio	g/L	696	1.002	S/I	S/I
Cloruro	g/L	15.317	21.572	S/I	S/I
Sulfato	g/L	1.889	1.259	S/I	S/I
Alcalinidad Bicarbonato	mgCaCO3/L	200	187	S/I	S/I
Alcalinidad Carbonato	mgCaCO3/L	<1	<1	S/I	S/I
Nitrógeno Nitrato	mg/L	<0,05	<0,05	S/I	S/I
Nitrato	mgNO_3/L	1	1,60	S/I	S/I
Fosfato (como P)	mgP/L	<0,13	<0,13	S/I	S/I
Alcalinidad total	mg$CaCO_3$/L	200	187	S/I	S/I
Salinidad	‰	28,4	40,7	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-40: Resultados de calidad del agua en cuerpos lagunares del Sistema Peine





Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2.3 Validación resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el segundo semestre de 2021 en el sistema Peine, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.9.

La Tabla 5-68 muestra los resultados de la validación para las muestras colectadas en el sistema Peine. No pueden ser validadas por balance iónico debido a que no se analizan parámetros químicos. Respecto el balance de masa en sólidos, las 4 muestras colectadas en el segundo semestre dieron resultados correctos.

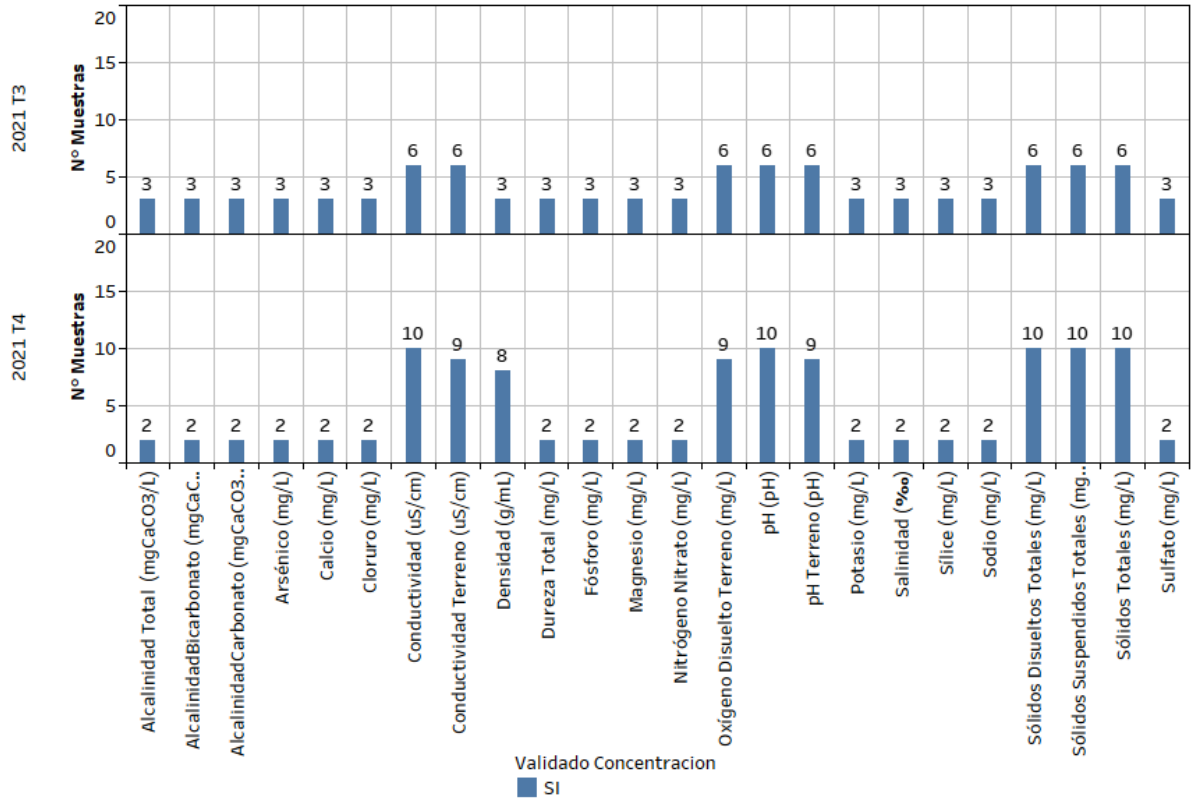
Tabla 5-68: Resultados de la validación en el sistema Peine

Trimestre	Mes	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance iónico (%)
3ro	julio	1028	-4,4	NA*
		L10-1	-9,6	NA*
		L10-4	9,3	NA*
		INTERNA	-9,5	5
		SALADA	-4,4	5
		SALADITA	-11,9	1
4to	octubre	1028	-2,3	NA*
		L10-1	-11,4	NA*
		L10-4	-1,1	NA*
		INTERNA	-11,5	0
		SALADITA	-11,3	2
	noviembre	L10-1	-3,8	NA*
		L10-4	-5,7	NA*
	diciembre	1028	-4,3	NA*
		L10-1	-13,2	NA*
		L10-4	-6,6	NA*

Fuente: Elaboración propia. N/A: No Aplica; el número de analitos de los parámetros comprometidos por RCA (y analizados) no permiten realizar este cálculo.

La Figura 5-41 muestra los resultados de la validación por concentraciones históricas en relación con cada analito y punto. Todos los análisis se encontraron dentro de lo esperable en base a su evolución histórica.

Figura 5-41: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2.4 Caudal agua superficial (aforos)

La red de monitoreo del PSAH en el Sistema Peine contempla dos estaciones de aforo de caudal pasante superficial, que son las estaciones de Salada y Saladita. Tal y como se ha descrito en la Tabla 5-69 durante el semestre objeto del presente informe no fue posible la realización completa de los aforos mensuales de caudal superficial en las estaciones Salada y Saladita, debido a que la Comunidad de Peine no concedió permiso al personal de SQM ni a la ETFA para ingresar al sector. El único ingreso posible fue durante julio 2021 para el monitoreo de aforo de Salada.

Tabla 5-69: Resultados aforos manuales Saladita y Salada

	AFORO SALADA	AFORO SALADITA
julio 2021	62,68	S/I
agosto 2021	S/I	S/I
septiembre 2021	S/I	S/I
octubre 2021	S/I	S/I
noviembre 2021	S/I	S/I
diciembre 2021	S/I	S/I

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

5.1.5.3 Superficie lacustre

Para el segundo semestre de 2021 las mediciones de superficies lacustres mediante estacas perimetrales de los dos cuerpos de agua del sistema Peine comprometidos con esta metodología (Salada y Saladita), no fueron realizadas debido a que no se ha contado con la autorización de la Comunidad de Peine para ingresar al sector durante el periodo a reportar.

5.1.6 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. Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2021 se presentan a continuación. Todos los puntos de este sector han sido visitados con la frecuencia comprometida en este semestre.

5.1.6.1 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 señalada en la Figura 4-8 y en la Tabla 4-9.

5.1.6.1.1 Pozos Zona Marginal

En la zona marginal, el sector de Vegas de Tilopozo cuenta con 4 puntos de control, que son medidos mensualmente por la ETFA; en la Tabla 5-70 se muestra el resultado del monitoreo para este semestre. De forma adicional, SQM realiza también mediciones con la misma frecuencia; en la Tabla 5-71 se muestra el recuento de mediciones realizadas por cada empresa. En la Figura 5-42 se muestra gráficamente el resultado completo de las mediciones en estos puntos, contando con las mediciones de ambas empresas y en el Anexo 5.2 se entrega este resultado de forma tabulada.

Tal y como puede verse, para este semestre se cuenta con todas las mediciones mensuales comprometidas en estos puntos.

Tabla 5-70: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo

L12-1	
Fecha	Nivel (m s.n...
29/7/21 10:15	2.299,817
27/8/21 09:46	2.299,806
25/9/21 10:09	2.299,799
14/10/21 12:24	2.299,803
30/10/21 16:10	2.299,800*
16/11/21 12:33	2.299,788
28/11/21 09:56	2.299,783*
16/12/21 13:36	2.299,782
25/12/21 15:34	2.299,783*

L12-2	
Fecha	Nivel (m s.n...
29/7/21 12:01	2.302,531
27/8/21 10:48	2.302,522
25/9/21 12:02	2.302,499
14/10/21 09:56	2.302,483
30/10/21 14:38	2.302,485*
16/11/21 09:31	2.302,472
28/11/21 12:06	2.302,476*
16/12/21 11:33	2.302,473
25/12/21 14:21	2.302,481*

L12-3	
Fecha	Nivel (m s.n...
29/7/21 11:38	2.301,716
27/8/21 11:27	2.301,704
25/9/21 11:42	2.301,686
14/10/21 10:36	2.301,671
30/10/21 15:00	2.301,667*
16/11/21 10:28	2.301,659
28/11/21 11:38	2.301,657*
16/12/21 12:15	2.301,648
25/12/21 14:01	2.301,647*

L12-4	
Fecha	Nivel (m s.n...
29/7/21 11:23	2.303,842
27/8/21 11:09	2.303,834
25/9/21 11:19	2.303,817
14/10/21 10:59	2.303,806
30/10/21 15:17	2.303,799*
16/11/21 11:09	2.303,776
28/11/21 11:10	2.303,771*
16/12/21 11:59	2.303,763
25/12/21 13:47	2.303,760*

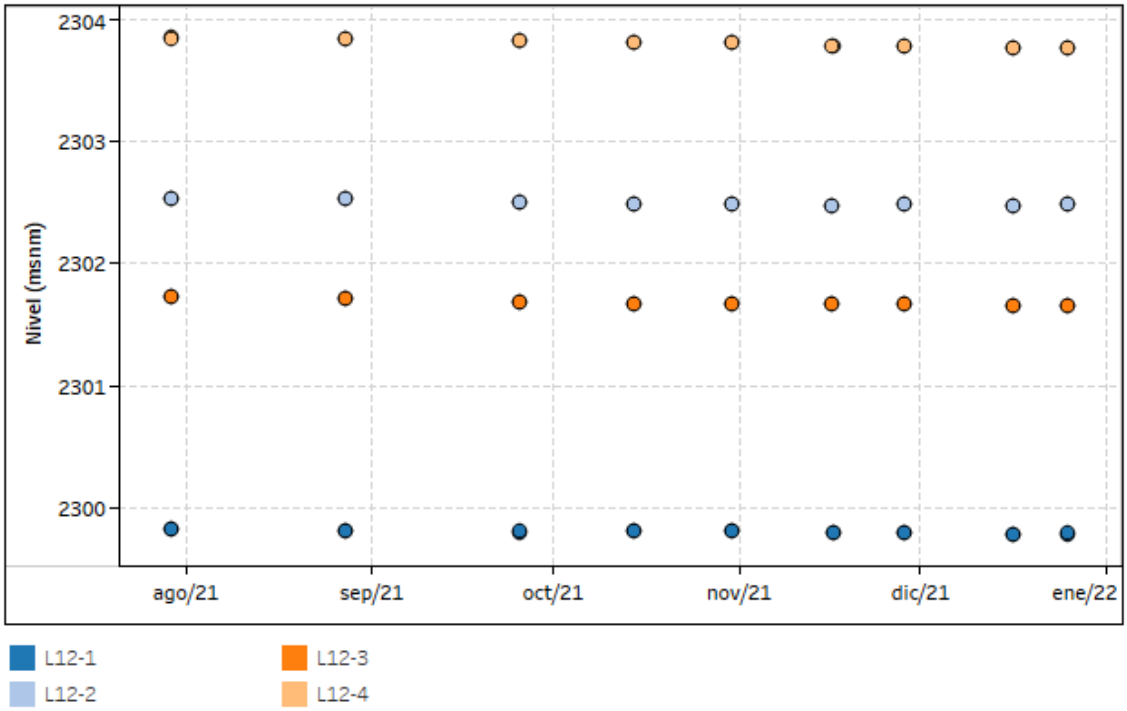
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-71: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
L12-1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
L12-2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
L12-3	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
L12-4	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.6.1.2 Nivel de agua superficial

En esta sección se presentan los niveles de agua superficial para este sector de Vegas de Tilopozo, que dispone de un punto de medición. En la Tabla 5-72 se muestran las medidas tomadas en este segundo semestre de 2021 por la ETFA. Este punto cuenta adicionalmente con mediciones por parte de SQM con la misma frecuencia; en la Tabla 5-73 se muestra el recuento

de mediciones efectuadas por cada empresa, en la Figura 5-43 se presentan gráficamente todas ellas y en el Anexo 5.2 se entregan de forma tabulada.

Pude verse que para este semestre reportado se cuenta con todas las mediciones mensuales comprometidas.

Tabla 5-72: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

REGLILLA TILOPOZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/7/21 10:44	2.309,319
27/8/21 10:11	2.309,318
25/9/21 10:52	2.309,315
14/10/21 11:27	2.309,311
30/10/21 15:40	2.309,307 *
16/11/21 11:51	2.309,309
28/11/21 10:36	2.309,308 *
16/12/21 12:53	2.309,306
25/12/21 14:55	2.309,307 *

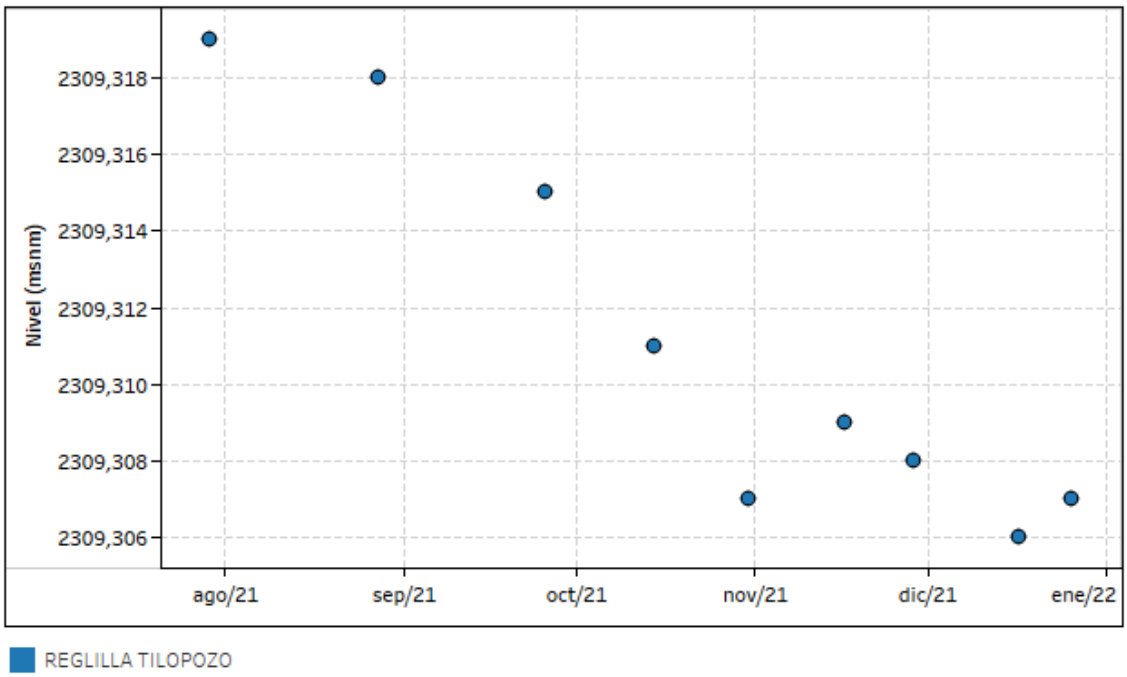
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) Corresponde a una remedición en el mismo mes.

Tabla 5-73: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
REGLILLA TILOPOZO	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-43: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7 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 (21 puntos), meteorología (1 estación) y calidad química (2 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2021 se presentan a continuación.

El pozo SOPM-8 (L3-4) pertenece tanto a la red de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana (identificado en la RCA Nº226/2006 como L3-4) 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.

5.1.7.1 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 segundo semestre de 2021, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-9 y en la Tabla 4-10.

Para facilitar el análisis, los resultados se agruparon en 3 subgrupos de acuerdo con su ubicación; a) grupo de pozos más alejado de la zona de producción de salmuera, b) pozos ubicados en las proximidades de la zona de producción, c) pozos ubicados al norte de zona de producción. A continuación, se muestran los resultados de estos grupos.

5.1.7.1.1 Área alejada de la zona productiva

En la Tabla 5-74 se presenta el resultado del monitoreo para los puntos del primer grupo, aquellos que se encuentran más alejados de la zona productiva. Todos ellos deben ser medidos mensualmente por una ETFA, y este es el resultado que se muestra en la Tabla 5-74. De forma adicional son medidos por SQM en la misma frecuencia; en la Tabla 5-75 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa, en la Figura 5-44 se muestran gráficamente todas ellas y en el Anexo 5.2 se entregan tabuladas.

Tabla 5-74: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo

1001	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 17:04	2.299,302
23/8/21 15:55	2.299,294
22/9/21 11:39	2.299,289
21/10/21 15:59	2.299,285
24/11/21 11:25	2.299,275
21/12/21 08:30	2.299,275

2028	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 09:34	2.298,985
26/8/21 13:25	2.298,973
21/9/21 11:38	2.298,969
22/10/21 14:47	2.298,966
23/11/21 11:30	2.298,961
21/12/21 09:50	2.298,958

SOPE-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 09:11	2.299,089
23/8/21 17:17	2.299,084
21/9/21 11:18	2.299,079
22/10/21 15:21	2.299,072
23/11/21 12:15	2.299,066
21/12/21 09:27	2.299,064

SOPM-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 11:18	2.299,039
18/8/21 13:32	2.299,033
19/9/21 10:46	2.299,027
19/10/21 08:42	2.299,012
21/11/21 10:41	2.299,010
18/12/21 12:12	2.299,008

SOPM-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/21 11:35	2.299,054
18/8/21 13:53	2.299,044
19/9/21 11:00	2.299,040
19/10/21 08:55	2.299,034
21/11/21 11:04	2.299,028
18/12/21 12:29	2.299,023

SOPM-12C	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 08:43	2.299,196
23/8/21 16:46	2.299,190
21/9/21 10:58	2.299,185
22/10/21 13:12	2.299,178
23/11/21 10:49	2.299,173
21/12/21 07:32	2.299,169

SOPM-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/21 09:52	2.299,053
26/8/21 13:07	2.299,042
21/9/21 11:56	2.299,041
22/10/21 15:07	2.299,035
23/11/21 11:50	2.299,030
21/12/21 10:11	2.299,032

SOPM-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 09:28	2.298,772
16/8/21 09:21	2.298,764
17/9/21 09:03	2.298,754
17/10/21 08:07	2.298,758
19/11/21 08:12	2.298,753
17/12/21 08:31	2.298,752

SOPM-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 09:16	2.298,831
16/8/21 09:05	2.298,821
17/9/21 08:48	2.298,815
17/10/21 07:56	2.298,811
19/11/21 07:54	2.298,805
17/12/21 08:18	2.298,800

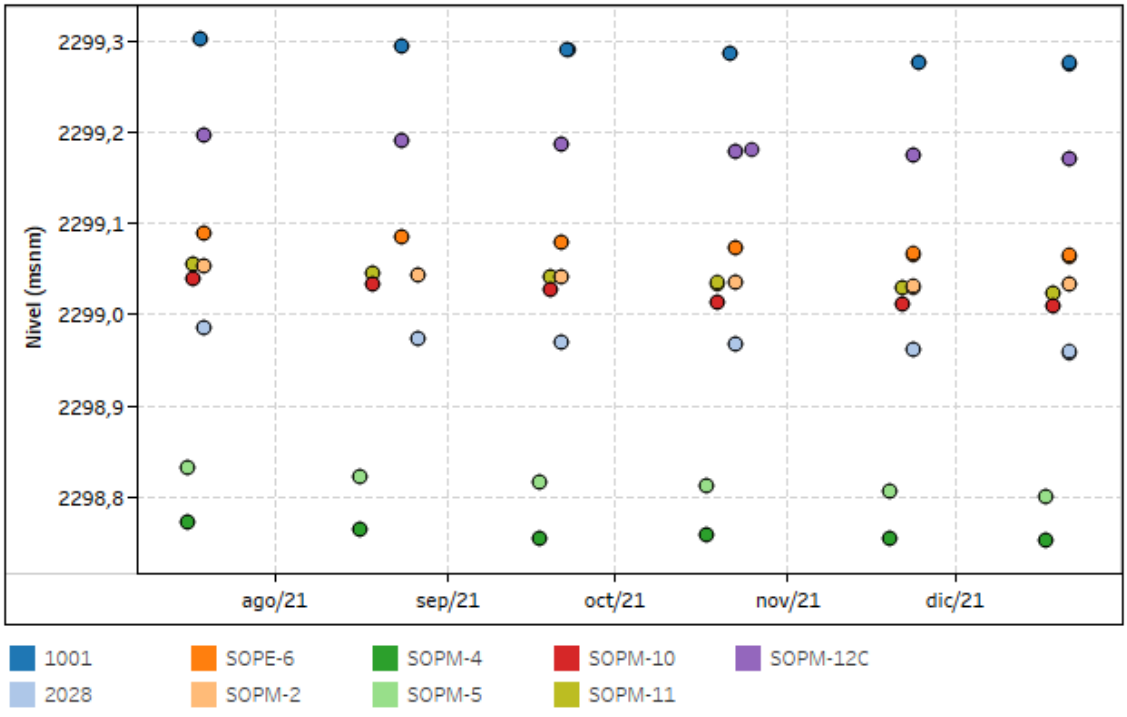
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-75: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
1001	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2028	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPE-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-12C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-44: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7.1.2 Área próxima a la zona productiva

En la Tabla 5-76 se muestran las medidas del monitoreo efectuado para los puntos de control que se encuentran más cercanos a la zona productiva del salar. Todos ellos deben ser medidos mensualmente por una ETFA, y este es el resultado que se muestra en la Tabla 5-76. De forma adicional son medidos por SQM en la misma frecuencia; en la Tabla 5-77 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa, en la Figura 5-45 se muestran gráficamente todas ellas y en el Anexo 5.2 se entregan tabuladas.

Tabla 5-76: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo

2040	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 10:23	2.299,104
26/8/21 11:48	2.299,174
21/9/21 10:13	2.299,194
22/10/21 12:39	2.299,164
23/11/21 09:59	2.299,123
21/12/21 10:43	2.299,127

E-101	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 10:55	2.298,693
26/8/21 11:34	2.298,838
21/9/21 10:02	2.298,847
22/10/21 12:27	2.298,785
23/11/21 09:36	2.298,655
21/12/21 11:16	2.298,685

E-324	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 11:10	2.297,198
26/8/21 11:18	2.297,432
21/9/21 09:50	2.296,621
28/9/21 07:46	2.296,482*
22/10/21 11:42	2.296,300
23/11/21 09:22	2.295,894
21/12/21 11:28	2.296,042

M1-C	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 10:33	2.299,221
26/8/21 12:06	2.299,205
21/9/21 10:24	2.299,198
22/10/21 12:48	2.299,205
23/11/21 10:15	2.299,187
21/12/21 10:55	2.299,190

M2-C	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 11:47	2.292,964
26/8/21 10:28	2.292,870
21/9/21 08:52	2.292,390
28/9/21 07:22	2.292,228*
22/10/21 11:21	2.292,108
23/11/21 07:32	2.291,942
21/12/21 12:11	2.291,915

M7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 11:26	2.297,064
26/8/21 12:35	2.297,187
21/9/21 07:45	2.296,463
28/9/21 08:09	2.296,368*
22/10/21 12:08	2.296,244
23/11/21 07:03	2.295,618
21/12/21 11:42	2.295,769

SAMPLE-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 14:02	2.294,180
26/8/21 09:57	2.294,143
21/9/21 09:19	2.294,120
22/10/21 10:17	2.294,090
23/11/21 08:02	2.294,060
26/12/21 08:48	2.294,030

ZAR-C-S	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 14:35	2.295,757
26/8/21 09:02	2.295,729
21/9/21 08:17	2.295,706
22/10/21 10:50	2.295,684
23/11/21 08:42	2.295,666
26/12/21 08:01	2.295,651

SAMPLE-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 14:02	2.294,180
26/8/21 09:57	2.294,143
21/9/21 09:19	2.294,120
22/10/21 10:17	2.294,090
23/11/21 08:02	2.294,060
26/12/21 08:48	2.294,030

ZAR-C-S	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/7/21 14:35	2.295,757
26/8/21 09:02	2.295,729
21/9/21 08:17	2.295,706
22/10/21 10:50	2.295,684
23/11/21 08:42	2.295,666
26/12/21 08:01	2.295,651

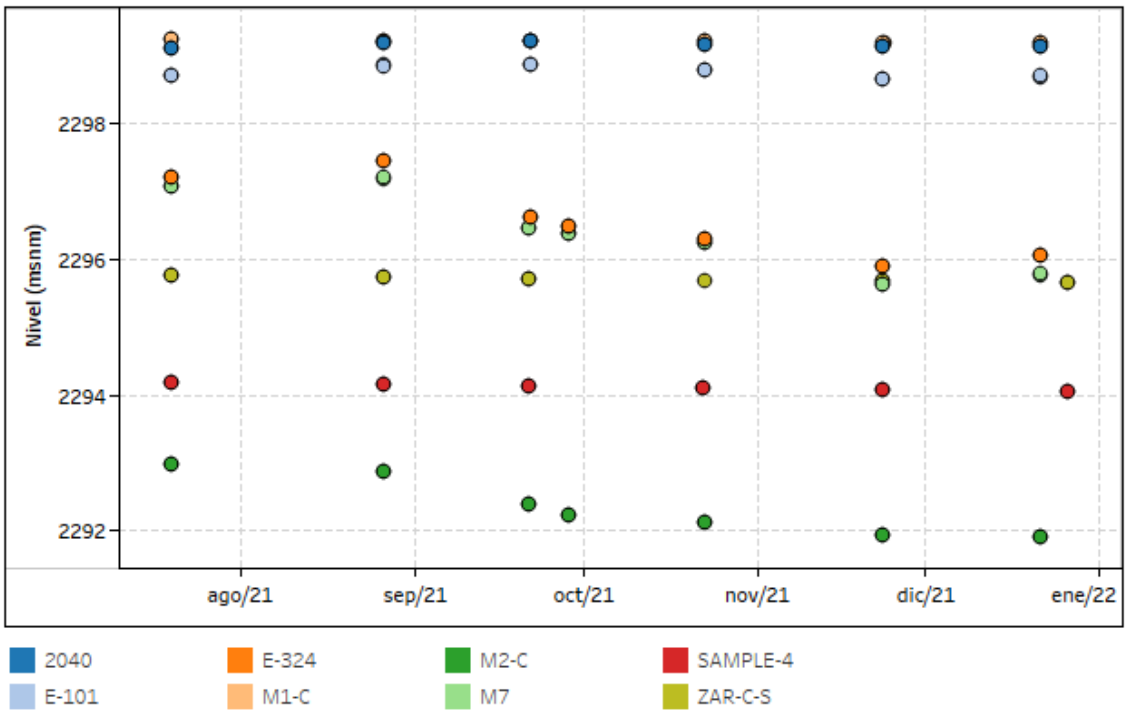
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) Corresponde a una remedición.

Tabla 5-77: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
2040	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E-324	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
M1-C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M2-C	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
M7	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
SAMPLE-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ZAR-C-S	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-45: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7.1.3 Área al norte de la zona productiva

Son tres los puntos en el núcleo que se sitúan al norte de la zona productiva. El resultado del monitoreo se muestra en la Tabla 5-78. Todos ellos deben ser medidos mensualmente por una ETFA, y este es el resultado que se muestra en la Tabla 5-78. De forma adicional son medidos por SQM en la misma frecuencia; en la Tabla 5-79 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa, en la Figura 5-46 se muestran gráficamente todas ellas y en el Anexo 5.2 se entregan tabuladas.

Tabla 5-78: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo

1906		C4-B		EIA-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 10:14	2.298,939	16/7/21 10:46	2.300,881	16/7/21 09:53	2.298,955
16/8/21 10:06	2.298,920	16/8/21 10:40	2.300,871	16/8/21 09:46	2.298,935
17/9/21 09:47	2.298,905	17/9/21 10:30	2.300,859	17/9/21 09:25	2.298,923
17/10/21 08:49	2.298,899	17/10/21 09:26	2.300,864	17/10/21 08:31	2.298,916
19/11/21 08:55	2.298,891	19/11/21 09:34	2.300,868	19/11/21 08:36	2.298,910
17/12/21 09:17	2.298,888	17/12/21 09:55	2.300,874	17/12/21 08:57	2.298,906

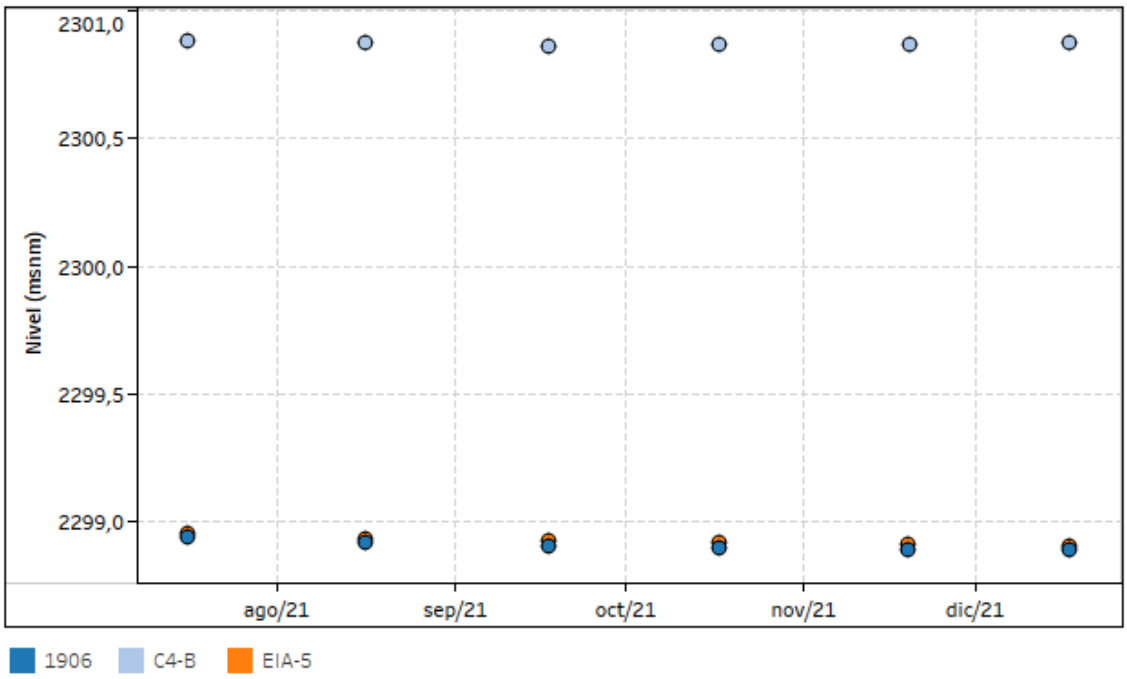
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-79: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
1906	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C4-B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EIA-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-46: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7.2 Meteorología

En la Figura 5-47 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica KCL para el período comprendido entre julio y diciembre de 2021 y que forman parte del PSAH: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario. En la Tabla 5-80 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas.

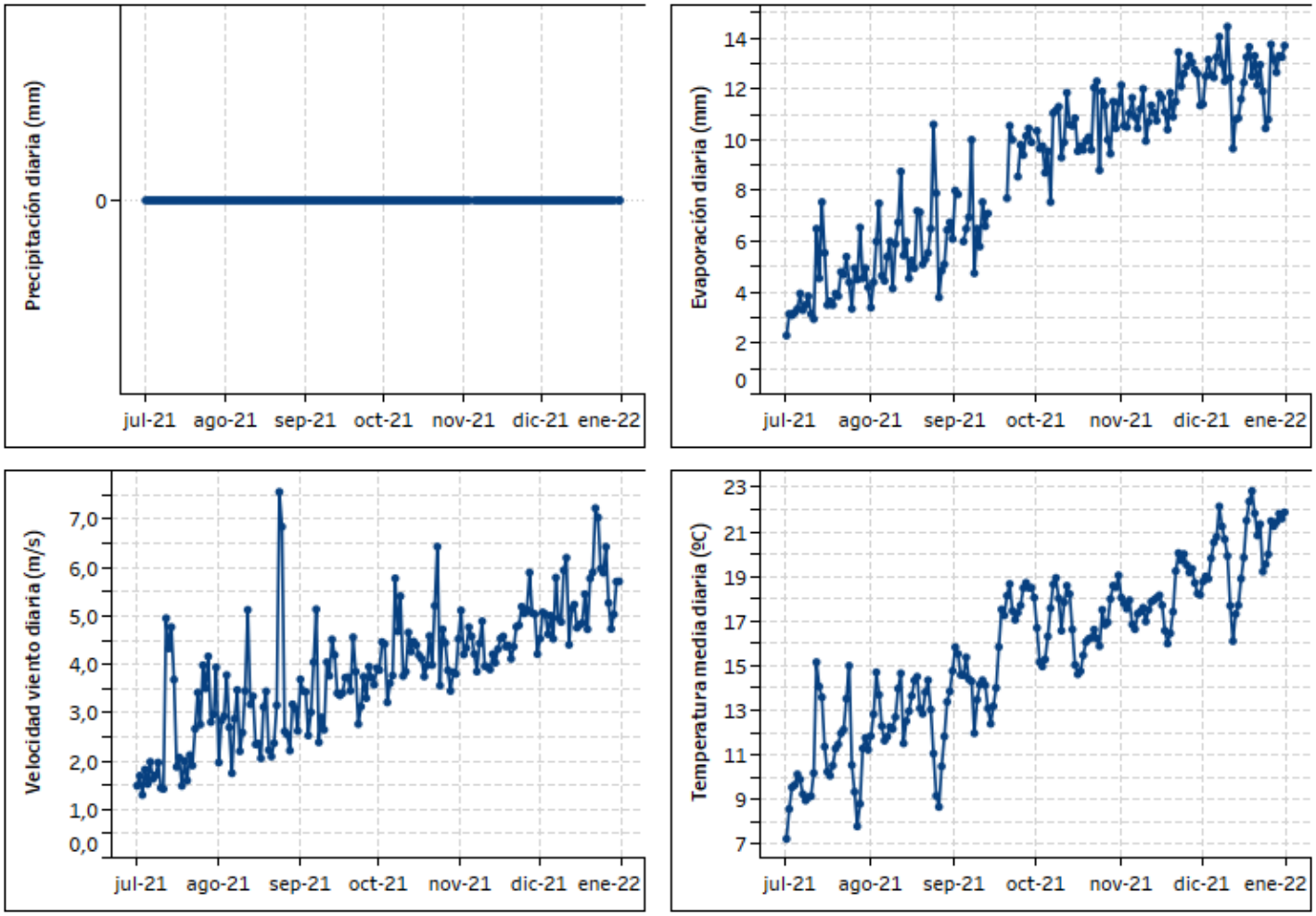
Tabla 5-80: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL

Parametros	Unidad	Mín. Valor	Máx. Valor	Prom. Valor	Desv. están. de Valor
Precipitación	mm/día	0,00	0,00	0,00	0,00
Evaporación*	mm/día	2,30	14,45	8,79	3,33
Velocidad del viento	m/s	1,30	7,57	3,90	1,28
Temperatura media diaria	ºC	7,24	22,83	15,72	3,60

* Esta variable contempla uno o más periodos de rellenado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-47: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2020



Fuente: Elaboración propia.

5.1.7.3 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 Núcleo del Salar de Atacama del segundo semestre del año 2021.

En la Figura 4-9 y en la Tabla 4-10 de la Sección 4.3.6 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Núcleo del Salar de Atacama. En esta última 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 gráficos y 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 la Sección 6 del presente informe.

En el Anexo 6.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre. Además, se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

A continuación, en la Tabla 5-81, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestras de salmuera tomadas en terreno (SOPROCERT julio y octubre 2021) y analizadas por el laboratorio ALS (julio y octubre de 2021), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre del año 2021. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-48. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-81: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Parámetro	Unidad	SOPM-12C		1001	
		26-07-21	25-10-21	26-07-21	27-10-21
Conductividad Terreno	µS/cm	232.000	224.000	244.000	242.000
Densidad	g/Ml	1,217	1,224	1,198	1,204
Densidad Terreno	g/Ml	1,230	1,230	1,210	1,205
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	4,57	5,17	5,17	4,71
Ph Terreno	-	7,01	7,08	7,53	7,66
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	349.050	320.095	318.420	270.845
Temperatura Terreno	°C	19,0	24,6	17,6	23,8

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-48: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama

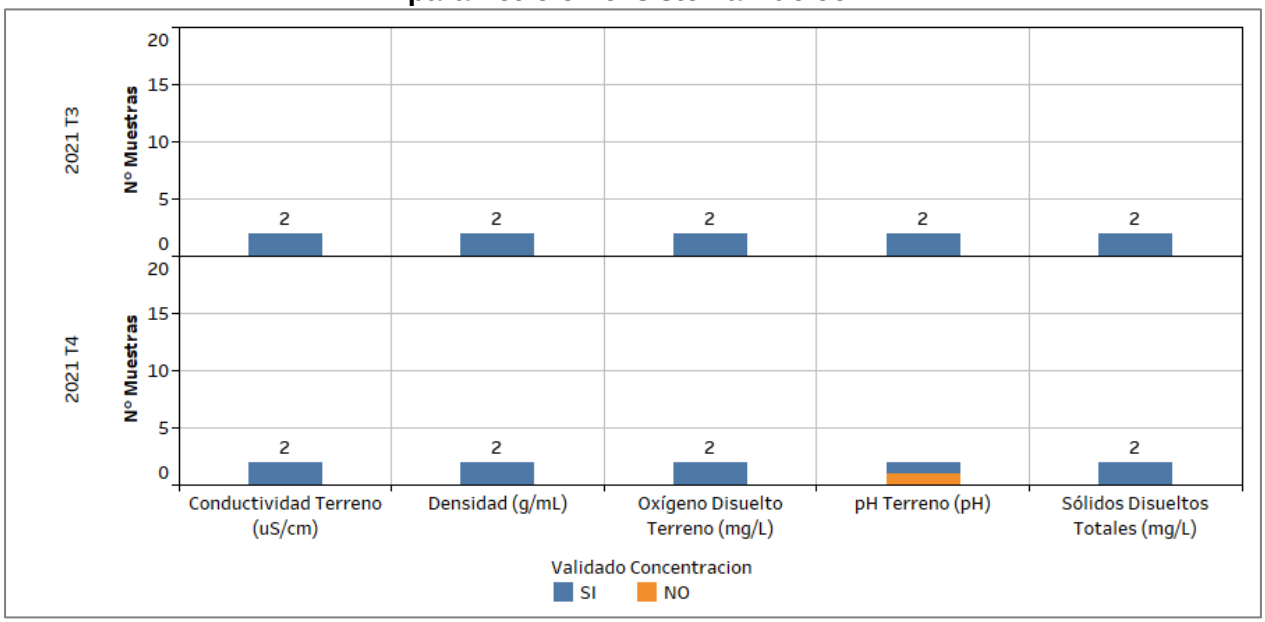
Fuente: Elaboración propia

5.1.7.3.1 Validación resultados

El sistema del núcleo no cuenta con los parámetros necesarios para la validación por balance de masa de sólidos ni para realizar balance iónico.

Los parámetros analizados se validan mediante la comparación de la concentración actual con el análisis de sus concentraciones históricas (mayor detalle en capítulo 4.4.9), de acuerdo con lo explicado en el apartado 4.4.9. En la Figura 5-49 se observa que para el segundo semestre todos los analitos analizados cumplieron con este criterio, con la excepción de una medición de pH en terreno en el 4 trimestre que era levemente mayor a los resultados del anterior semestre. El total de desviaciones encontrado representa un 5% de los análisis realizados en el sistema Núcleo.

Figura 5-49: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo



Fuente: Elaboración propia

5.1.8 CUÑA SALINA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico la Cuña Salina considera 9 pozos, agrupados en 3 perfiles, y el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (1 punto), conductividad eléctrica (8 puntos) y calidad (1 punto). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2021 se presentan a continuación.

Previamente, en la Tabla 5-82 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-82: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21
CUÑA 5	3			*			
CUÑA 7	4	*				*	*

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado. Motivo 3: Prohibición de ingreso a RNF-Aguas de Quelana. Motivo 4: Comunidad de Peine no permitió el acceso al punto.

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 el monitoreo mensual a modo de complemento. De esta manera la Cuña Salina cuenta con 9 puntos de control de nivel de agua subterránea, pero el punto L4-3 se presentó como parte de Sistema Aguas de Quelana, por lo que el resultado del monitoreo de nivel puede ser consultado en la sección 5.1.3. El L10-1 es también del Sistema Peine y ha sido mostrado como parte del monitoreo de dicho Sistema (tanto nivel como calidad). No obstante, en la Tabla 5-82 se muestran ambos nuevamente, ya que en esta sección se presenta, para ambos, la campaña de perfilaje de conductividad eléctrica.

5.1.8.1 Nivel del agua subterránea

Se muestra el resultado de los 7 puntos de monitoreo de nivel restantes para este segundo semestre de 2021 en la Tabla 5-83, el resultado que se muestra es el obtenido por la ETFA, pero SQM también realiza mediciones con la misma frecuencia (ver Tabla 5-84), todas ellas son graficadas la Figura 5-50 y se entregan en el Anexo 5.2 de forma tabulada.

Como puede verse, el pozo Cuña 5 no cuenta con todas las mediciones mensuales ya que se encuentra dentro de RNF de Aguas de Quelana. Tampoco ha sido posible mantener la frecuencia deseada en el caso de Cuña 6 y Cuña 7 ya que éstos se encuentran dentro del área cuyo acceso es controlado por la Comunidad de Peine, por lo que su visita queda sujeta a las autorizaciones que ésta emita.

Tabla 5-83: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina

CUÑA 1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 16:16	2.299,881
16/8/21 16:36	2.299,882
16/9/21 10:20	2.299,878
18/10/21 09:45	2.299,874
19/11/21 15:15	2.299,867
17/12/21 16:01	2.299,856

CUÑA 2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/21 16:27	2.300,387
16/8/21 16:45	2.300,401
16/9/21 10:32	2.300,399
18/10/21 09:55	2.300,394
19/11/21 15:23	2.300,390
17/12/21 15:50	2.300,375

CUÑA 3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/21 10:28	2.318,752
23/8/21 09:26	2.318,767
19/9/21 13:25	2.318,585
26/9/21 08:21	2.318,602 *
21/10/21 11:27	2.318,631
22/11/21 11:23	2.318,651
19/12/21 10:17	2.318,650

CUÑA 4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/21 14:50	2.306,173
15/8/21 15:05	2.306,170
16/9/21 08:58	2.306,173
19/10/21 09:27	2.306,175
21/11/21 14:29	2.306,178
16/12/21 14:48	2.306,171

CUÑA 5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 11:06	2.301,164
25/8/21 17:45	2.301,163
28/9/21 12:00	S/I
27/10/21 12:16	2.301,156
25/11/21 09:38	2.301,154
22/12/21 12:30	2.301,151

CUÑA 6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
30/7/21 10:54	2.305,222
29/8/21 12:00	S/I
25/9/21 13:09	2.305,201
14/10/21 08:42	2.305,187
30/10/21 11:50	2.305,176 *
15/11/21 09:03	2.305,161
27/11/21 13:14	2.305,158 *
16/12/21 09:48	2.305,132
25/12/21 10:53	2.305,125 *

CUÑA 7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/7/21 12:00	S/I
29/8/21 11:52	2.300,217
27/9/21 10:52	2.300,216
13/10/21 11:29	2.300,217
29/10/21 10:01	2.300,205 *
27/11/21 12:00	S/I
15/12/21 12:01	S/I

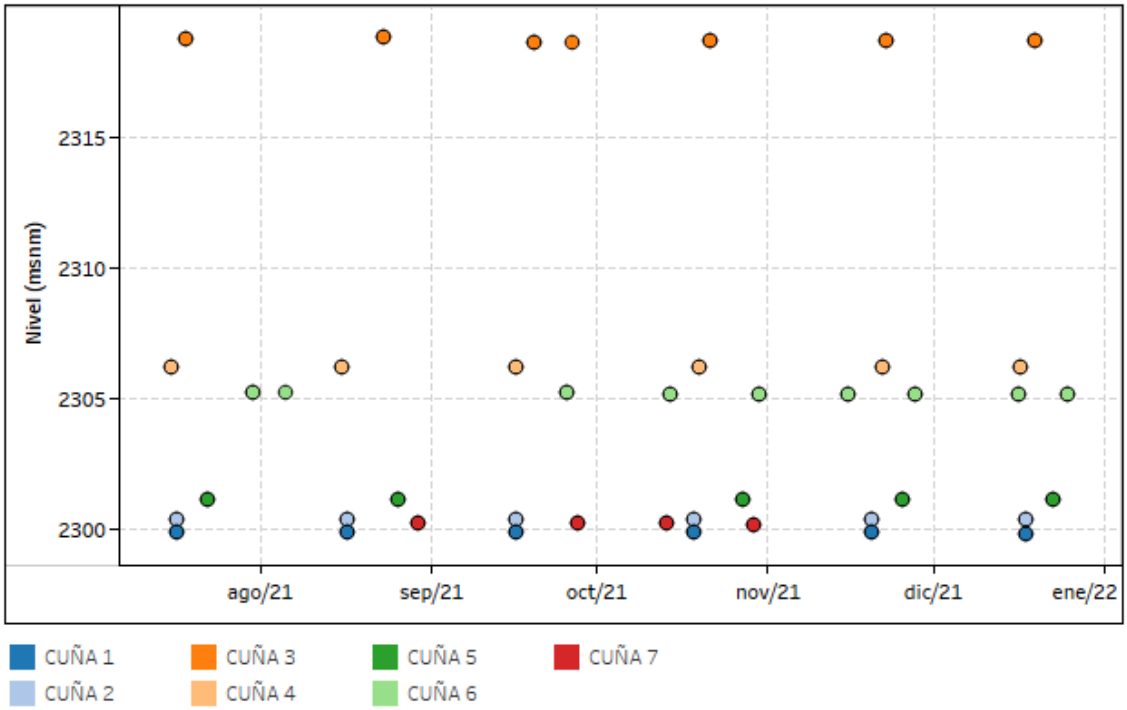
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) remedición en el mismo mes.

Tabla 5-84: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21	07/21	08/21	09/21	10/21	11/21	12/21
CUÑA 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CUÑA 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CUÑA 3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CUÑA 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CUÑA 5	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1
CUÑA 6	1		1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
CUÑA 7		1	1	2				1	1	2		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-50: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.8.2 Calidad química

En el segundo semestre de 2021, los perfiles de conductividad fueron medidos en todos los pozos. En el punto Cuña 7 no se pudo realizar la medición mensual comprometida por la activación de fase 1 en L10-11 el 20-09-2021 (PdC de Peine), en los meses de noviembre y diciembre.

Las mediciones del perfil de CE obtenidas durante el presente período de reporte en los pozos monitoreados se presentan en la Figura 5-51, Figura 5-52 y Figura 5-53, ordenados de norte a sur para cada perfil cuña. La Figura 5-51 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 y la Figura 5-52 presenta los perfiles de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 y la Figura 5-53 los perfiles en L10-1, Cuña 6 y cuña 7. Además, en la Tabla 5-85 se muestran de forma tabulada algunos puntos singulares que definen los perfiles obtenidos y en el Anexo 6.3 se entregan todos los valores según el formato definido por la RES.894/2020.

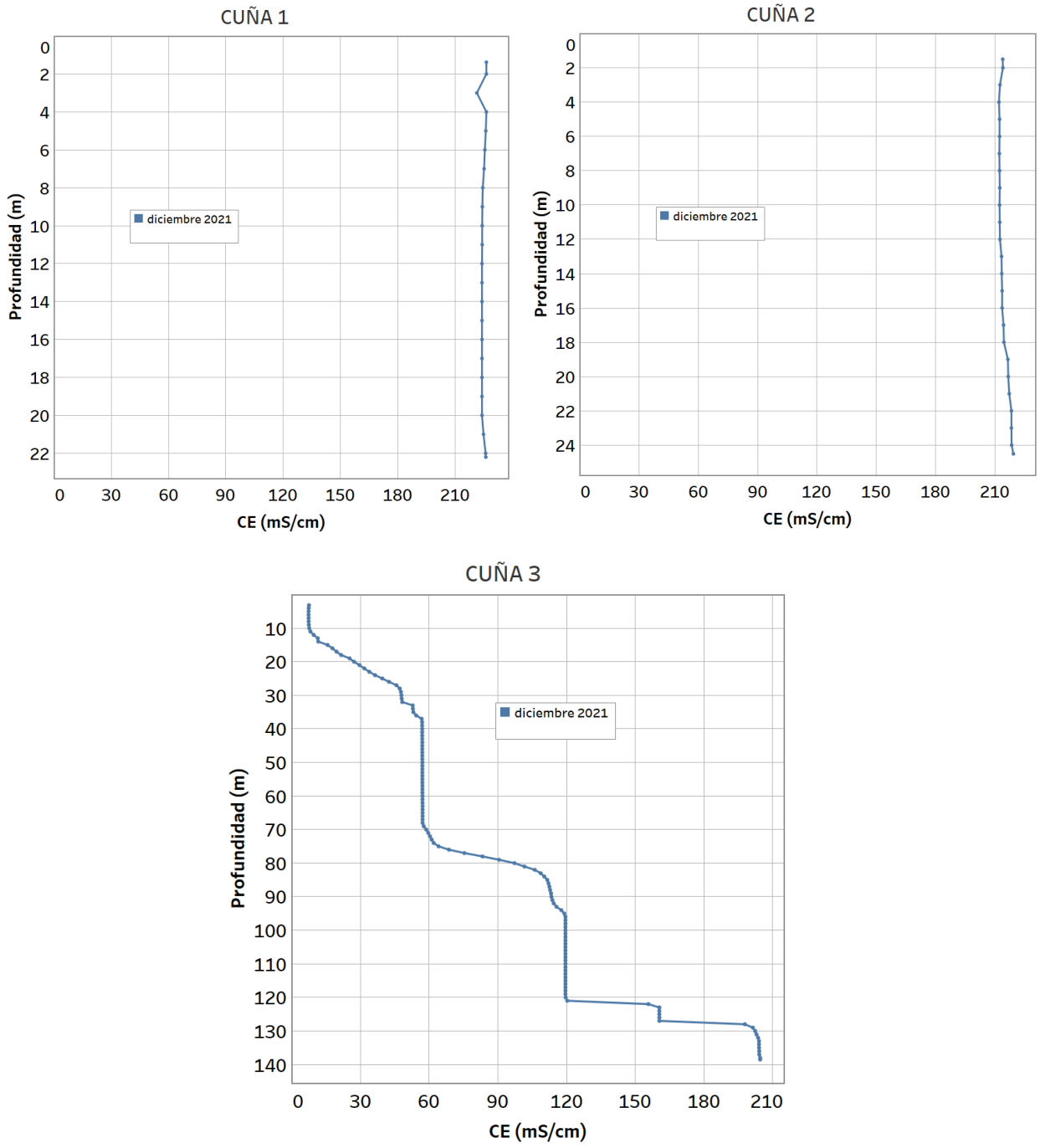
Tabla 5-85 Puntos singulares obtenidos de los perfiles CE del presente semestre

Nombre infraestructura	Fecha	Puntos singulares	
		Profundidad (m)	CE (mS/cm)
Cuña 1	26/12/2021	2	226,5
		22	226,1
Cuña 2	26/12/2021	2	214
		22	218,3
Cuña 3	30/12/2021	12	9,598
		36	54,34
		80	97,25
		130	202,3
		138	204,5
L4-3	30/12/2021	30	14,46
		46	225,3
		130	239,5
Cuña 4	27/12/2021	2	127,4
		56	127,3
		57	235,8
		94	238,4
Cuña 5	22/07/2021	2	170
		22	214,1
	22/12/2021	2	158,1
		22	199,2
CUÑA 7	29/08/2021	2	204,3
		40	227,8
	29/10/2021	2	209,8
		40	231,6

Nombre infraestructura	Fecha	Puntos singulares	
		Profundidad (m)	CE (mS/cm)
L10-1	05/08/2021	2	32,09
		50	147,6
		100	239
	30/10/2021	2	9,88
		50	155
		100	249,4
	27/11/2021	2	8,18
		50	153,6
		100	245
	25/12/2021	2	7,51
		50	153,9
		100	238
CUÑA 6	05/08/2021	3	59,22
		50	68,34
		100	245,9
	30/10/2021	3	60,95
		50	70,6
		100	254,4
	27/11/2021	3	63,02
		50	71,57
		100	248,5
	25/12/2021	3	63,02
		50	71,57
		100	248,5

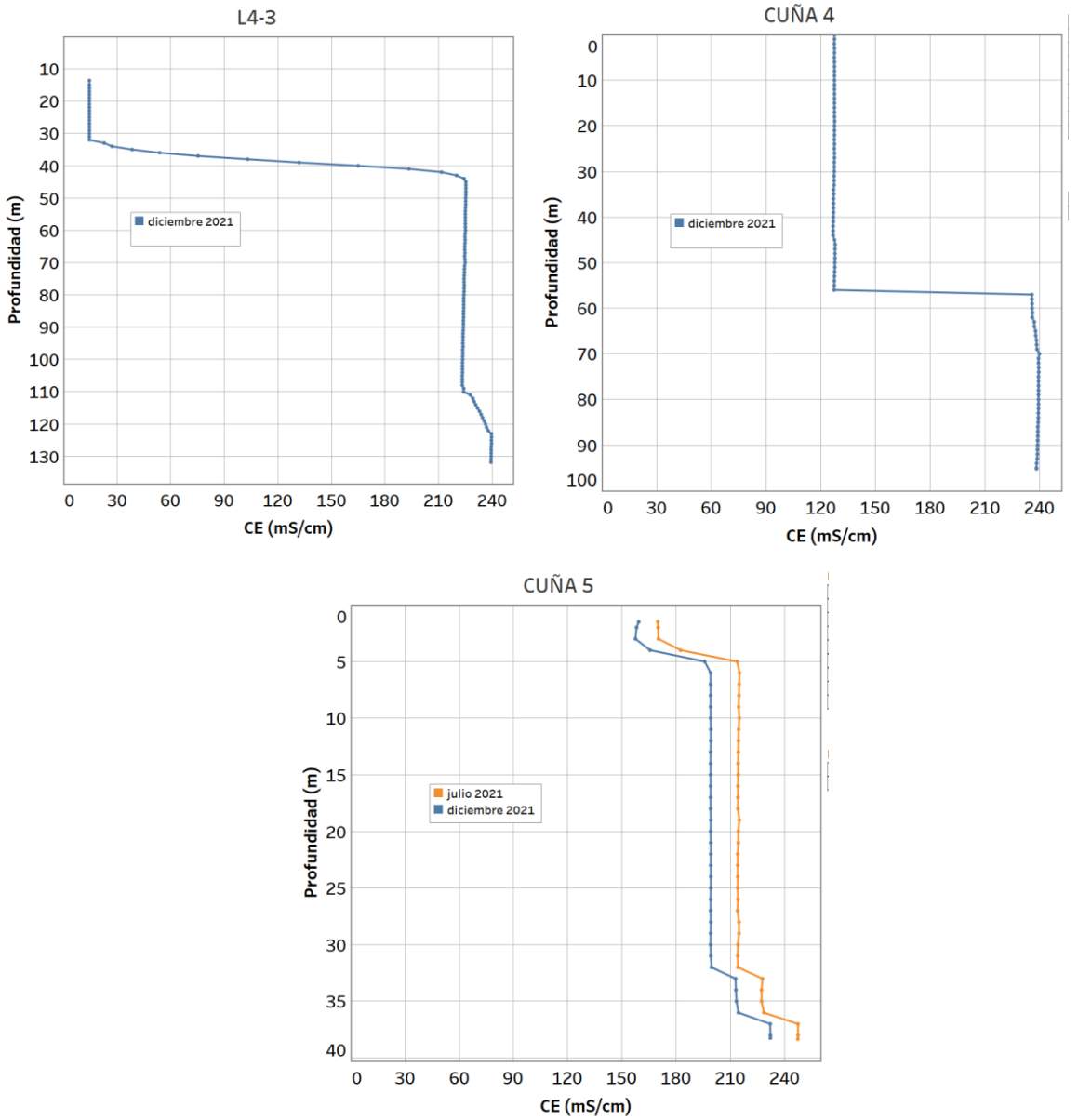
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-51: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2021



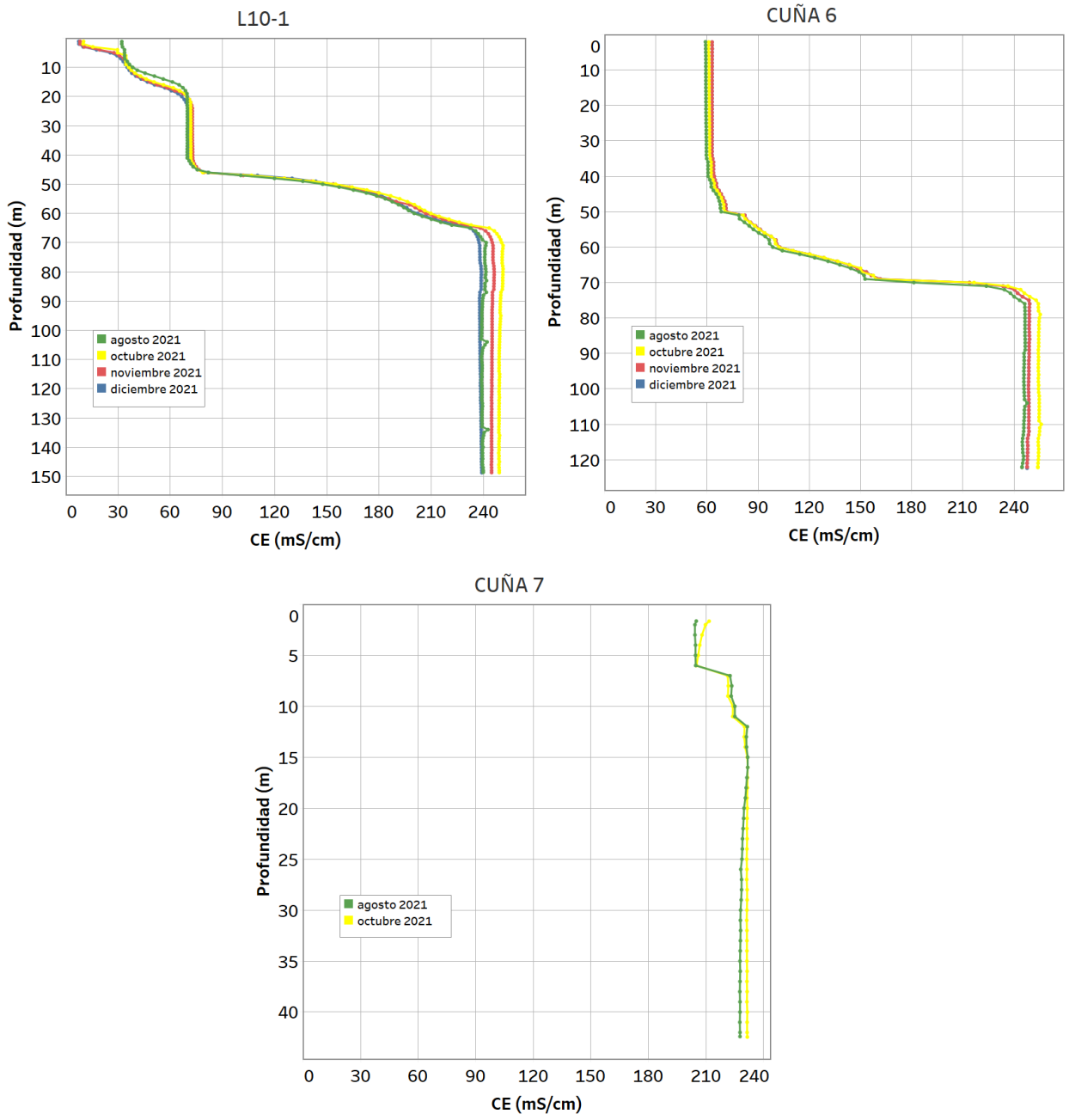
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-52: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a diciembre de 2021



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-53 Registro de CE para los pozos L10-1, Cuña 6 y Cuña 7 a diciembre de 2021



Fuente: Elaboración propia.

5.2 MONITOREO Y ESTADO 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 4.3.8 del presente informe. Según lo indicado en dicha sección, en el presente informe se consideran los siguientes sistemas objeto del Plan de Contingencias (Tabla 5-86).

Tabla 5-86: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno

Plan de contingencias comprometido en la RCA 226/2006	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

En las siguientes secciones, los resultados del monitoreo en cada indicador de estado se muestran en forma numérica y gráfica organizados por sistemas, junto con los umbrales de activación de medidas de contingencia definidos para cada uno de ellos (Fase I, Fase II o ambas, en función de cada caso particular). Debido a que a partir de diciembre de 2018 existe el compromiso de monitorear los indicadores con frecuencia diaria, recogido en el PdC[54], y para facilitar la presentación y análisis de la información recopilada durante el periodo reportado, en esta sección se presentan las tablas de resultados sólo con los valores mínimos y máximos mensuales de nivel o descenso, según corresponda, mientras que en los gráficos se presenta la totalidad de las mediciones realizadas.

En la línea de lo anterior, la descripción del contexto del monitoreo de cada uno de estos indicadores; las situaciones que hayan podido impedir el acceso a los puntos y/o las medidas adicionales efectuadas por parte de SQM u otra entidad a cargo de la auditoría ambiental

[54] Ver referencias vigentes al PdC en el apartado 4.7.

independiente, se ha descrito en el anterior apartado (5.1 Monitoreo de variables del Plan de Seguimiento). Por lo que se menciona de nuevo que el objetivo del presente apartado es la comparación de los resultados del segundo semestre de 2021 con los umbrales respectivos, para hacer especial mención a aquellas situaciones en que se haya activado algunas de las fases del PC.

En la Tabla 5-87 se presenta un resumen del estado en que se encuentran todos los indicadores para este segundo semestre de 2021; puede verse que, al término del presente periodo de reporte, los indicadores de Soncor L1-G4 Reglilla y L1-5 se han mantenido con la Fase II activada. A continuación, se muestra con más detalle cada uno de los sistemas. El análisis de la superación de umbrales y sus causas, en caso de existir, se presentan en el Capítulo 6 del presente informe (capítulo de discusión).

Tabla 5-87: Estado del Plan de Contingencias

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RCA 226/2006	Soncor	Soncor	L1-5	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
			L1-4	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L7-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L1-G4 REGLILLA	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴
	Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	L5-8	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-8	🟢	🟢	S/I	🟢	🟢	🟢
			L3-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-9	S/I	🟢	🟢	S/I	🟢	S/I
			L5-10	S/I	🟢	🟢	S/I	🟡	🔴
			L4-12	S/I	🟢	🟢	S/I	🟢	🟢
	Vegetación Borde Este	Hidromorfa	L7-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-10	🟢	S/I	S/I	🟢	🟢	🟢
			L1-17	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-27	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
		Brea-Atriplex	L7-6	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L2-7	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L3-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-7	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L1-3	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L2-28	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
		Alerta Temprana	L7-13	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-25	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-11	S/I	🟢	🟢	S/I	🟢	S/I
			L4-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
PdC presentado en proceso SMA F-041-2016	N.A.	Alerta Temprana	1028	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L10-11	🟢	🟢	🟡	🟡	🟡	🟡
			L10-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			PN-05B*	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			PN-08A*	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Pozos adicionales	N.A.	Brea-Atriplex	L2-25	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-14	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-17	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-2	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
		Alerta Temprana	L2-26	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-15	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢

* Información de los indicadores de estado PN-05B y PN-08A extraída del Informe Anual del PSAH del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema e Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama", del titular ALBEMARLE. Documento obtenido desde SNIFA. Estado del indicador sujeto a la notificación de activación que efectúe la Superintendencia del Medio Ambiente, de acuerdo a lo indicado en el Programa de Cumplimiento propuesto en el proceso F-041-2016

🟢 Sin fases activadas
🟡 Fase I activada
🔴 Fase II activada
S/I Sin información

5.2.1 SISTEMA SONCOR

Los indicadores de estado que conforman el Plan de Contingencias del Sistema Soncor son los piezómetros L1-5, L7-4 y L1-4 y el L1-G4 Reglilla. La frecuencia de medición en estos 4 indicadores es diaria, de acuerdo con lo comprometido en el PdC. Las medidas diarias son tomadas por SQM, no obstante, tal y como se ha descrito en el capítulo de resultado del monitoreo (5.1), SQM solicitó a la ETFA SEGEA que realizara mediciones adicionales con el objetivo de contrastar los resultados y asegurar así un mejor seguimiento de los indicadores de estado. Adicionalmente al monitoreo manual, en el punto L7-4 SQM dispone de un transductor de presión para medición continua del nivel.

Los resultados del monitoreo de nivel en estos indicadores, junto con los umbrales correspondientes se presentan de forma numérica (Tabla 5-88) y gráfica (Figura 5-54, Figura 5-55 y Figura 5-57); en la tabla se indican los registros manuales mensuales máximos y mínimos obtenidos por SQM, y gráficamente se presentan las mediciones manuales diarias junto con los resultados del monitoreo continuo (en el caso que corresponda), y los umbrales de cada indicador. Todos los niveles de agua/salmuera se expresan en m s.n.m. y datum WGS-84 considerando elipsoide de referencia GRS80.

De la información presentada puede verse que los puntos L1-5 y L1-G4 Reglilla partieron el segundo semestre de 2021 con la Fase II activada (hecho que fue descrito en el anterior informe Nº 29). Durante este semestre reportado se ha mantenido esta situación, ya que no se ha producido ningún evento de lluvia que pudiera producir la elevación del nivel para su desactivación.

Por otro lado, tal y como establece la RCA 226/2006, en el caso de estos indicadores es necesario elaborar un informe de efectividad de la medida a los seis meses de la activación. Este trabajo fue entregado el día 12 de octubre de 2021 (durante el presente semestre reportado) mediante la carta conductora GMPL 204/2021. En el análisis se pudo concluir que la medida era efectiva en lo que se refiere a la contribución de SQM en el descenso de los indicadores, la que se estimó marginal en el informe de investigación correspondiente (entregado en octubre de 2021); la extracción de salmuera contribuye parcialmente al descenso y actúa como un factor contribuyente

al cambio adicional sobre el comportamiento de los niveles, pero no gatillante por sí solo en la activación de fase II.

Por otro lado, del análisis presentado en el Informe de Efectividad de la Medida, se extrajo que el estado de la laguna Barros Negros es bueno; sus niveles y superficie se mantienen dentro de los rangos históricos. Lo que además revela que los indicadores o los umbrales no son adecuados para el propósito definido.

Respecto al L7-4, desde el 05 de junio de 2021 y hasta el cierre segundo semestre 2021 este indicador se mantiene con la Fase I activada. No ha sido necesario efectuar medidas adicionales producto de las activaciones de Fase I (aumento de la frecuencia de medición), ya que todos los indicadores son medidos permanentemente de forma diaria de acuerdo con la Acción 6 del PdC.

Tabla 5-88: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes

L1-5		
Umbral Fase I	2.299,40	
Umbral Fase II	2.299,29	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.299,182	2.299,204
Ago 2021	2.299,170	2.299,182
Sep 2021	2.299,163	2.299,172
Oct 2021	2.299,155	2.299,166
Nov 2021	2.299,145	2.299,155
Dic 2021	2.299,137	2.299,145

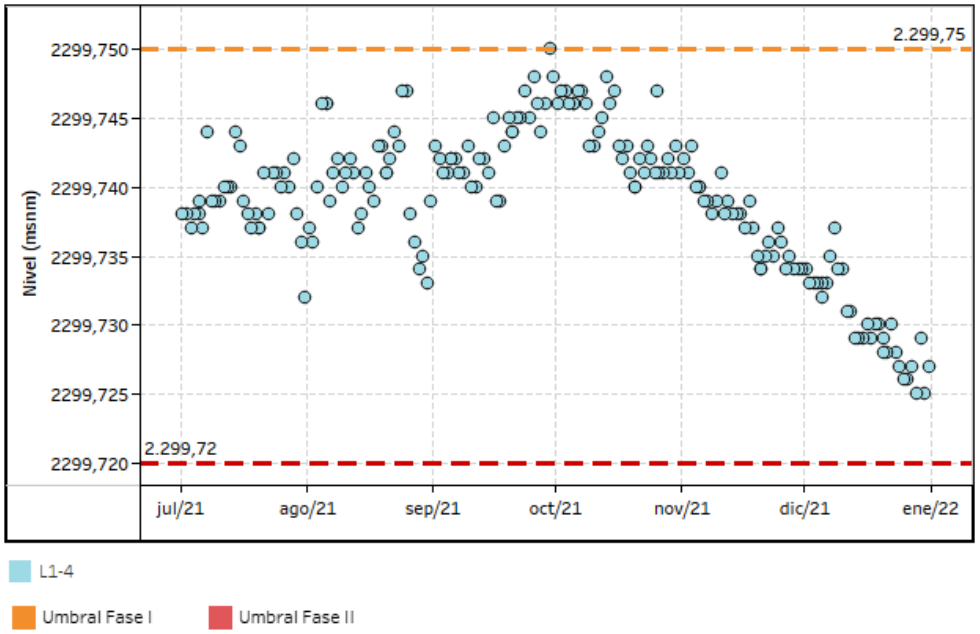
L7-4		
Umbral Fase I	2.302,20	
Umbral Fase II	2.302,18	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.302,260	2.302,260
Ago 2021	2.302,264	2.302,264
Sep 2021	2.302,271	2.302,271
Oct 2021	2.302,271	2.302,272
Nov 2021	2.302,267	2.302,268
Dic 2021	2.302,260	2.302,261

L1-G4 REGLILLA		
Umbral Fase I	2.299,46	
Umbral Fase II	2.299,30	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.299,200	2.299,222
Ago 2021	2.299,187	2.299,201
Sep 2021	2.299,179	2.299,189
Oct 2021	2.299,167	2.299,180
Nov 2021	2.299,156	2.299,167
Dic 2021	2.299,145	2.299,155

L1-4		
Umbral Fase I	2.299,75	
Umbral Fase II	2.299,72	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.299,732	2.299,744
Ago 2021	2.299,733	2.299,747
Sep 2021	2.299,739	2.299,750
Oct 2021	2.299,740	2.299,748
Nov 2021	2.299,734	2.299,743
Dic 2021	2.299,725	2.299,737

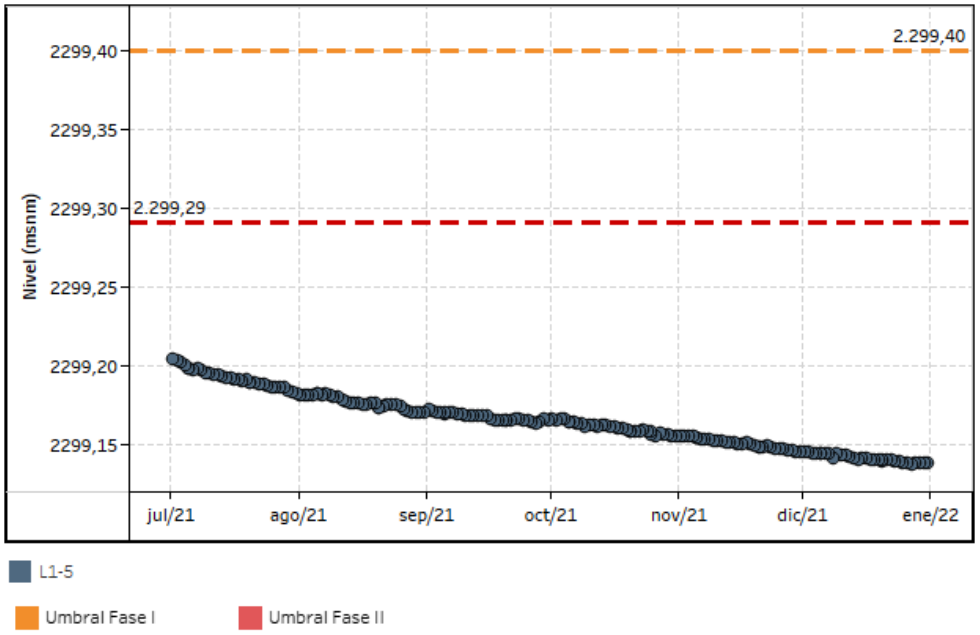
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC. El sombreado naranjo indica valores inferiores a la Fase II del PC.

Figura 5-54: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



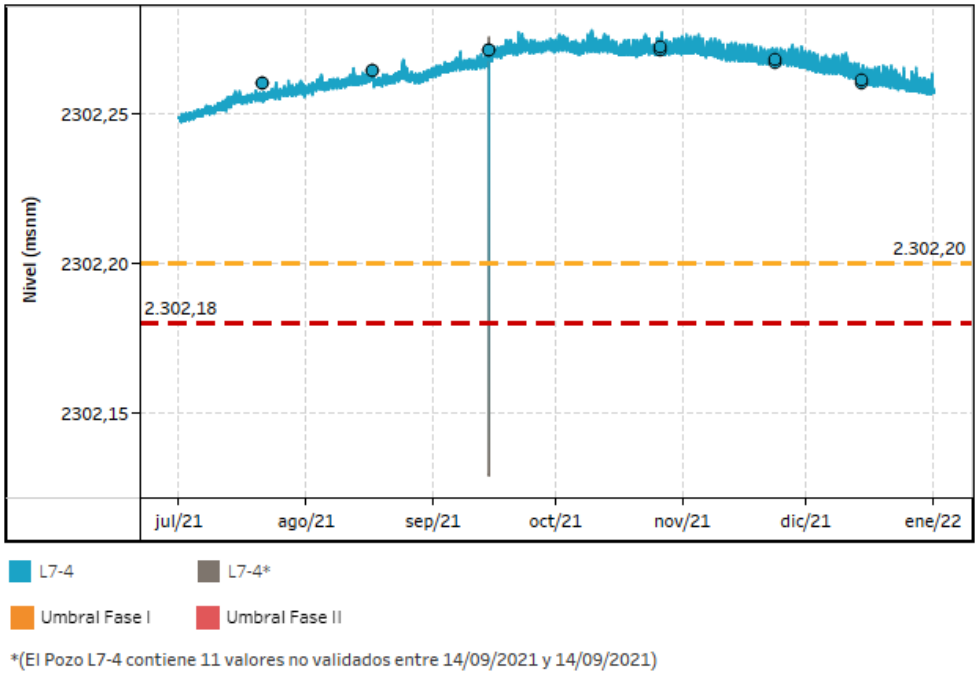
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-55: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



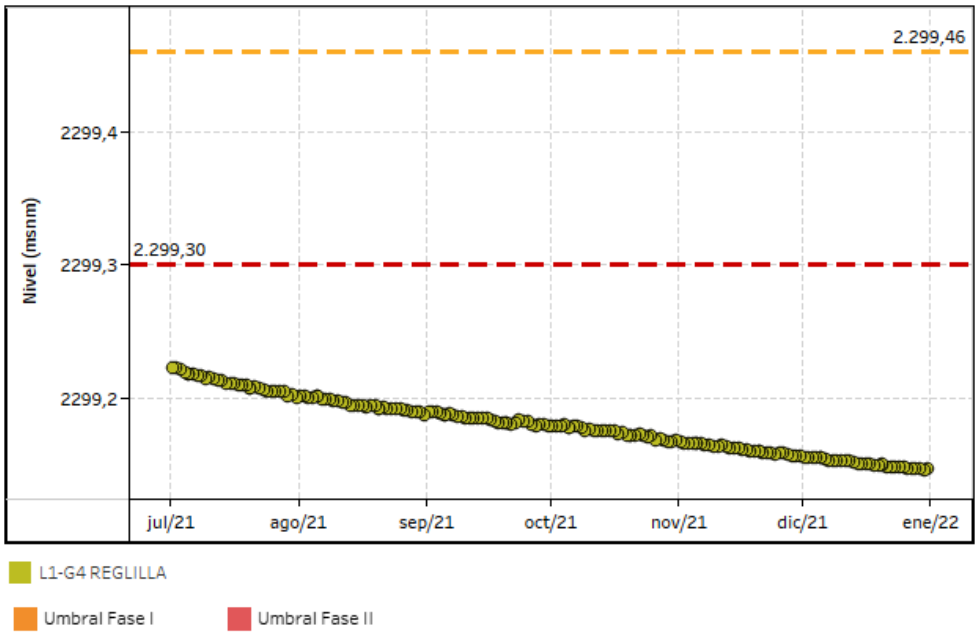
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-56: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L7-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-57: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



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 y L4-8, L4-12, L5-8 y L5-10. Se realizaron las mediciones manuales con frecuencia diaria en los puntos en los que no se tuvo restricción de acceso, según lo comprometido en el PdC. Adicionalmente, SQM solicitó a la ETFA SEGEA que realizara mediciones con el objetivo de contrastar los resultados y asegurar así un mejor seguimiento de los indicadores de estado. Además del monitoreo manual, en todos los puntos indicadores de este sistema, SQM dispone de un transductor de presión para medición continua de nivel.

Los niveles resultantes se han mostrado en el anterior apartado 5.1; en este apartado se muestran los descensos resultantes en comparación con los umbrales del PC. De esta forma se presentan de forma numérica en la Tabla 5-89 y de forma gráfica en la Figura 5-67. En las tablas se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales de SQM, y gráficamente se presentan todos los resultados de los descensos diarios, junto con los valores del monitoreo continuo y las mediciones de la ETFA (en forma de descenso calculado).

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

Solo los indicadores L3-5 y L5-8 han sido medidos de forma regular durante este semestre, ya que el resto se encuentran dentro de la reserva. Los indicadores restantes (L3-9, L4-12, L4-8 y L5-10) no disponen de todas las mediciones mensuales, no obstante, a partir de los datos continuos y de las medidas manuales disponibles es posible conocer su estado respecto los umbrales.

Para el presente semestre reportado, puede verse que para el sistema Aguas de Quelana, el indicador L5-10 activó la Fase I el día 03 de noviembre (2021) lo que fue informado mediante la carta GMPL 217/2021. Posteriormente, al siguiente mes, se sobrepasó el umbral de Fase II (el día 29 de diciembre 2021) lo que fue informado mediante la carta GMPL 248/2021.

La activación de la Fase II del PC conlleva la elaboración de un informe de investigación que debe ser entregado a los 30 días de la activación y tiene por objetivo un análisis preliminar de las causas que han llevado a esta activación. Este informe fue entregado el día 28 de enero (2022) a través de la carta conductora GMAL 015/2022. Las conclusiones de este análisis proponían que las causas que llevaron a este indicador a activarse tienen como origen los descensos que producidos por las extracciones de salmuera de SQM (mayoritariamente) y Albemarle en el núcleo (causas antrópicas), junto con el periodo seco que se viene observando desde el 2020 (causas naturales). No obstante lo anterior, del análisis también se extrajo que el objeto de protección cuerpos de agua superficiales dispersos de Aguas de Quelana se encontraba dentro de su variación histórica.

Cabe decir que, al cierre de la edición del presente reporte, este indicador se mantiene con la Fase II activada. Tal y como establece la RCA 226/2006, es requerido elaborar un informe de efectividad de la medida, el que será entregado el 29 de junio de 2022.

Tabla 5-89: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes

L3-5		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,286	-0,267
Ago 2021	-0,304	-0,286
Sep 2021	-0,317	-0,305
Oct 2021	-0,319	-0,311
Nov 2021	-0,311	-0,284
Dic 2021	-0,283	-0,244

L3-9		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	-0,029	-0,029
Sep 2021	-0,033	-0,033
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	-0,019	-0,019
Dic 2021	S/I	S/I

L4-8		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,006	-0,005
Ago 2021	-0,005	-0,005
Sep 2021	S/I	S/I
Oct 2021	0,002	0,002
Nov 2021	0,004	0,004
Dic 2021	0,006	0,006

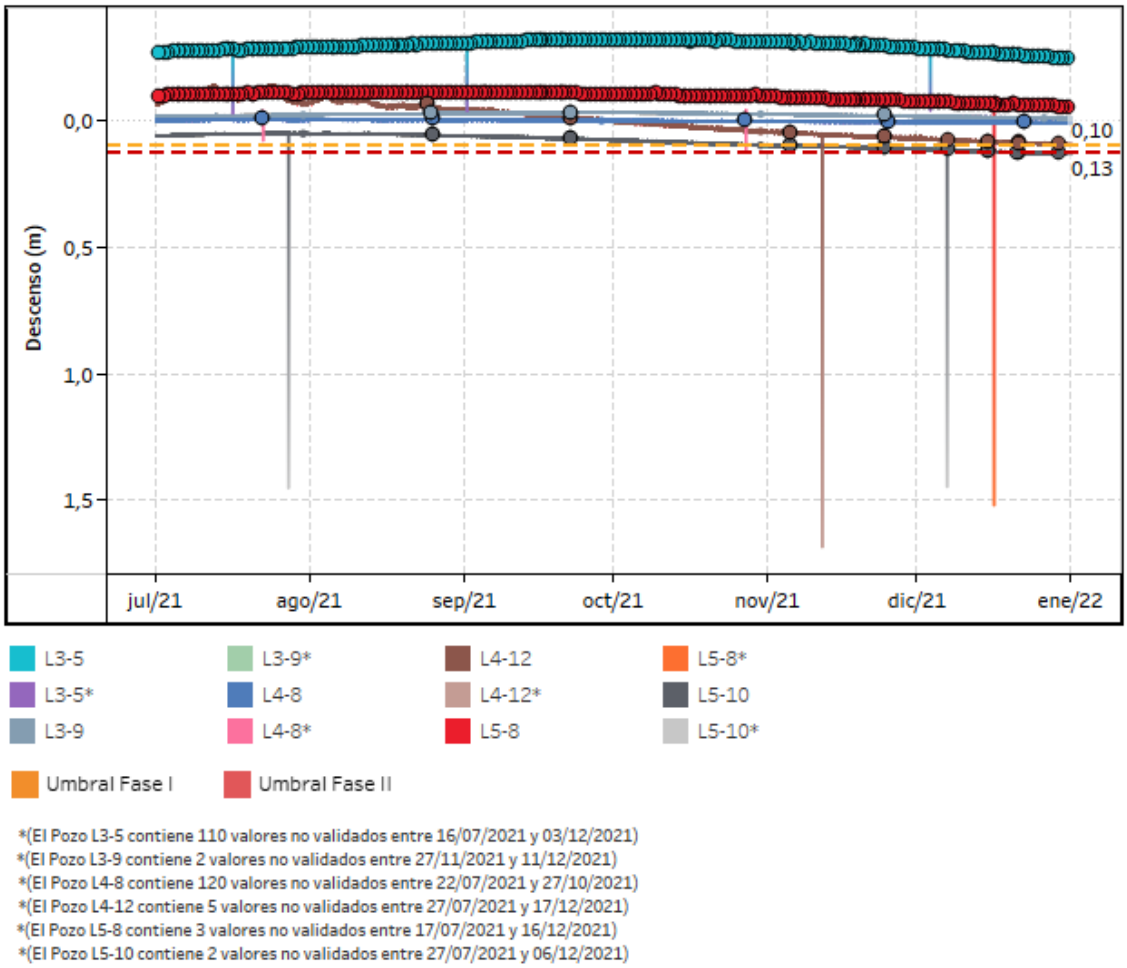
L4-12		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	-0,063	-0,063
Sep 2021	-0,009	-0,009
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	0,049	0,066
Dic 2021	0,077	0,091

L5-8		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,107	-0,095
Ago 2021	-0,108	-0,105
Sep 2021	-0,109	-0,101
Oct 2021	-0,105	-0,092
Nov 2021	-0,092	-0,075
Dic 2021	-0,073	-0,051

L5-10		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	0,056	0,056
Sep 2021	0,069	0,069
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	0,097	0,108
Dic 2021	0,117	0,130

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. Sistema referencia WGS-84. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC. El sombreado naranjo indica valores inferiores a la Fase II del PC.

Figura 5-58: 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.

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. La frecuencia de medición comprometida en estos 6 indicadores es diaria, de acuerdo con el PdC propuesto a la SMA. Adicionalmente al monitoreo manual, se cuenta con las mediciones continuas en el piezómetro L3-5, según lo comprometido en la RCA Nº226/2006.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-90) y gráfica (Figura 5-59). En la tabla, se muestran los valores de descensos

mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales de SQM, y gráficamente se presentan todos los descensos diarios, incluyendo los resultados del monitoreo continuo, los umbrales de cada indicador y las mediciones de la ETFA (en forma de descenso calculado).

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 33 cm, mientras que para la Fase II, el descenso máximo fijado es de 38 cm. Lo anterior es respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (mayo de 2007).

Solo el indicador L4-10 no dispone de las mediciones diarias comprometida para este segundo semestre de 2021, ya que se encuentra dentro de RNF. No obstante, es posible determinar que ninguno de los indicadores de este sistema ha sobrepasado ninguno de los umbrales definidos.

Tabla 5-90: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este Vegetación Hidromorfa

L7-3		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,142	0,185
Ago 2021	0,115	0,142
Sep 2021	0,106	0,115
Oct 2021	0,108	0,132
Nov 2021	0,133	0,169
Dic 2021	0,171	0,215

L2-4		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,009	0,026
Ago 2021	0,004	0,010
Sep 2021	0,003	0,012
Oct 2021	0,011	0,028
Nov 2021	0,028	0,049
Dic 2021	0,050	0,077

L3-5		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,286	-0,267
Ago 2021	-0,304	-0,286
Sep 2021	-0,317	-0,305
Oct 2021	-0,319	-0,311
Nov 2021	-0,311	-0,284
Dic 2021	-0,283	-0,244

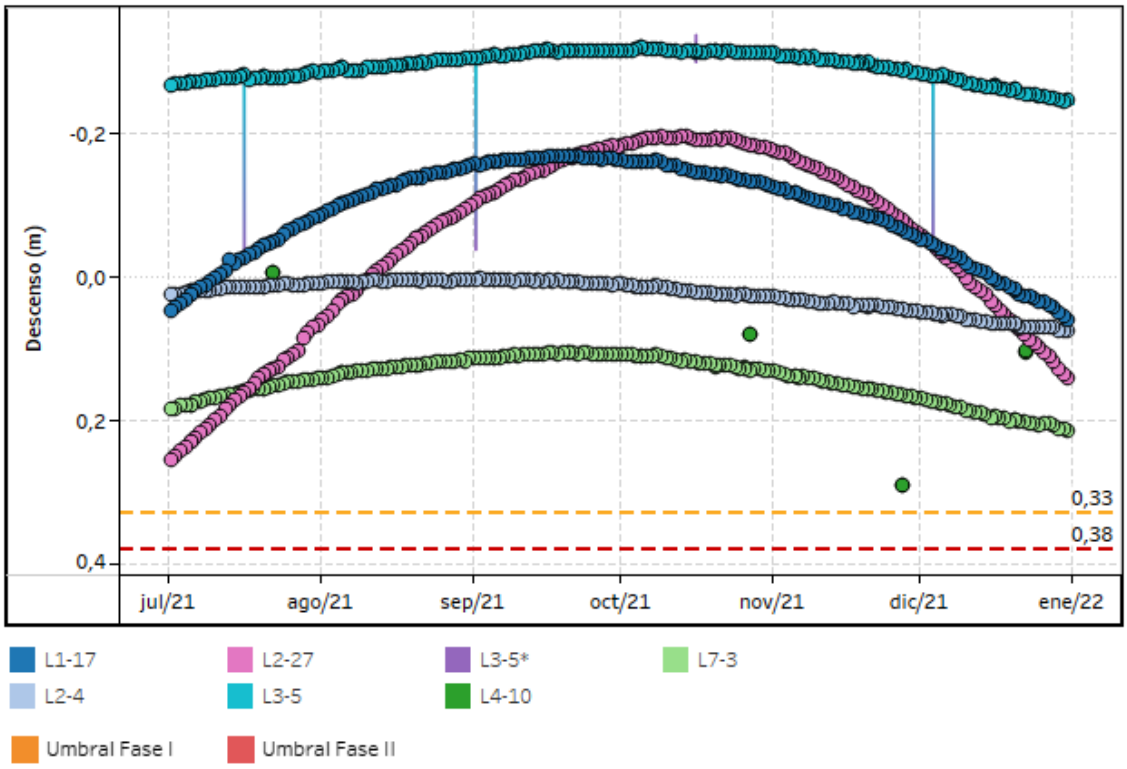
L4-10		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,006	-0,006
Ago 2021	S/I	S/I
Sep 2021	S/I	S/I
Oct 2021	0,081	0,081
Nov 2021	0,291	0,291
Dic 2021	0,105	0,106

L1-17		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,083	0,048
Ago 2021	-0,154	-0,087
Sep 2021	-0,168	-0,156
Oct 2021	-0,162	-0,127
Nov 2021	-0,125	-0,056
Dic 2021	-0,052	0,060

L2-27		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,069	0,257
Ago 2021	-0,100	0,061
Sep 2021	-0,182	-0,105
Oct 2021	-0,196	-0,177
Nov 2021	-0,174	-0,062
Dic 2021	-0,056	0,143

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

Figura 5-59: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa



Fuente: Elaboración propia.

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, L4-7, L7-6 y L9-1. La frecuencia de medición en estos 7 indicadores está definida como diaria, de acuerdo con lo comprometido en el PdC. Adicionalmente al monitoreo manual, se disponen de mediciones continuas en el piezómetro L4-7, según lo comprometido en la RCA Nº 226/2006.

Los resultados del monitoreo para el presente periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-91) y gráfica (Figura 5-60). En la tabla se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales de SQM. En la figura se presentan todos los descensos diarios, incluyendo los resultados del

monitoreo continuo, los umbrales de cada indicador y las mediciones de la ETFA (en forma de descenso calculado).

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 50 cm, mientras que para la Fase II, el descenso máximo fijado es de 1 m. Lo anterior es respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (mayo de 2007).

Puede verse que los indicadores L7-6, L2-7 y L1-3 se han mantenido durante este periodo con la Fase I activada. Esta situación se ha mantenido invariable desde 2015 en el caso del L7-6 y desde la segunda mitad del año 2019 en el caso del L1-3 y L2-7.

El indicador L2-28 inició el segundo semestre (2021) con la Fase I activada, la que se produjo el 26 de noviembre de 2020, lo que fue descrito en el informe PSAH correspondiente al segundo semestre 2020 (informe PSAH Nº28).

No ha sido necesario efectuar medidas adicionales producto de las activaciones de Fase I (aumento de la frecuencia de medición), ya que todos los indicadores ya son medidos de forma diaria de acuerdo con la Acción 6 del PdC.

Tabla 5-91: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este- Vegetación Brea-Atriplex

L7-6		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,713	0,737
Ago 2021	0,711	0,730
Sep 2021	0,698	0,723
Oct 2021	0,695	0,717
Nov 2021	0,687	0,710
Dic 2021	0,685	0,705

L2-7		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,584	0,591
Ago 2021	0,575	0,586
Sep 2021	0,567	0,575
Oct 2021	0,560	0,568
Nov 2021	0,560	0,567
Dic 2021	0,565	0,577

L3-3		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,310	0,324
Ago 2021	0,300	0,312
Sep 2021	0,294	0,299
Oct 2021	0,296	0,320
Nov 2021	0,321	0,369
Dic 2021	0,373	0,424

L1-3		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,617	0,627
Ago 2021	0,611	0,620
Sep 2021	0,605	0,612
Oct 2021	0,600	0,607
Nov 2021	0,604	0,610
Dic 2021	0,610	0,625

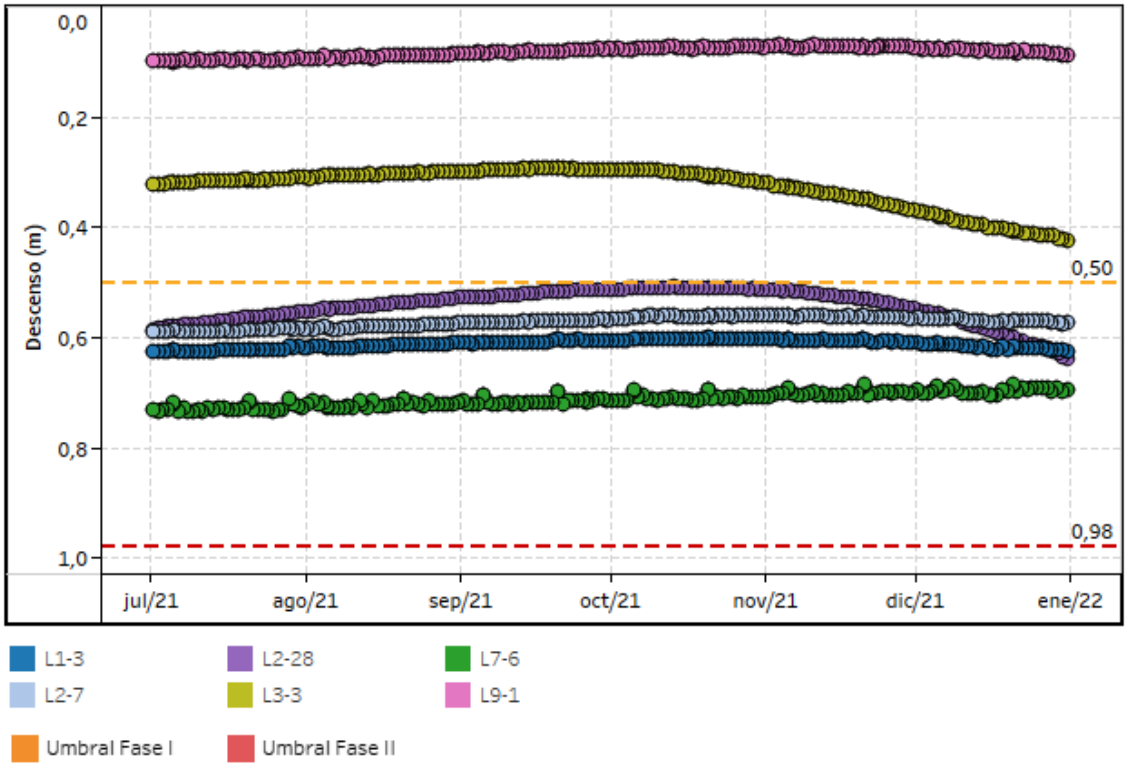
L2-28		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,554	0,587
Ago 2021	0,529	0,553
Sep 2021	0,513	0,528
Oct 2021	0,509	0,514
Nov 2021	0,515	0,548
Dic 2021	0,550	0,640

L4-7		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,024	0,030
Ago 2021	0,023	0,027
Sep 2021	0,022	0,029
Oct 2021	0,027	0,034
Nov 2021	0,032	0,038
Dic 2021	0,036	0,044

L9-1		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,092	0,101
Ago 2021	0,087	0,095
Sep 2021	0,077	0,087
Oct 2021	0,071	0,078
Nov 2021	0,070	0,076
Dic 2021	0,076	0,089

Fuente: Elaboración propia. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC.

Figura 5-60: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex



Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: ALERTA TEMPRANA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Brea-Atriplex – Alerta temprana son los piezómetros L7-13, L2-25, L3-11, L4-3 y L9-1. La frecuencia de medición en estos 5 indicadores está definida como diaria, de acuerdo con lo comprometido en el PdC propuesto a la SMA.

De acuerdo con lo establecido en la evaluación ambiental del Proyecto, los pozos de monitoreo que constituyen el Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este: Zona Alerta Temprana sólo poseen umbrales de activación de Fase II, límites fijados con el objeto de asegurar un descenso máximo de 1 m en la zona de conexión vegetación-acuífero. Así, el umbral de descenso para cada punto de Alerta Temprana, respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo (mayo de 2007), depende de la ubicación específica de cada indicador de estado, variando entre 0,82 y 1,25 m.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-92) y gráfica (Figura 5-61, Figura 5-62, Figura 5-63 y Figura 5-64), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales de SQM y gráficamente se presentan todos los descensos diarios, incluyendo los umbrales de cada indicador y las mediciones de la ETFA (en forma de descenso calculado).

El L3-11 es el único indicador de este grupo que no dispone de mediciones regulares para este semestre, ya que se encuentra dentro de RNF. No obstante, de la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, ninguno de los indicadores con mediciones disponibles superó el umbral correspondiente.

Tabla 5-92: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes

L4-3		
Umbral Fase II	0,82	
Mes	Descenso (m) Min	Max
Jul 2021	-2,525	-2,487
Ago 2021	-2,520	-2,488
Sep 2021	-2,535	-2,514
Oct 2021	-2,544	-2,496
Nov 2021	-2,519	-2,499
Dic 2021	-2,531	-2,512

L2-25		
Umbral Fase II	0,88	
Mes	Descenso (m) Min	Max
Jul 2021	-0,060	-0,053
Ago 2021	-0,056	-0,052
Sep 2021	-0,059	-0,055
Oct 2021	-0,059	-0,053
Nov 2021	-0,056	-0,052
Dic 2021	-0,054	-0,047

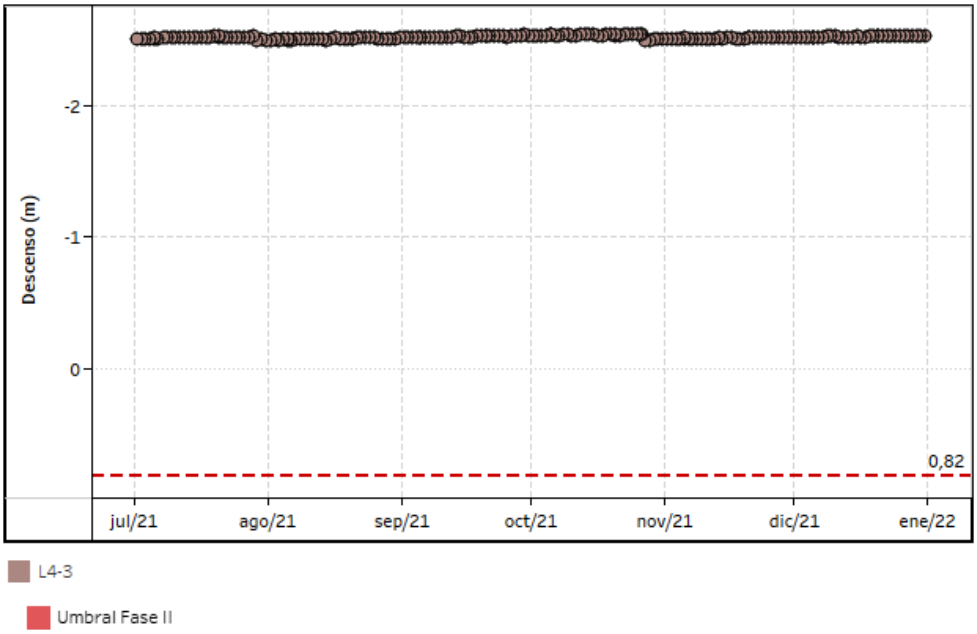
L7-13		
Umbral Fase II	1,25	
Mes	Descenso (m) Min	Max
Jul 2021	0,570	0,584
Ago 2021	0,564	0,576
Sep 2021	0,554	0,565
Oct 2021	0,544	0,558
Nov 2021	0,540	0,549
Dic 2021	0,540	0,552

L3-11		
Umbral Fase II	0,86	
Mes	Descenso (m) Min	Max
Jul 2021	S/I	S/I
Ago 2021	-0,003	-0,003
Sep 2021	-0,003	-0,003
Oct 2021	S/I	S/I
Nov 2021	0,003	0,003
Dic 2021	S/I	S/I

L9-1		
Umbral Fase II	0,86	
Mes	Descenso (m) Min	Max
Jul 2021	0,092	0,101
Ago 2021	0,087	0,095
Sep 2021	0,077	0,087
Oct 2021	0,071	0,078
Nov 2021	0,070	0,076
Dic 2021	0,076	0,089

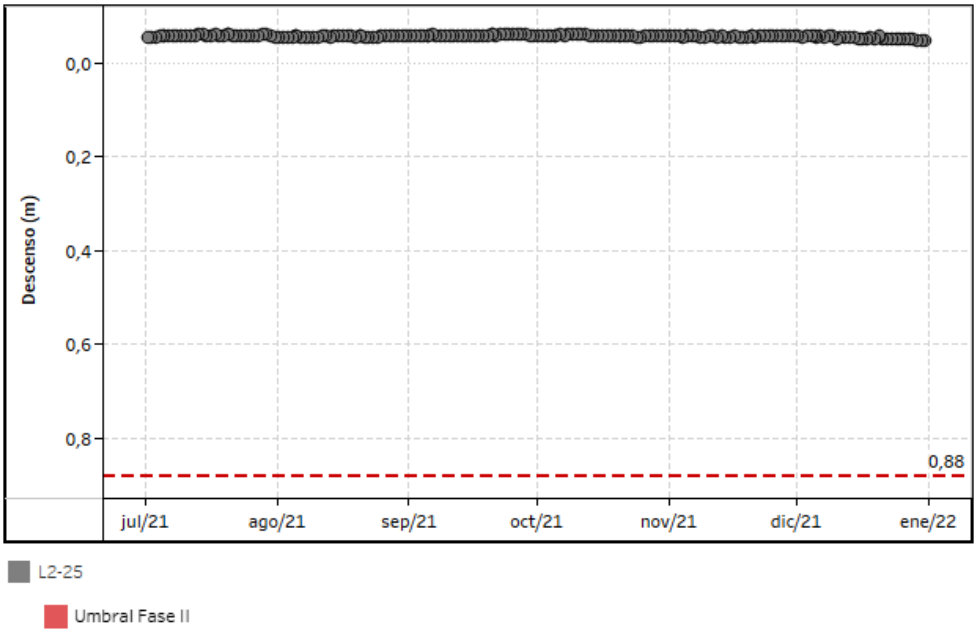
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información.

Figura 5-61: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



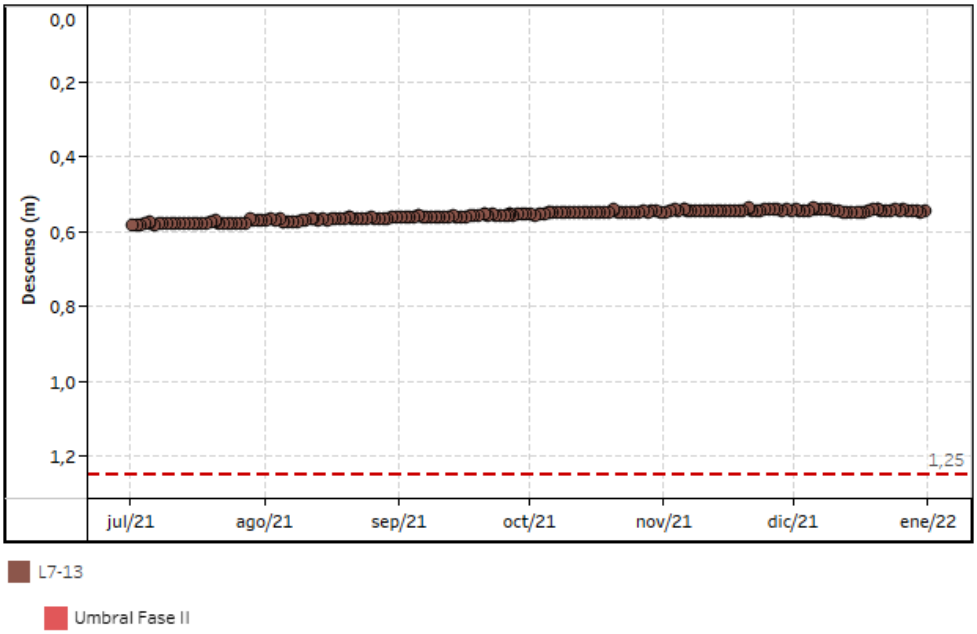
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-62: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



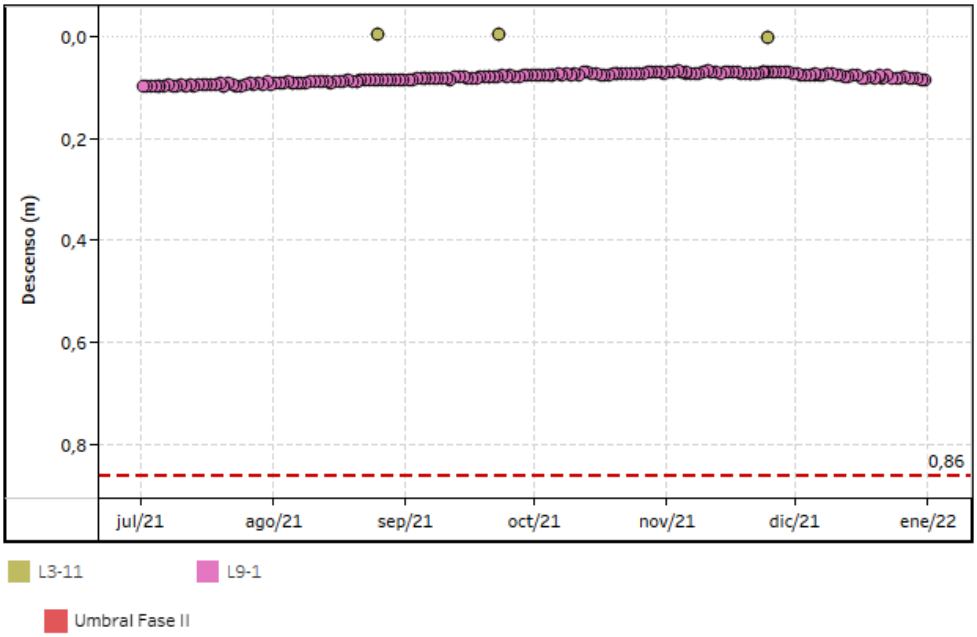
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-63: 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.

Figura 5-64: 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.

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 Programa de Cumplimiento propuesto en el procedimiento F-041-2016, y cuyo cumplimiento fue exigido en el marco de las medidas provisionales dictadas mediante Res. Ex. N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, y renovadas en sucesivas oportunidades hasta la fecha, 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)[55]. Las especificaciones y fundamentos técnicos de estos indicadores, umbrales y medidas de control aplicables al sistema Peine se presentan en los anexos 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 del PdC propuesto a la SMA, los que se adjuntan en el Anexo 12 del presente informe.

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. 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. Para el periodo reportado, no se ha producido dicha comunicación, por lo que se entiende que no ha habido activación de la Fase II en estos indicadores.

De acuerdo con lo comprometido en el PdC propuesto a la SMA, las mediciones en los puntos 1028, L10-11 y L10-4 deben realizarse de forma diaria, aunque como ya se ha descrito en el anterior apartado (5.1) no siempre ha podido mantenerse esta frecuencia por la prohibición de

[55] Adicionalmente, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas en sucesivas oportunidades hasta la fecha, disponiendo la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

acceso a las áreas donde se encuentran los puntos por parte de la Comunidad de Peine. Los resultados del monitoreo de nivel en los indicadores de estado para el presente semestre a reportar se presentan de forma numérica (Tabla 5-93) y gráfica (Figura 5-65, Figura 5-66 y Figura 5-67). Numéricamente se indican los registros manuales mensuales máximos y mínimos tomados por SQM, y gráficamente se presentan las mediciones manuales diarias de SQM (medidas comprometidas) junto con las mediciones mensuales adicionales de la ETFA. Todos los niveles de agua se expresan en m s.n.m. y datum WGS-84 considerando elipsoide de referencia GRS80.

Con fecha 30 de septiembre (segundo semestre de 2021) se generó la condición de activación de Fase I en el pozo L10-11; adicional a la medición realizada en dicha fecha, que activa Fase I conforme a lo establecido en la observación 109[56] de Res. Ex. 34/Rol F-041-2016, si se considera el promedio mensual de los datos diarios de los tres últimos meses consecutivos en el punto L10-11, al término del mes de septiembre de 2021 se habría generado igualmente la condición de activación vigente previo a la presentación del programa de cumplimiento refundido de 29 de septiembre de 2021, por haberse registrado durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2021 promedios mensuales de cota de nivel inferiores a los umbrales aplicables a cada período. Para ello se ha considerado el promedio mensual de los datos diarios, considerando la implementación de mediciones diarias, conforme a la Acción 5 del programa de cumplimiento refundido[57].

Tal y como se describe entonces en el párrafo anterior, la activación de Fase I del indicador L10-11 corresponde al segundo semestre 2021 y fue informada el día 30 de septiembre de 2021 mediante la carta GMPL 185/2021. De esta forma, y tal y como establece el PdC, es compromiso elaborar un informe que aplique la Herramienta de Verificación de Efecto Sinérgico (HVES) que permita cuantificar el porcentaje de responsabilidad de cada actor (incluyendo el efecto natural) sobre el descenso de nivel que lleva a esta situación. Este trabajo debe ser entregado a los seis

[56] En esta observación, la Superintendencia del Medio Ambiente requiere activar fase en los indicadores definidos para el Sistema Peine cuando se verifique durante cualquier día del mes que el nivel registrado en el respectivo indicador esté por bajo los umbrales de disminución de niveles freáticos".

[57] Anexo 4.03 del Programa de Cumplimiento, Res. Ex. 34/Rol F-041-2016.

meses de la activación y fue presentado el día 31 de mayo de 2022 a través de la carta conductora GMAL 055/2022.

La aplicación de la HVES, según la metodología descrita en el PdC permitió estimar porcentajes de contribución al descenso total para Albemarle y SQM. Sin embargo, no permitió identificar la contribución específica de cada uno de los proyectos de extracción de salmuera aprobados. A partir de un análisis de la metodología original se identificó que una evaluación secuencial de los proyectos de extracción de salmuera resulta importante para estimar las contribuciones específicas al efecto total, y abordar correctamente los efectos de la respuesta no lineal que pueden tener los niveles de salmuera a los caudales de extracción. Este tipo de respuesta, que está determinada por las condiciones de la salmuera precedentes a la operación de cada proyecto, implica que la contribución al descenso de un proyecto no necesariamente es proporcional a su caudal. Por lo anterior, se propusieron dos modificaciones puntuales a la metodología original. La primera consistió en una adecuada selección de los escenarios de simulación, en la que cada proyecto de extracción se adiciona a los anteriores secuencialmente. La segunda consistió en precisar el concepto de efecto de cada proyecto, reconociendo que este corresponde al descenso adicional generado a partir de las condiciones de nivel en el núcleo del salar que habrían ocurrido en su ausencia.

La aplicación de la metodología propuesta de la HVES permitió identificar la contribución porcentual de cada uno de los proyectos al efecto total conjunto, tanto en los pozos indicadores del sistema Peine como en cada punto asociado a la salmuera saturada dentro del núcleo. Las extracciones de Albemarle fueron divididas en dos proyectos: ALB1, para describir las extracciones de Albemarle previas a la RCA 21/2016, y ALB2 para describir las extracciones aprobadas en dicha RCA. Para septiembre de 2021, en el pozo L10-11, se estimó que las contribuciones porcentuales de los proyectos al efecto total corresponderían a 10,1%; 82,5% y 7,4% para ALB1, SQM y ALB2, respectivamente.

Cabe mencionar que con fecha posterior al segundo semestre 2021, el día 07 de febrero de 2022 se notificó la activación de Fase I también para el indicador 1028. A pesar de que su informe HVES correspondía ser entregado a los seis meses de esta fecha, se consideró adecuado incluir su análisis específico en el mismo informe HVES que el indicador L10-11 dada su próxima

ubicación y su mismo patrón de comportamiento de los niveles. Así de esta forma, para enero (2022) se estimó que las contribuciones porcentuales para el descenso de este indicador correspondían a 9,6%; 81,1% y 9,3% para los proyectos ALB1, SQM y ALB2, respectivamente (según misma terminología de los proyectos descrita anteriormente).

Tabla 5-93: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine

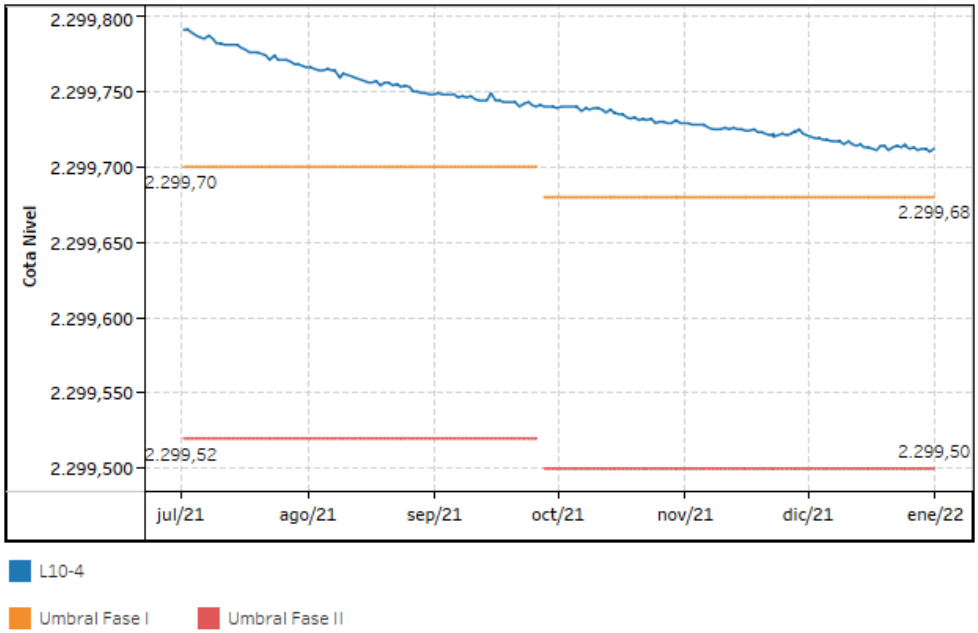
L10-4		
Umbral Fase I	27-9-20 al 26-9-21	2.299,70
	27-9-21 al 26-9-22	2.299,68
Umbral Fase II	27-9-20 al 26-9-21	2.299,52
	27-9-21 al 26-9-22	2.299,50
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.299,766	2.299,791
Ago 2021	2.299,748	2.299,766
Sep 2021	2.299,739	2.299,749
Oct 2021	2.299,729	2.299,740
Nov 2021	2.299,720	2.299,729
Dic 2021	2.299,710	2.299,720

1028		
Umbral Fase I	27-9-20 al 26-9-21	2.299,37
	27-9-21 al 26-9-22	2.299,35
Umbral Fase II	27-9-20 al 26-9-21	2.299,19
	27-9-21 al 26-9-22	2.299,17
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.299,395	2.299,413
Ago 2021	2.299,385	2.299,400
Sep 2021	2.299,381	2.299,390
Oct 2021	2.299,371	2.299,385
Nov 2021	2.299,367	2.299,377
Dic 2021	2.299,360	2.299,369

L10-11		
Umbral Fase I	27-9-20 al 26-9-21	2.299,32
	27-9-21 al 26-9-22	2.299,30
Umbral Fase II	27-9-20 al 26-9-21	2.299,11
	27-9-21 al 26-9-22	2.299,09
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2021	2.299,303	2.299,319
Ago 2021	2.299,292	2.299,306
Sep 2021	2.299,289	2.299,294
Oct 2021	2.299,281	2.299,292
Nov 2021	2.299,277	2.299,284
Dic 2021	2.299,270	2.299,278

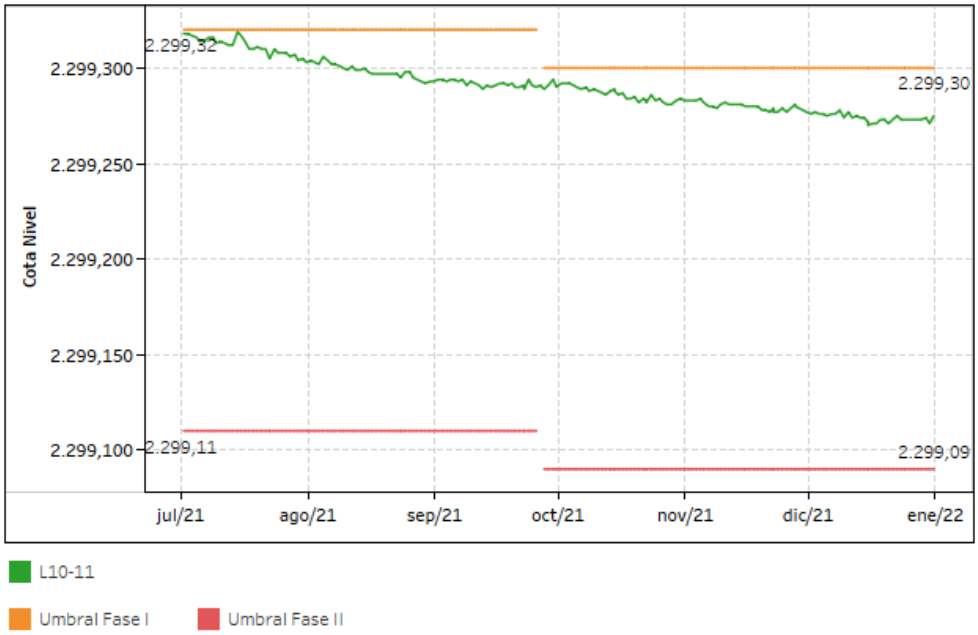
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC.

Figura 5-65: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine



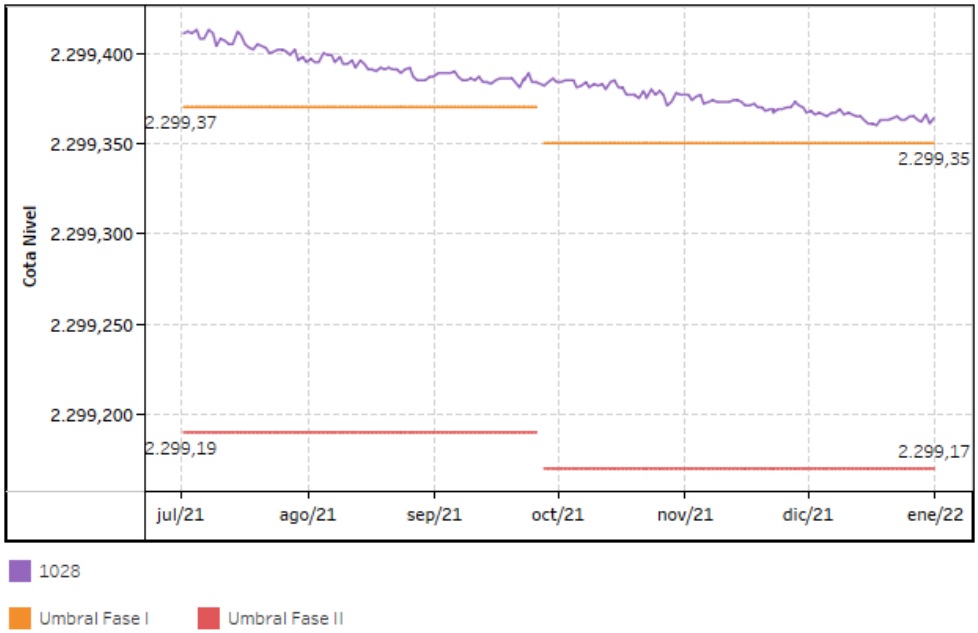
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-66: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-67: 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 Plan de Contingencias del proyecto, SQM contempla 6 indicadores de estado adicionales que complementan la red que conforma el PC 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. Estos 6 indicadores de estado adicionales corresponden a piezómetros de control del nivel de agua/salmuera, distribuidos en los subsistemas de Vegetación Brea-Atriplex y Zona Alerta Temprana, tal y como se indica la Tabla 5-94[58].

[58] En esta tabla se indican los subsistemas a los que pertenecen los indicadores adicionales a modo de recuerdo, ya que esta información se ha presentado con más detalle en el capítulo 4.

Tabla 5-94: 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 Zona Alerta Temprana sólo poseen umbrales de activación de Fase II, límites fijados con el objeto de asegurar que no se generen descensos superiores a 1 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 periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-95) y gráfica (Figura 5-68, Figura 5-69 y Figura 5-70), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales diarias de SQM y gráficamente se muestran todos los descensos diarios incluyendo los umbrales de cada indicador y las mediciones de la ETFA (en forma de descenso calculado).

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes.

Tabla 5-95: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este

L2-25		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	0,94	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	-0,060	-0,053
Ago 2021	-0,056	-0,052
Sep 2021	-0,059	-0,055
Oct 2021	-0,059	-0,053
Nov 2021	-0,056	-0,052
Dic 2021	-0,054	-0,047

L4-17		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,034	0,056
Ago 2021	0,019	0,034
Sep 2021	0,009	0,019
Oct 2021	0,005	0,010
Nov 2021	0,010	0,021
Dic 2021	0,023	0,042

L7-14		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,099	0,124
Ago 2021	0,080	0,099
Sep 2021	0,068	0,081
Oct 2021	0,064	0,070
Nov 2021	0,064	0,073
Dic 2021	0,073	0,097

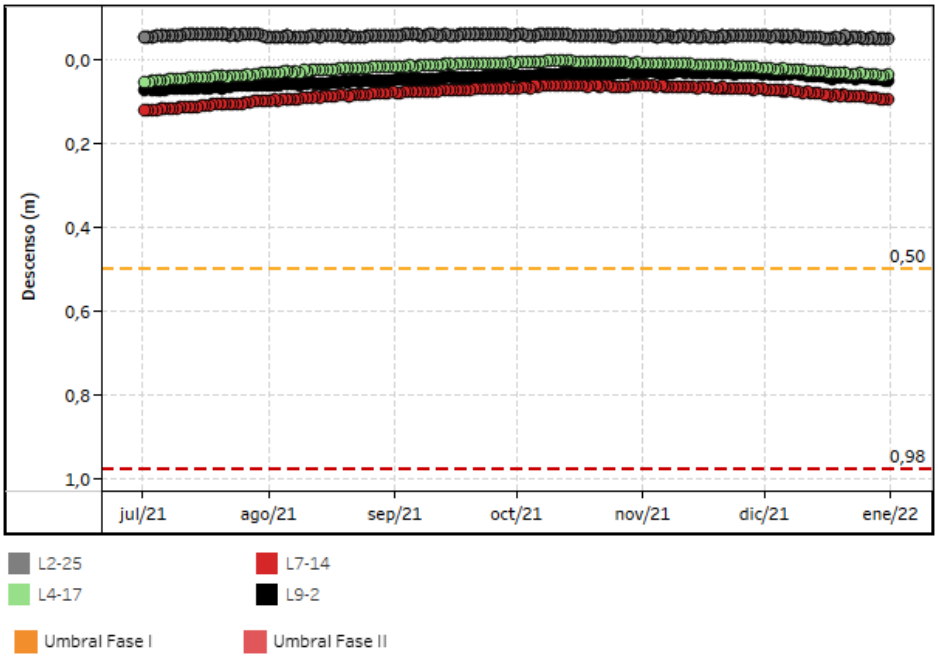
L9-2		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,063	0,075
Ago 2021	0,051	0,063
Sep 2021	0,038	0,050
Oct 2021	0,031	0,040
Nov 2021	0,029	0,037
Dic 2021	0,032	0,054

L2-26		
Umbral Fase II	0,78	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,552	0,560
Ago 2021	0,542	0,553
Sep 2021	0,531	0,543
Oct 2021	0,524	0,533
Nov 2021	0,523	0,530
Dic 2021	0,527	0,543

L3-15		
Umbral Fase II	0,85	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2021	0,691	0,707
Ago 2021	0,681	0,695
Sep 2021	0,677	0,684
Oct 2021	0,674	0,681
Nov 2021	0,680	0,694
Dic 2021	0,694	0,714

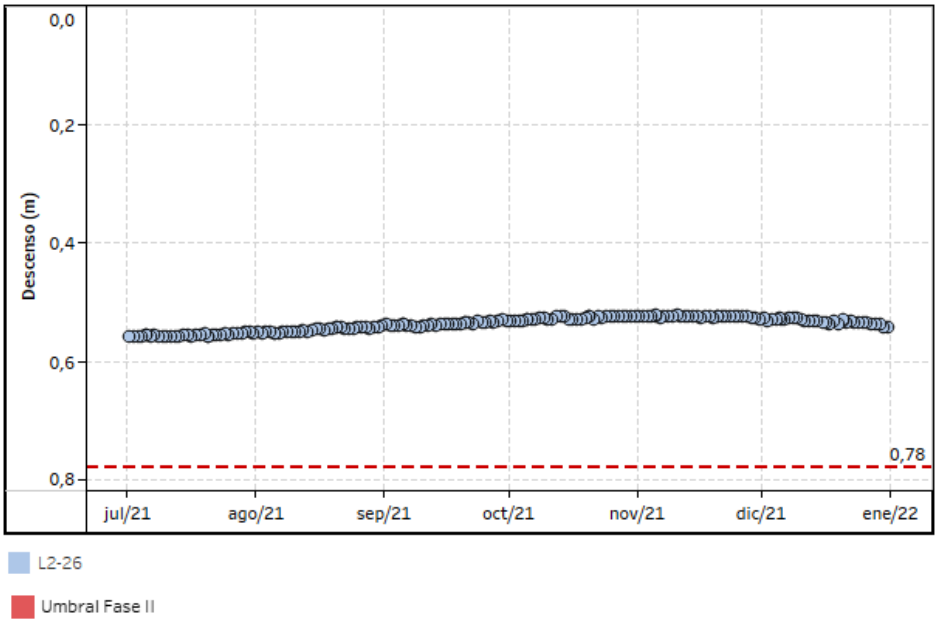
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-68: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex



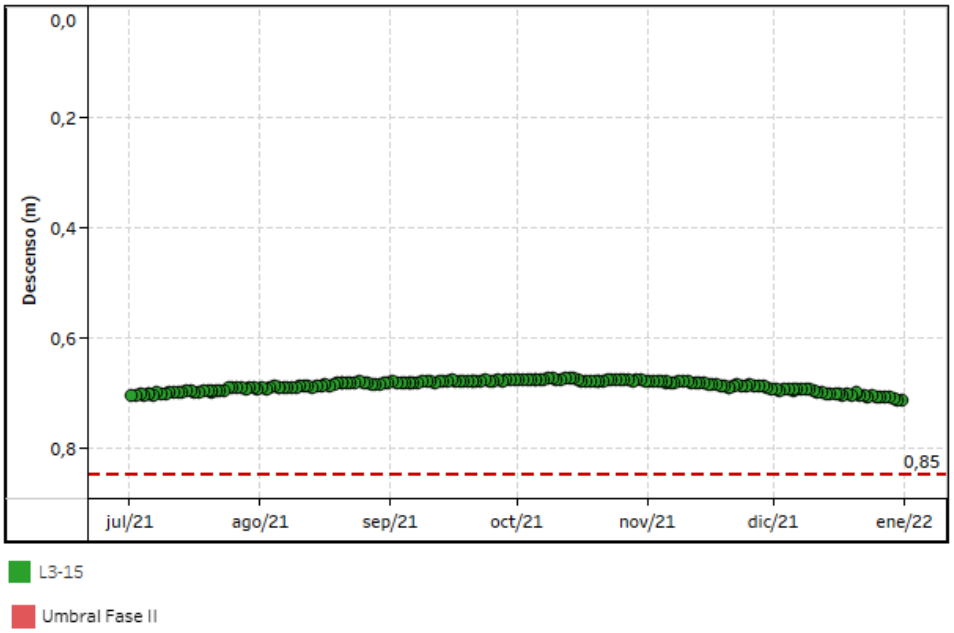
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-69: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-70: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

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 evidenciando. 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 en el anterior apartado, lo que permite analizar la tendencia de los indicadores en relación a los umbrales establecidos.

6.1 ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL

En la presente sección 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, calidad química y aforos) para todos los sistemas, según corresponda.

El objetivo principal es, primero, conocer las dinámicas hidrológicas e hidrogeológicas que se dan en los sistemas objeto de protección a nivel histórico y a partir de la evaluación del comportamiento de los parámetros en el tiempo. El segundo objetivo es el de analizar los nuevos datos medidos del presente semestre reportado y valorar si se muestran desviaciones respecto a estas dinámicas.

Por este motivo, se agrupan los puntos de control con una visión global del sistema hídrico, mediante 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,

tomando como dominio para ambos la zona comprendida desde el acuífero aluvial y hasta el núcleo, lo que incluye la respectiva área del Borde Este. 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 ya 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, ya que también forman parte de la red PSAH y permiten robustecer las conclusiones sobre las dinámicas que caracterizan los sistemas de protección. De esta manera, en el siguiente apartado (6.2 Análisis Plan de Contingencia) se podrá abordar un análisis más preciso sobre las tendencias de los indicadores de estado del Plan de Contingencia con respecto los umbrales definidos en el mismo.

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 los 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.

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 de estos puntos.

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 registrados 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 solo descriptivo. Estas dos últimas variables son más bien explicativas de posibles cambios que puedan observarse en el sistema y los objetos de protección.

Por último, todos los gráficos temporales que se muestran en este capítulo cuentan con una franja gris que distingue el periodo que se está reportando, que en este caso es el segundo semestre de 2021. De esta forma se facilita visualmente el análisis del comportamiento medido en este periodo con respecto las tendencias históricas.

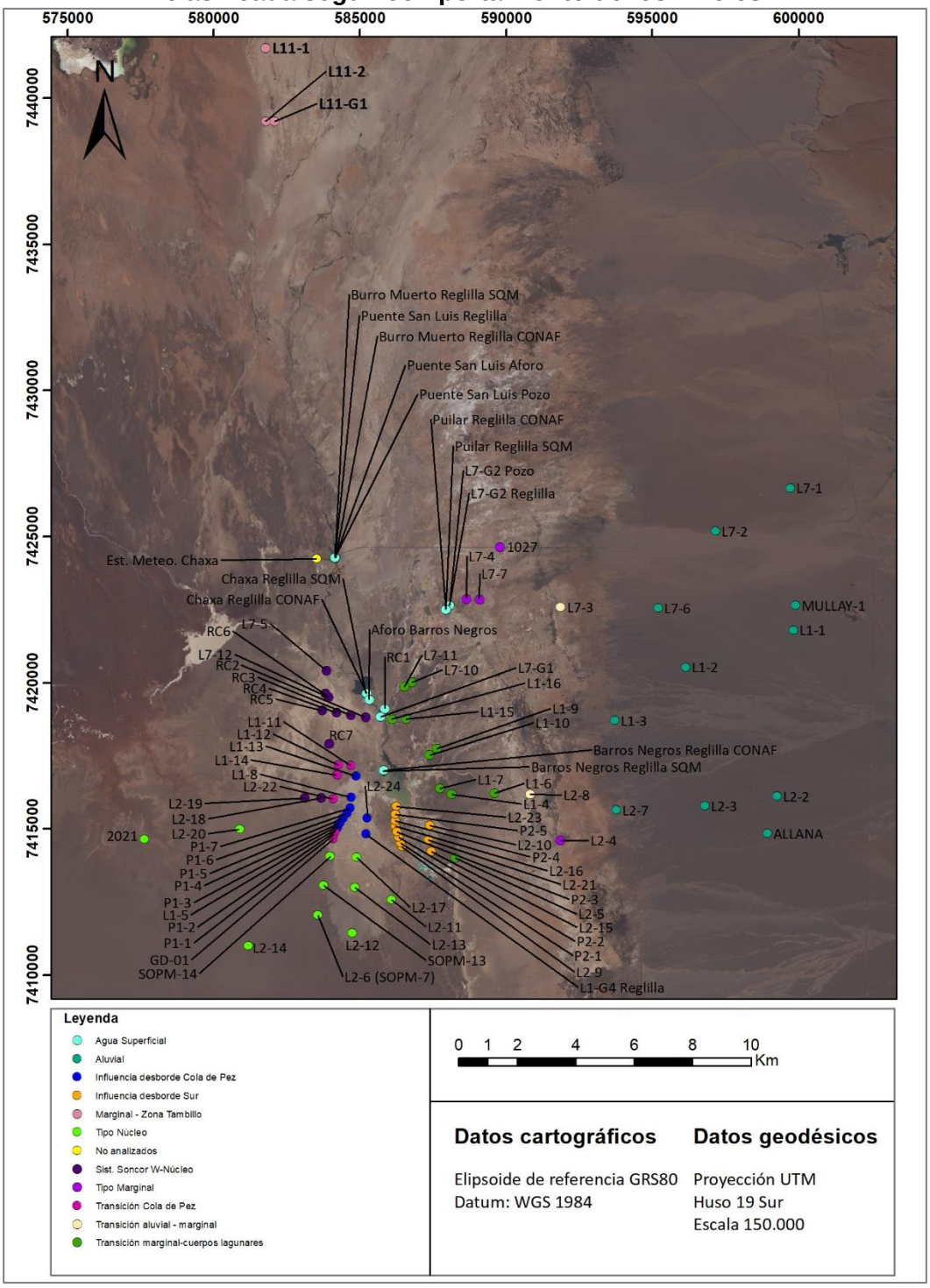
6.1.1 SISTEMA SONCOR – VEGETACIÓN BORDE ESTE

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 (ver Figura 6-1). De esta forma los puntos que se describen en este apartado son los que la RCA 226/2006 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 que 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, como sistema Soncor, 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 Soncor.

Figura 6-1: Infraestructura englobada 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

A continuación, se presenta un análisis de los niveles registrados en el sistema Soncor – Vegetación Borde Este, haciendo hincapié en la comparación entre las mediciones obtenidas durante el segundo semestre 2021 con respecto el registro histórico.

El análisis se presenta según sean pozos de agua industrial (nivel dinámico), reglillas de medición de cuerpos de agua superficiales o piezómetros de control. El orden en que se presentan es partiendo de la infraestructura presente sobre el acuífero aluvial, siguiendo a la zona marginal y hasta llegar a los puntos que se caracterizan por mostrar comportamientos típicos del acuífero del 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 y en la Figura 6-3 se muestran los descensos calculados resultantes. Puede verse en la Figura 6-2 que la cota piezométrica del nivel del L11-1 queda 4 metros por encima de los otros dos puntos, lo que es debido a que el primero se sitúa a unos 2.5 km hacia el norte, de forma que en este sector se confirma una recarga proveniente del norte, donde la pendiente de la lámina de agua es del 0.16%[59].

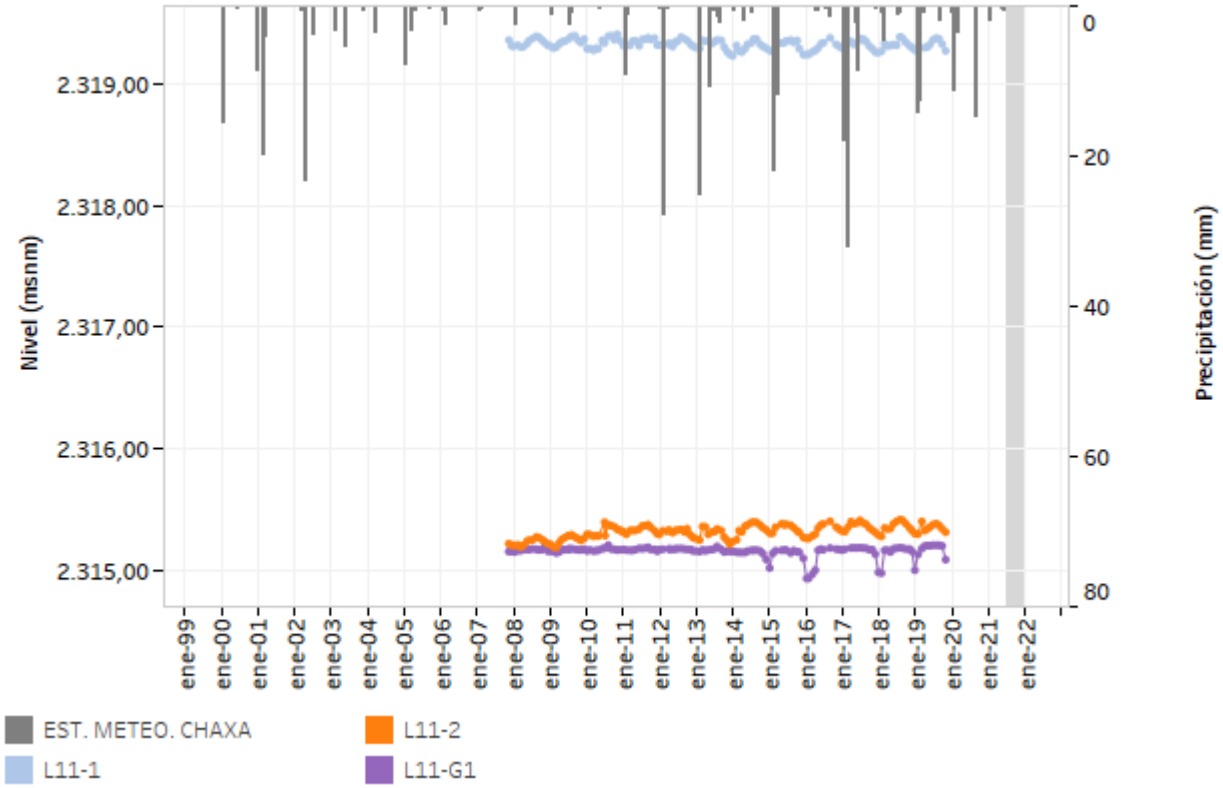
En la Figura 6-3, se observa con más detalle el comportamiento histórico del nivel en estos puntos. Puede verse como todos muestran una oscilación irregular que, por lo tanto, no estaría ligada solo a las variaciones estacionales interanuales. Se destaca que, para el periodo en que se dispone de datos (hasta octubre 2019), el L11-G1 se ha mantenido estable y sin tendencia a destacar, pero con un registro de niveles mínimos destacables en el mes de diciembre de los años 2014, 2015, 2017 y 2018. Por otro lado, los pozos L11-1 y L11-2 registraron variaciones equivalentes en amplitud y oscilación desde el inicio de las mediciones y hasta noviembre 2019,

[59] En este sector el acuífero tiene una misma densidad (1.01 g/ml), por lo que no se debe a la corrección por densidad, necesario cuando hay transición de aguas con densidades distintas.

donde el L11-2 empezó a registrar un comportamiento con tendencia de ascenso y que se mantiene hasta la última fecha registrada (octubre 2019), mientras que el L11-1 ha mantenido un comportamiento con tendencia prácticamente nula.

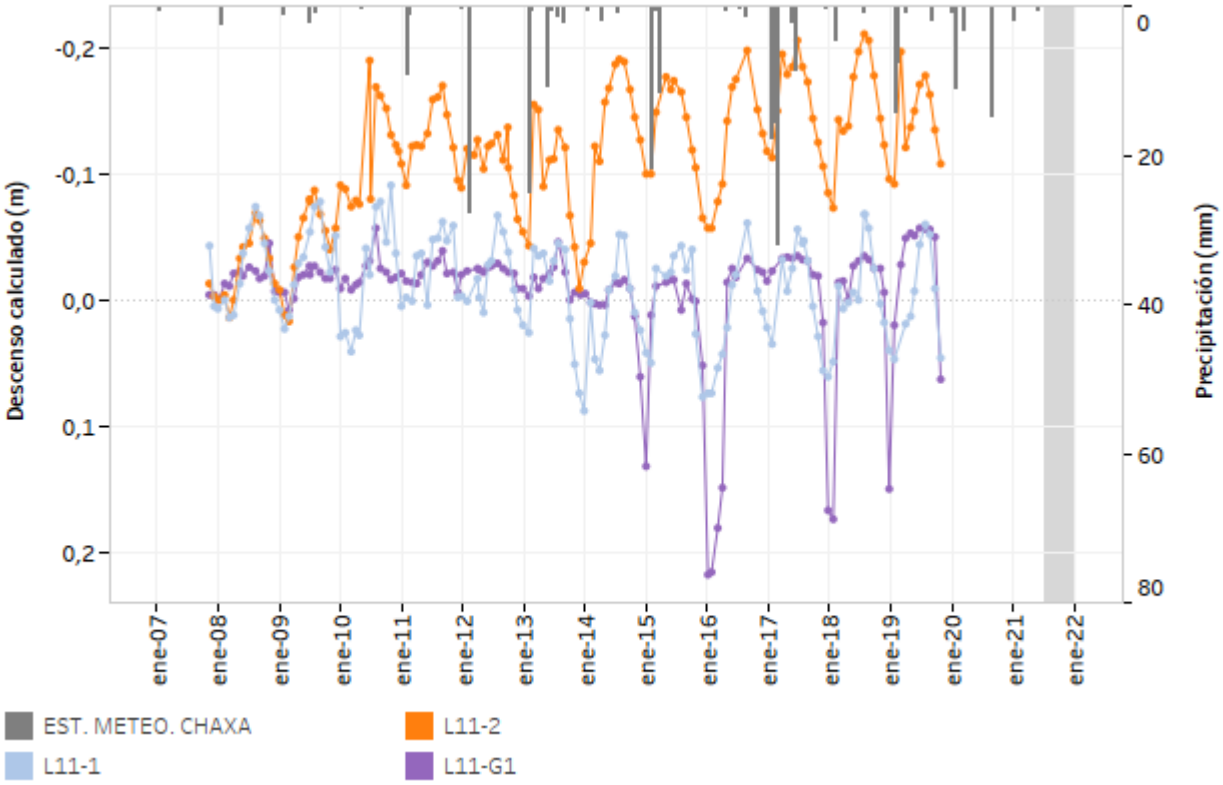
Como ya se ha mencionado, estos tres puntos no han podido ser visitados desde octubre 2019, por lo que no se puede actualizar el análisis de los niveles a partir de esta fecha.

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.

6.1.1.1.2 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

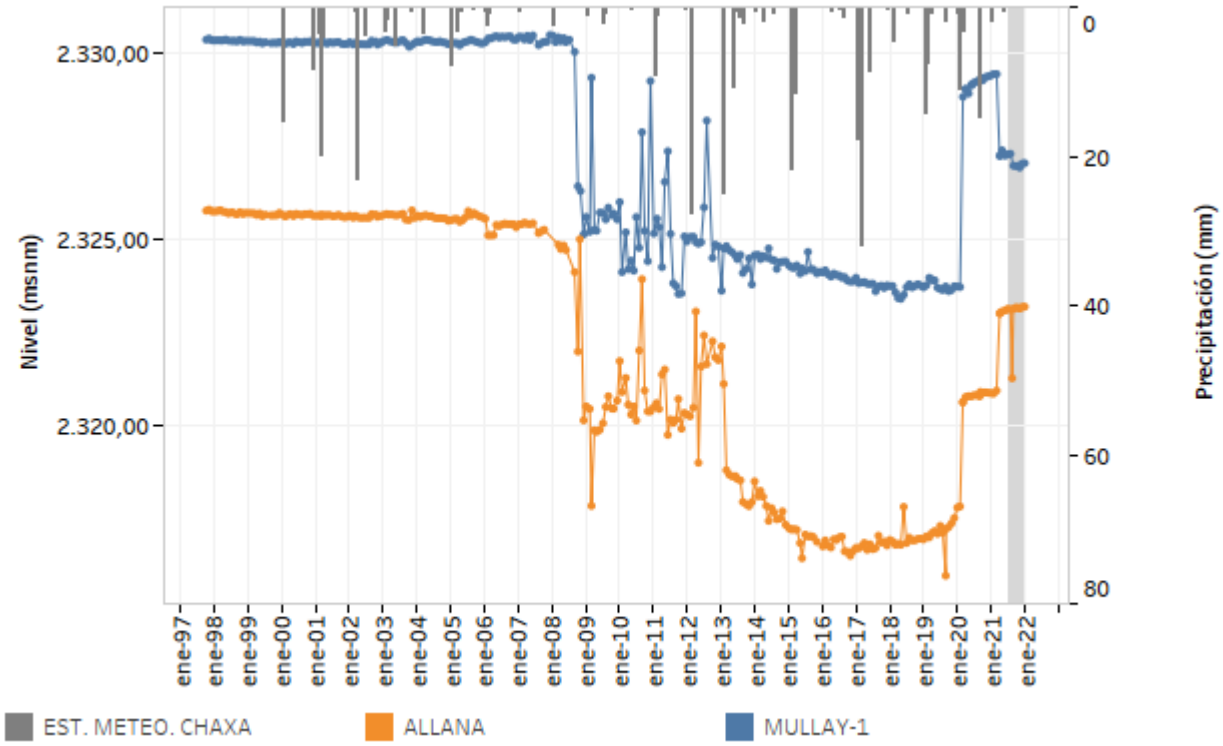
En el sistema Soncor, los pozos de agua industrial presentes son el Mullay-1 (ubicado más al norte del sistema) y el Allana. En la Figura 6-4 se muestran los niveles hasta el mes de diciembre 2021. Los niveles medidos en estos pozos están influenciados por el manejo operacional de los mismos, por lo que el nivel mostrado en la figura se describe como nivel dinámico.

El pozo Allana mostraba un descenso constante entre 2013 y mediados del 2016. A partir de entonces se empezó a medir una recuperación del nivel, cuya tasa de variación aumentó en 2018, sin que este pozo hubiera modificado su caudal de extracción, por lo que este cambio en la tendencia del nivel puede ser debido a la detención del pozo Camar-2 en abril de 2016. El primer cambio en el régimen de extracción de este pozo es en febrero 2020, donde se redujo el caudal desde los 40 L/s hasta los 18 L/s aproximadamente, lo que se reflejó en una recuperación del nivel de 4,5 m (con respecto la cota medida en enero de 2007). Posterior a la reducción del caudal

a la mitad, el nivel se mantuvo estable alrededor de la cota 2.320,85 m s.n.m hasta marzo 2021 que es cuando se detiene completamente este pozo, por lo que a partir de entonces se observa un nuevo escalón de recuperación de poco más de 2 metros ascendiendo el nivel a 2.322,99 m s.n.m. A partir de la detención, durante los meses siguientes, parece observarse una leve recuperación del nivel, alcanzado en diciembre 2021 la cota de 2.323,17 m s.n.m. (18 cm más que el mes de marzo 2021).

Por su lado, el pozo Mullay-1 incrementó el nivel 5 metros en el mes de febrero 2020 debido a la detención del mismo pozo. Desde entonces mantuvo una leve tendencia de recuperación (ascenso), alcanzando los 2.329,43 m s.n.m. en el mes de febrero 2021. Debido al inicio de la operación de nuevo con un régimen a la mitad del caudal históricamente extraído, en marzo 2021 se notó en el nivel un descenso ese mismo mes de 2 metros. Al inicio del segundo semestre de 2021 el nivel ha observado un descenso de 25 cm y que se ha mantenido durante este periodo, lo cual es normal ya que durante el semestre anterior el caudal regular de extracción estaba entorno los 18 L/s, mientras que a partir agosto (2021) se incrementa levemente alrededor de los 21 L/s.

Figura 6-4: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.1.3 Pozos en zona aluvial

El siguiente grupo de pozos que se analiza para el sistema Soncor son los que se encuentran sobre el acuífero aluvial. Se caracterizan todos por presentar una tendencia histórica al descenso, incluso antes del inicio de la operación de los pozos de extracción de agua industrial del sector (los pozos Mullay-1 y Allana iniciaron su actividad en 2008, pero existen otros pozos que iniciaron el bombeo en el año 1997[60]). Tampoco se descartan otros efectos como por ejemplo un aumento de la demanda hídrica del sistema desde las quebradas que recargan el acuífero. De esta forma, y con la información disponible desde 2007, se observa en este grupo de pozos una tendencia de descenso que se interpreta como una etapa de transición hacia un nuevo equilibrio; se ha

[60] Socaire 5 y P-2.

detectado que en una época anterior se produjo un máximo de recarga desde la cordillera oriental la cual se sobrepone el efecto inducido por la explotación de agua industrial de los pozos.

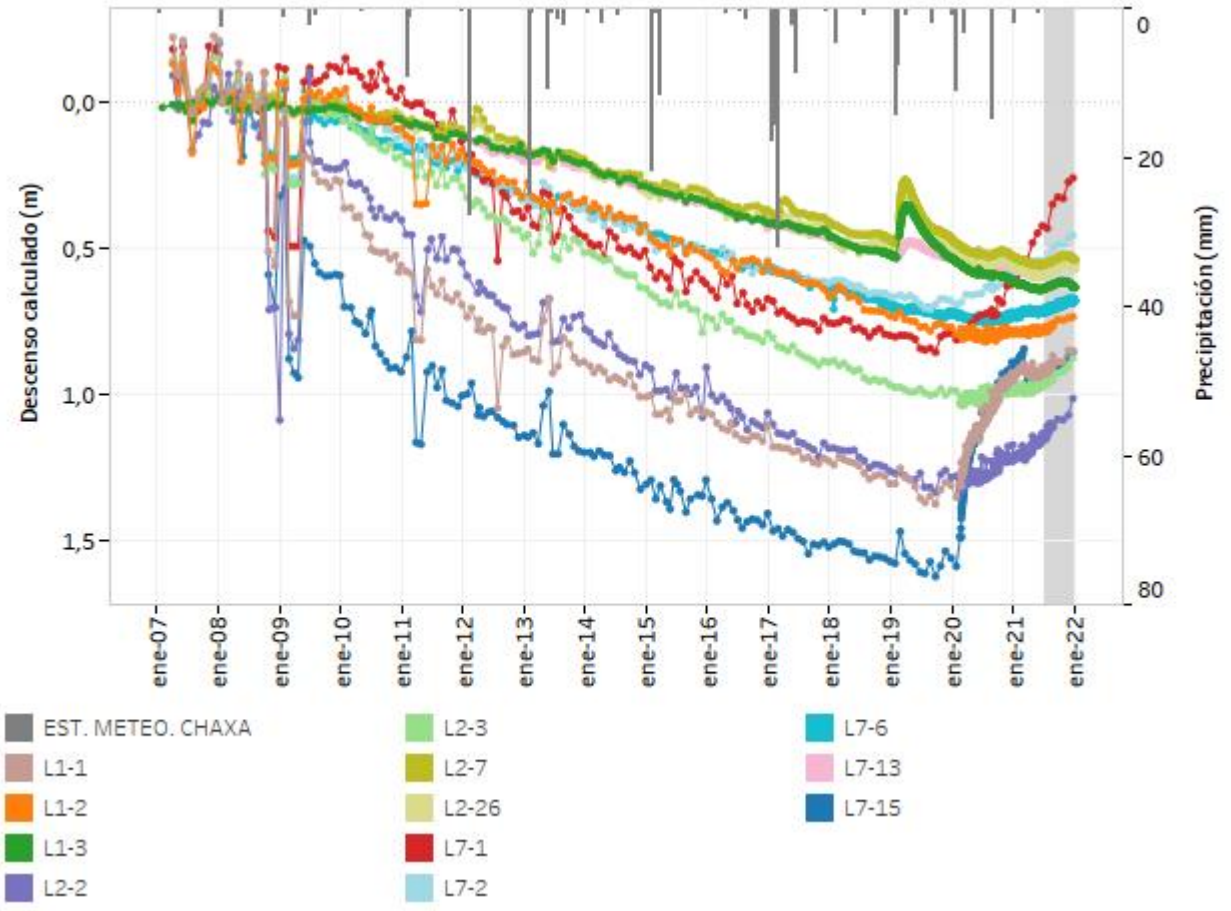
En este grupo existen fuertes diferencias de cota en los niveles debido al fuerte gradiente hidráulico que se produce en el acuífero aluvial (de casi 20 metros entre pozos) que, a su vez es una situación esperable para este sector, pero que no permite visualizar las variaciones del nivel con detalle. Por este motivo en la Figura 6-5 se muestra el descenso calculado.

En general, los niveles en esta área no presentan respuestas a las precipitaciones, a excepción de los pozos L1-3, L2-7, L2-26 y L7-13 que mostraron un ascenso de los niveles producto de las lluvias excepcionales de febrero de 2019, lo que puede explicarse porque son los puntos más someros de este grupo (profundidad con respecto la superficie del terreno) y más próximos a la zona marginal y que, por tanto, reciben la recarga de forma directa e indirecta (a través del acuífero, preveniente de las partes altas de la cordillera). Para estos puntos, se destaca que, desde mediado del año 2021, se ha producido un cambio en la tendencia observada, pues se reproduce una oscilación en el periodo reportado, que llevaría a pensar en una posible estabilización de la tendencia para empezar a mostrar un comportamiento más similar a la zona marginal.

El resto de los pozos de este grupo, que se encuentran más alejados de la zona marginal y por tanto más próximos a los pozos de bombeo, han mostrado descensos de entre 6 y 10 cm/año desde el inicio del seguimiento (2007) y hasta inicios del 2020. A partir de ese momento el pozo Mullay-1 se detuvo y el Allana redujo su caudal a la mitad, lo que se produjo una recuperación (ascenso) de los niveles en estos pozos proporcional a la cercanía a los pozos de agua industrial, según los puntos se encuentran más próximos a uno u otro. La operación de los pozos Mullay-1 y Allana se invierte desde marzo de 2021 (Mullay-1 empieza a operar a la mitad de su caudal permitido y Allana se detiene), lo que produjo un leve escalón de descenso en los puntos cercanos al Mullay-1 (L7-15 y L1-1). No obstante el cambio operacional de marzo 2021, se observa que durante el segundo semestre de 2021 todos los pozos (L7-1, L7-2, L7-6, L2-3, L2-2 y L1-2) e incluyendo los dos puntos anteriormente mencionados (L7-15 y L1-1) han mostrado tendencia clara de ascenso, lo que se traduce en una evidencia en la recuperación del acuífero aluvial de

este sector del Sistema Soncor. Cabe destacar que esta conclusión se mantiene independientemente de si los 20 L/s son extraídos desde el pozo Mullay-1 como del Allana.

Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor-Vegetación Borde Este que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.1.4 Niveles de reglillas para agua superficial

A continuación, se analizan los puntos que miden los niveles de los cuerpos de agua superficiales. Para esto es necesario mencionar que, aunque el propósito constructivo del punto L1-G4 (Reglilla y Pozo) era medir el nivel de los cuerpos de agua superficiales del entorno de desborde de Cola de Pez (área de desborde de la laguna Barros Negros), en realidad, se ha observado, al menos a partir de 2012, que los niveles corresponden al acuífero de ese sector (IDAEA-CSIC, 2018). Es

por este motivo que su análisis se hará junto con el resto de los puntos de agua subterránea de la zona marginal (siguiente apartado).

En la Figura 6-6 se muestran los niveles de los puntos en el entorno de la laguna Puilar: Reglilla Puilar (SQM y CONAF) y L7-G2 (Reglilla y Pozo).

Todos muestran un comportamiento fluctuante pero no estrictamente estacional, por lo que en general se observan variaciones cuya amplitud está entre los 5 cm y el orden de los milímetros, de manera que son leves variaciones interanuales y anuales. La tendencia de estos niveles es ligeramente descendente, incluso en algunos periodos pareciendo no haber tendencia; se calcula un descenso promedio aproximado de 0,2 cm/año (ver figura de detalle inferior, de la Figura 6-6).

Por otro lado, en el caso concreto de la reglilla Puilar SQM, se observa un claro cambio en el patrón de niveles posterior a 2014; este nuevo comportamiento mostraba una reducción en la amplitud de la oscilación, a la vez que una estabilización del nivel entorno los 2.301,2 m.s.n.m. (ver figura de detalle superior, de la Figura 6-6. En junio de 2021 (informe PSAH Nº 29) se observó una medición en la Reglilla Puilar SQM a una cota que suponía un mínimo histórico registrado (2.301,12 m.s.n.m.). De los niveles medidos en julio y agosto (2021), se observa una recuperación hacia la cota promedio histórica de este punto (2.301,19 m.s.n.m.), no obstante, no se observa este aumento de la oscilación en el caso de la reglilla Puilar CONAF, por lo que podría atribuirse a variaciones relacionadas con la heterogeneidad del relieve en el sector, que influye en gran medida en las variaciones de columna de agua que pueda observarse en el entorno de las reglillas.

Respecto del punto L7-G2 Reglilla, cabe recordar que se encontró caída en la visita del día 21 de julio de 2021 y fue restituida el día 17 de agosto de 2021. No obstante, tal y como se ha descrito en el capítulo 4.3.1, ésta no cuenta todavía con un levantamiento topográfico de precisión que resulte representativo, lo que no permite aún actualizar la elevación del punto de referencia para el cálculo del nivel en base a los metros sobre el nivel del mar. Es por este motivo que en la Figura 6-6 la única medición tomada en este punto para este segundo semestre 2021 (agosto 2021) se muestre anómalamente. No obstante, mientras se trata de resolver esta situación, no se está considerando riesgo para la calidad del seguimiento de este sector, pues el resto de las

infraestructuras se encuentran cercanas (sobre todo el L7-G2 Pozo) y muestran que las mediciones obtenidas para este periodo se encuentran dentro del rango de variación histórico.

Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar

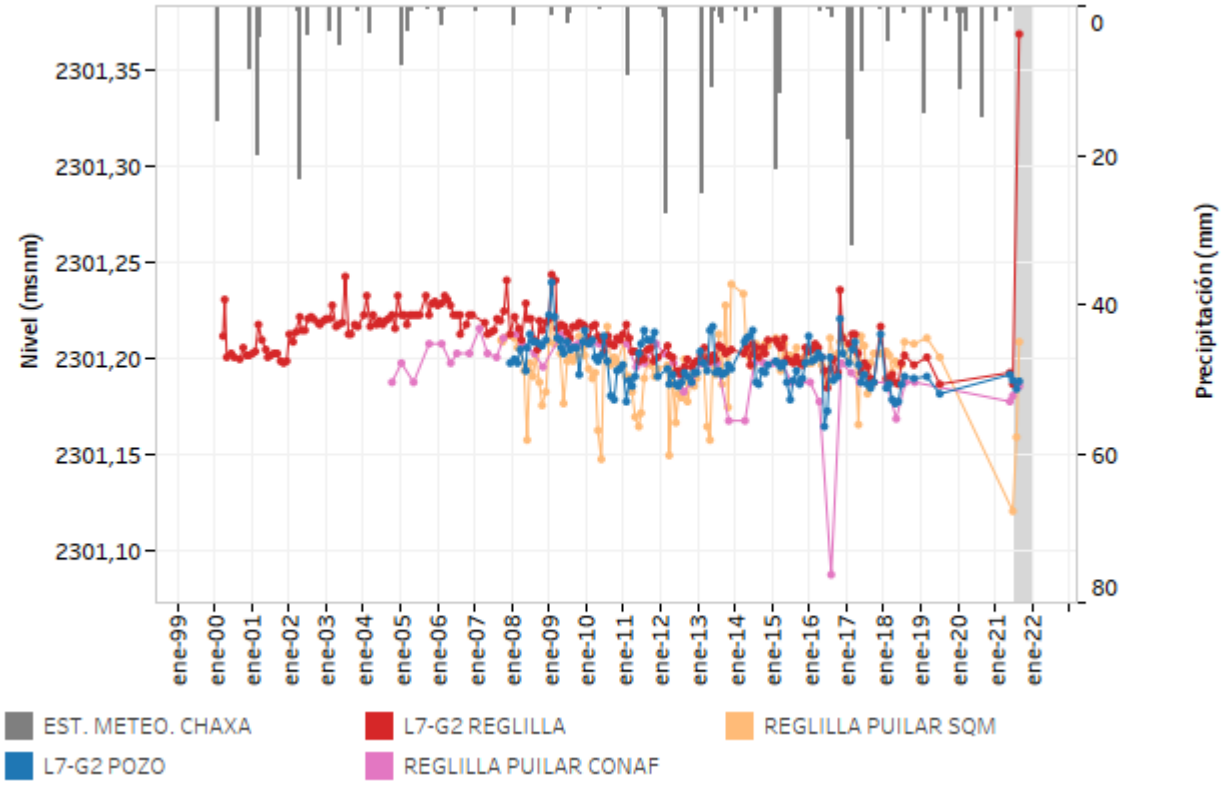
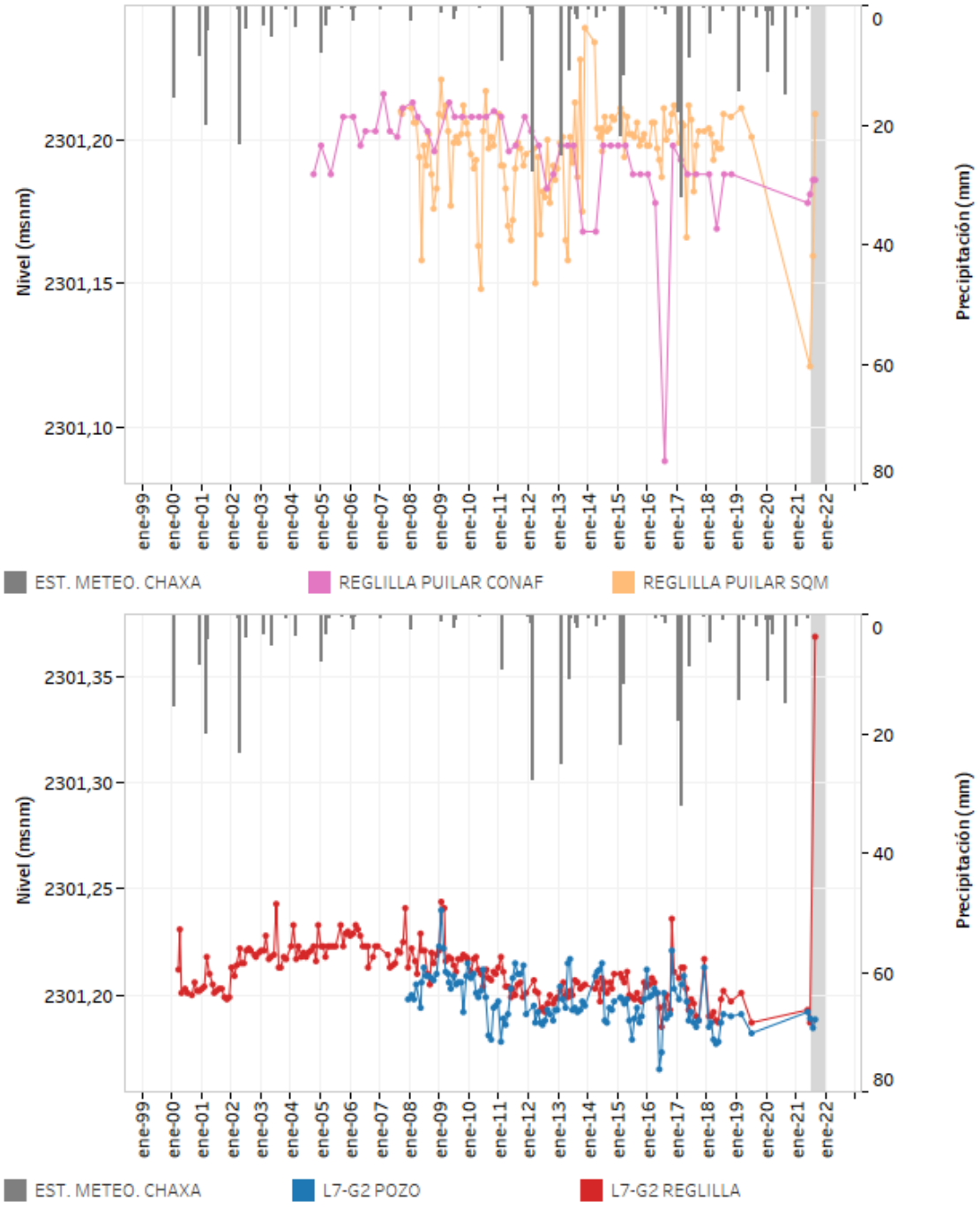


Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar (Continuación)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

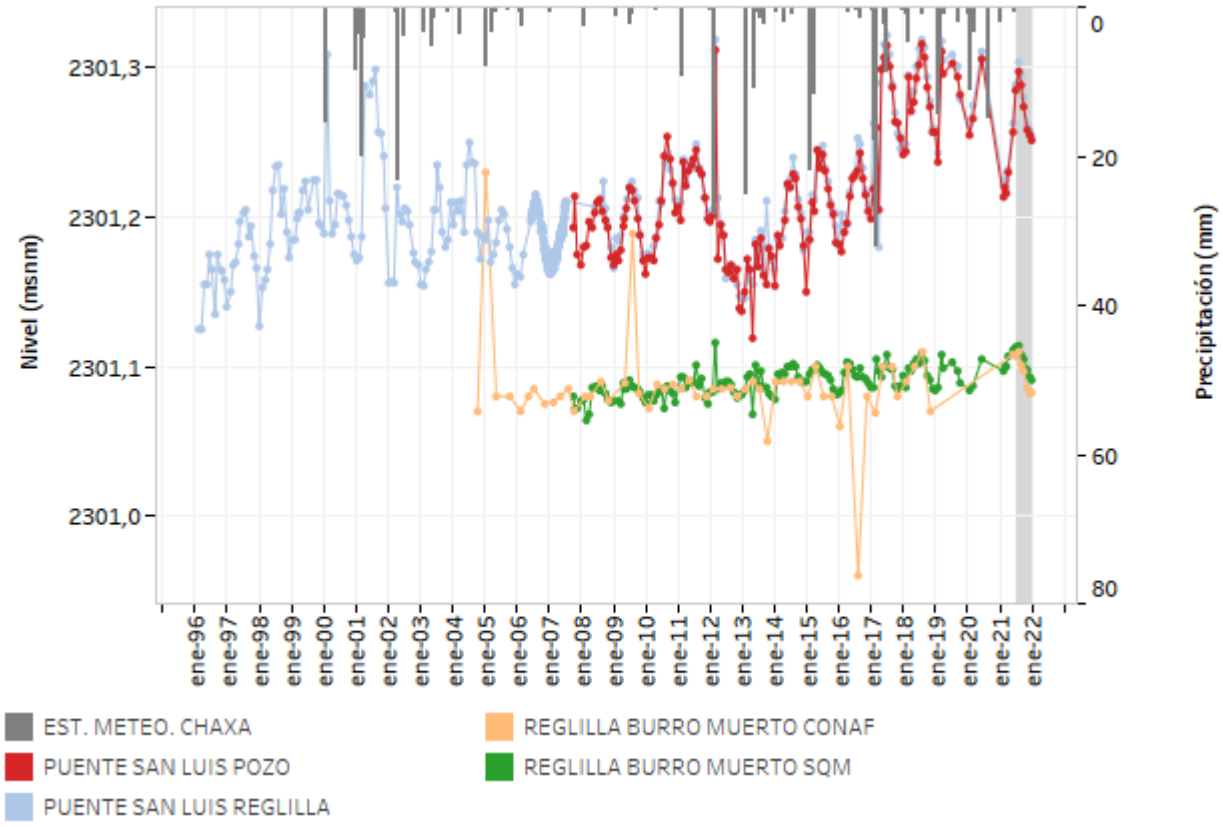
Se centra a continuación el análisis en el sistema de canales y lagunas que alimentan finalmente la laguna de Barros Negros. Empezando por los puntos ubicados aguas más arriba del sistema, se muestra en la Figura 6-7 los niveles de Puente San Luis Pozo y Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF).

A partir de los datos históricos, se observa que las mediciones de Puente San Luis (Reglilla y Pozo) son equivalentes y lo mismo pasa con las Reglilla Burro Muerto SQM y CONAF. Cabe recordar que los puntos Puente San Luis (Reglilla y Pozo) se encuentran agua arriba de la sección de aforo, mientras que las Reglilla Burro Muerto SQM y CONAF se encuentran inmediatamente aguas abajo de la sección de aforo.

Respecto de las tendencias, se observa de los puntos Puente San Luis (Reglilla y Pozo) una oscilación poco regular, aunque sí mantienen la coherencia de máximos en invierno y mínimos en verano. Se puede ver también que, a partir del año 2013, el nivel claramente se muestra ascendente con una tasa promedio de unos 2 cm/año. Se observa que desde el año 2017 se mantienen los niveles estables alrededor de la cota 2.301,27 msnm, mostrando solo la oscilación estacional. Las mediciones del segundo semestre 2021 validan esta observación.

Por su parte, los puntos de Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF) se han mantenido ascendiendo de forma estable, con una tasa de ascenso constante de 1 cm/año, la cual se mantiene todavía en el segundo semestre 2021. Previo a este semestre reportado no se estaba observado un claro comportamiento estacional, no obstante, parece que ambos puntos empiezan a reproducir la oscilación típica estacional. Es complejo determinar desde qué fecha puede estar mostrando este patrón.

Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís



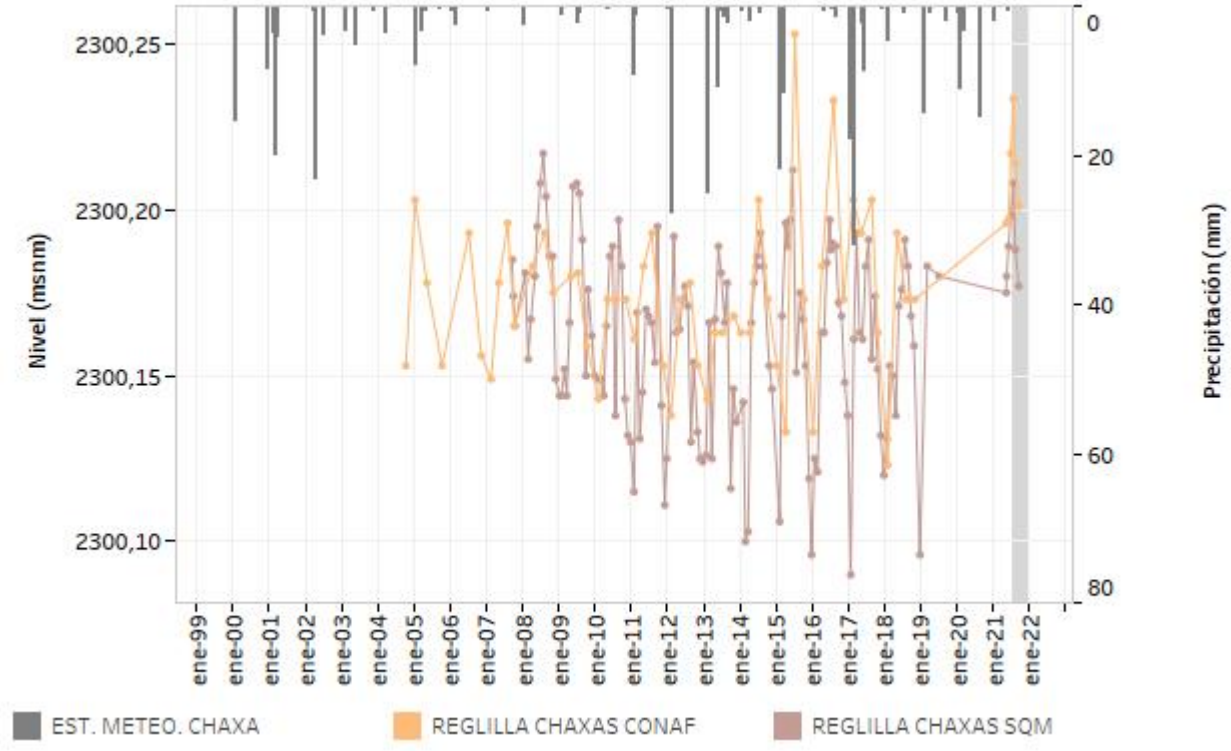
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Aguas abajo del sistema, los siguientes puntos de medición de nivel de agua superficial quedan a la salida de la laguna de Chaxa. Se trata de los puntos Reglilla Chaxas SQM y CONAF y se muestran los niveles registrados en la Figura 6-8. Como ocurre en otros casos, históricamente la frecuencia de medición en el punto de SQM es mayor que en el punto CONAF, por lo que el análisis de la tendencia se observa mejor en el primer punto mencionado. Se observa que en este punto (Reglilla Chaxas SQM), previo a 2012, el nivel mostraba una tendencia a descender a la vez que una oscilación estacional de unos 6 cm de amplitud. Llegado 2012 se registra un descenso de 2 cm y, a partir de entonces, el nivel se muestra estable y oscilante alrededor de los 2.300,15 m.s.n.m. y con una amplitud de unos 9 cm, mayor al periodo anterior.

Estos puntos llevaban sin poder ser medidos desde junio 2019 (octubre 2018 en el caso del punto de CONAF), pero las mediciones pudieron ser retomadas en mayo y junio (2021), se prosiguió

en julio, agosto y septiembre (2021) y ya no se ha medido el resto de los meses del segundo semestre 2021 debido a las restricciones de ingreso. De los datos disponibles se extrae que durante estos meses el sector ha estado reproduciendo una oscilación propia de la época del año, con el máximo medido en el mes de julio. Cabe destacar que, en ambos casos (puntos CONAF y SQM), este máximo registrado ha correspondido a una cota muy cercana a los máximos históricos alcanzados en 2015, siendo la mayor cota alcanzada desde entonces, lo que es consecuente con la tendencia ascendente de las reglillas aguas arriba (Puente San Luis y Burro Muerto). No obstante, es complejo determinar un patrón ya que el paro de mediciones dado entre 2018 y 2021 no permite tener una perspectiva histórica de corto plazo que determine algún cambio en la tendencia.

Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa

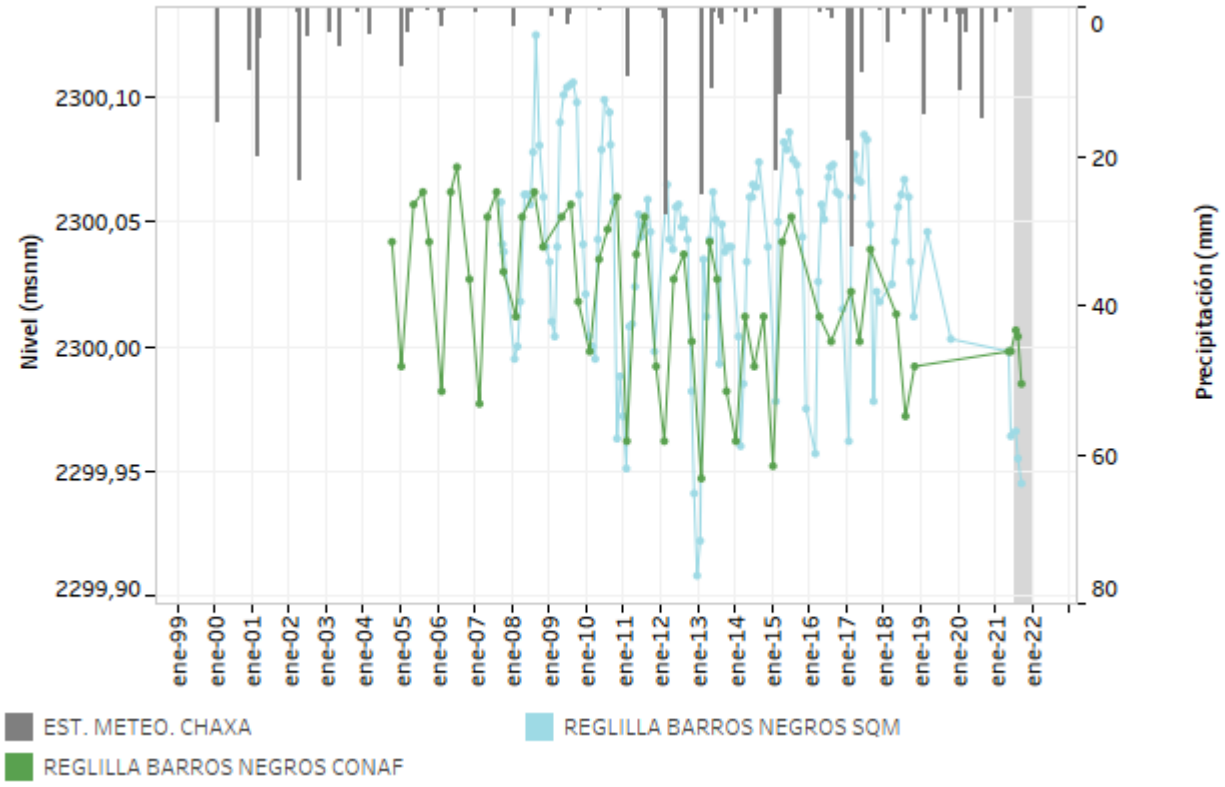


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Aguas abajo, en la laguna de Barros Negros, se encuentran los puntos de medición de Reglilla Barros Negros SQM y CONAF, cuyos niveles registrados se muestran en la Figura 6-9. Se observa un comportamiento histórico análogo al de la laguna de Chaxa, donde previo al año 2011

la cota promedio es de 2.300,05 m.s.n.m. y pasada esta fecha, la cota desciende unos 3 cm (2.300,02 m.s.n.m.). No obstante, estos puntos venían sin ser medidos desde octubre 2019 (octubre 2018 en el caso del punto de CONAF), y recién en el mes de mayo 2021 se volvieron a medir. En el segundo semestre 2021 se han podido medir los meses de julio, agosto y septiembre (y por tanto no se han podido visitar el resto del semestre reportado). Llama la atención como el reciente registro de niveles obtenido muestra una tendencia descendiente (sin la oscilación estacional observada en los puntos a la salida de Chaxa) y alcanzando una cota en septiembre 2021 más similar a los mínimos históricos, lo que abre la necesidad de generar un análisis específico de niveles para el tramo entre la salida de Chaxa y la llegada del flujo a Barros Negros, que se presenta a continuación. Cabe destacar que la medición del punto correspondiente a CONAF se mantiene dentro de la variación histórica promedio.

Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros



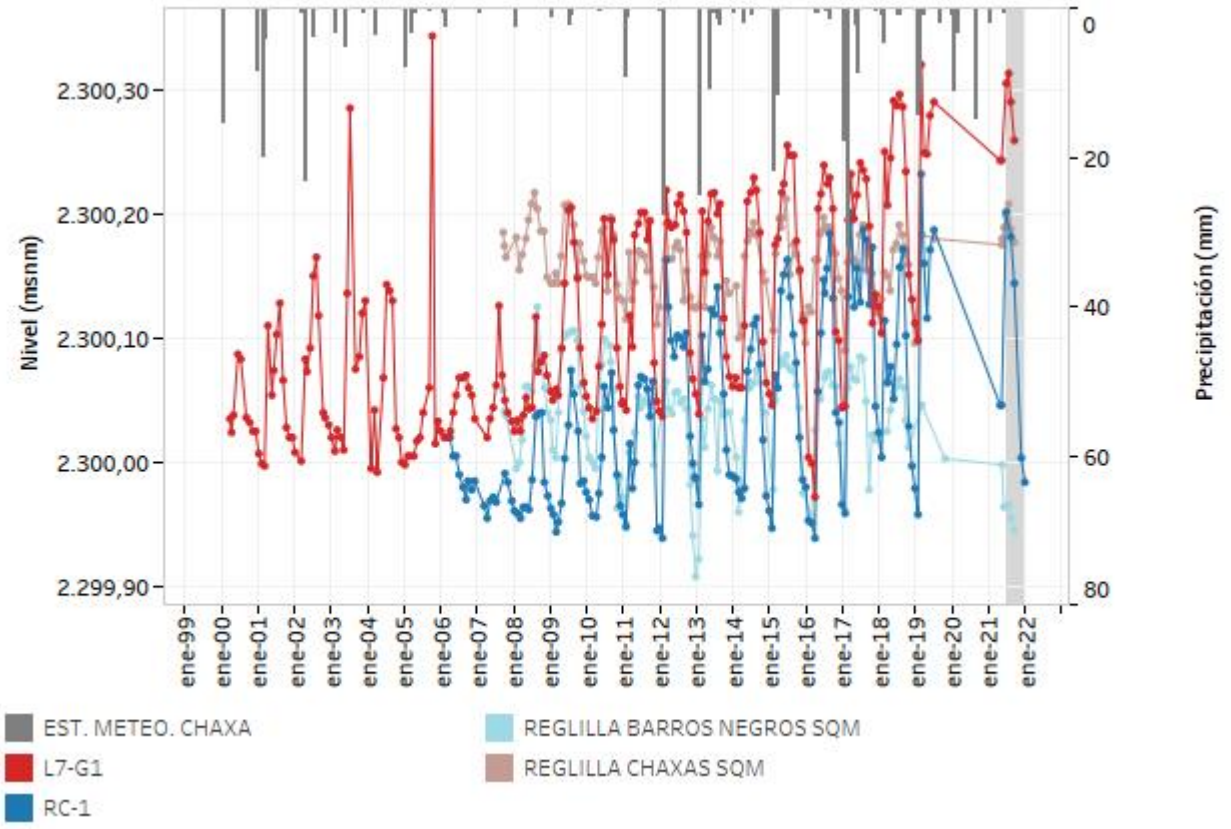
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Por tanto, se centra el análisis en el canal de Burro Muerto, que conecta la laguna de Chaxa con la de Barros Negros. El análisis de este grupo de puntos se ha dejado para el final, una vez analizados los niveles a la salida de Chaxa y en la laguna Barros Negros, pues es esperable que los puntos en el canal muestren relación con la infraestructura anteriormente descrita. En este tramo fluvial se encuentra la reglilla L7-G1 y en la Figura 6-10 se muestran los niveles medidos en este punto, junto con las reglillas de Chaxa y Barros Negros. Como puede verse, se incluye también el nivel del punto RC-1 ya que, si se observa la altura piezométrica de los niveles y la oscilación estacional puede verse que, a pesar de ser un punto construido para medir el acuífero en esa zona, se interpreta que está midiendo en realidad el nivel de los cuerpos de agua superficial. Esto se analiza de nuevo en el siguiente apartado (Pozos en zona marginal). De la Figura 6-10, se extraen las siguientes conclusiones:

- Entre la laguna Chaxa y Barros Negros existe un gradiente hidráulico, de unos 12 cm, que se ha mantenido durante todo el periodo medido y que, como es de esperar, determina la dirección del flujo. Incluso, como ya se ha mencionado, ambos cuerpos de agua sostienen una disminución de la cota del nivel promedio a partir del año 2010-2011 que, por otro lado, esta diferencia de cota es esperable puesto que se trata de un curso fluvial. Dado que no se dispone de datos entre 2018 y 2021 es difícil poder determinar si existen cambios en el patrón que hayan conducido a mostrar en este segundo semestre 2021 niveles en cotas máximas en la salida de Chaxa y niveles en cotas mínimas en la laguna Barros Negros.
- El punto L7-G1, que se ubica entre ambas lagunas, muestra una oscilación propia de la estacionalidad de la recarga por precipitación. Se hace notar que el promedio de los niveles tiene una tendencia al ascenso; entre 2009 y 2011 los máximos alcanzan la misma cota que en la laguna Chaxa y en los siguientes años mantiene una tendencia de ir superando cada vez más la cota con respecto la laguna. De hecho, a partir del año 2017 iguala los mínimos de verano con la cota de Chaxa. Esta variación entre las cotas de ambos puntos deja entrever un aumento de la recarga de agua proveniente del Borde Este. El punto L7-G1 muestra un comportamiento análogo al RC-1 para el año 2021 alcanzando máximos prácticamente históricos en el máximo estacional del inicio del semestre reportado. No obstante, destaca como estos puntos (L7-G1 y RC-1) muestran

una tendencia ascendente, mientras que la Reglilla Barros Negros se mantiene estable y en el actual segundo semestre 2021 ha reproducido mínimos prácticamente históricos.

Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

6.1.1.1.5 Pozos en zona marginal

En esta sección se hace el análisis para aquellos puntos que se encuentran en la zona marginal del sistema Soncor. Se trata de un área con diversidad de comportamientos, puesto que existen varios elementos hidrogeológicos que modifican los niveles de forma distinta según el sector. Al este de la zona marginal del sistema Soncor se ubica el afloramiento de la interfaz salina (laguna Puilar) y en el centro se encuentra el sistema lagunar definido por la laguna Chaxa - Canal Burro Muerto – laguna Barros Negros y sus desbordes (Desborde Sur y Cola de Pez).

Empezando el análisis en los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento de norte a sur que se reconoce por ser transicional entre el aluvial y la zona marginal; estos puntos presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial y posiblemente influenciados por los conos de bombeo de los pozos de agua industrial, pero además muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal. Como existen diferencias de cota importantes que no permiten apreciar el comportamiento a describir, se presentan en la Figura 6-11 los descensos calculados para este grupo.

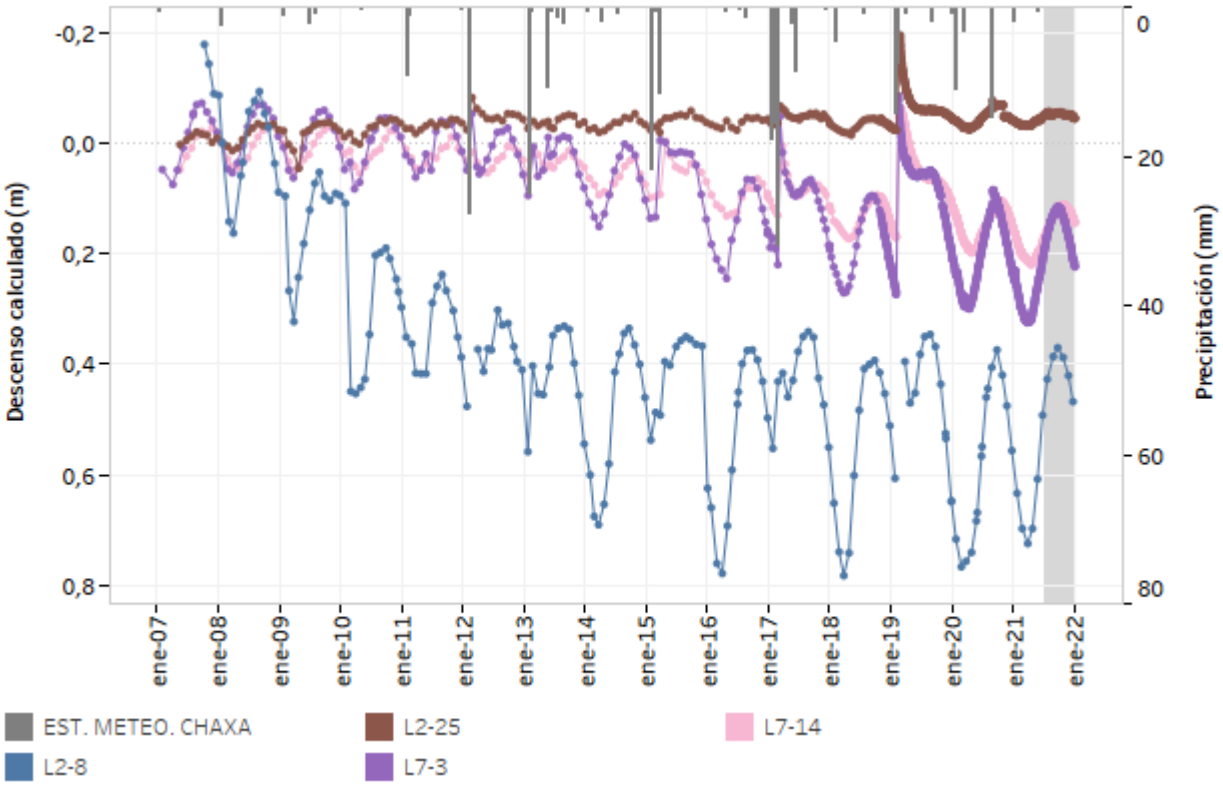
Como se observa (Figura 6-11), todos los puntos, a excepción del L2-25, mostraban una tendencia histórica de descenso; la mayor pendiente correspondía al L2-8 que registraba una tasa de 7,5 cm/año (2008-2014) comparable con los puntos del acuífero aluvial, que era de entre 5,5 y 10 cm/año. No obstante, a partir de 2015 parecía haber entrado en un periodo de estabilización donde los mínimos y máximos de las oscilaciones estacionales se mantienen alrededor de la misma cota cada año, exceptuando los años caracterizados por ser lluviosos (2015, 2017 y 2019) donde se produce una oscilación de menor amplitud. Se observa que desde 2020 los niveles en este pozo han estabilizado la tendencia, dando lugar a que los máximos estacionales se mantengan en la misma cota desde entonces (incluyendo el máximo registrado en el actual periodo de reporte, en septiembre) e incluso que los mínimos estacionales de 2020 y 2021 muestren una tendencia ascendente.

Los puntos L7-3 y L7-14 mostraban una menor tasa promedio de descenso que el L2-8 (1 cm/año y 0,5 cm/año respectivamente), la que se mantiene hasta el cierre del segundo semestre 2021. Además, se observan reaccionar rápidamente a los eventos de lluvia, reproduciendo un ascenso en los niveles y una consecuente recuperación posterior en forma de cola de descenso. Se aprecia, por tanto, que estos dos puntos reaccionan distinto a estos eventos con respecto al L2-8. Cabe decir que el L2-8 se encuentra próximo al sur de las Vegas de Carvajal, por lo que este punto podría ser un indicador del comportamiento alrededor de este sector.

Un aspecto que destacar es que se observa que los máximos y mínimos estacionales, en el caso del L7-14 se producen un mes desfasados respecto del L7-3, aunque ambos se encuentren a una distancia de menos de 500 metros, siendo el L7-14 el que se sitúa más cercano al aluvial.

El punto L2-25 muestra un comportamiento con una oscilación menos clara y de menor amplitud que los puntos descritos anteriormente. Lo que destaca respecto de puntos de este subgrupo es que muestra una tasa de ascenso (y no descenso), de 0,4 cm/año aproximadamente, la que se mantiene también durante el segundo semestre de 2021. Se observa también una respuesta inmediata a los eventos de lluvia, destacando el ascenso registrado en febrero de 2019.

Figura 6-11: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente grupo de pozos que se analiza en esta sección son los que se encuentran alrededor de la interfaz salina y que, por tanto, muestran el comportamiento más relacionado con la zona marginal. Se caracterizan por mostrar una tasa de descenso casi nula y una fuerte estacionalidad. Como existen diferencias de cota entre ellos que no permite distinguir el comportamiento a describir, se muestra la Figura 6-12 con los descensos calculados desde 2008, para este grupo.

Los puntos de este grupo se distribuyen de norte a sur, sobre la zona de afloramiento de la interfaz salina en superficie; se trata del 1027 (ubicado más al norte), L7-4 y L7-7 (ubicados cerca de la laguna Puilar), el L1-17 (ubicado sobre las vegas de Carvajal) y el L2-4 (ubicado más al sur, próximo al sistema Aguas de Quelana).

De la Figura 6-12 se observa que el L7-4 es el que muestra menor amplitud de la oscilación (una variación entre máximos y mínimos estacionales de 2,5 cm aprox.). De la figura también se extrae que los mínimos se observan a cotas menores (aumentando la amplitud de las oscilaciones) en los años hidrológicos secos (ver el periodo 2008-2010 y los años 2014, 2016 y 2018). De esta forma, se interpreta que estos puntos están ligados a la recarga proveniente del borde este, además de la recarga directa por lluvia de los eventos más intensos. Este punto, que es además indicador de estado, llevaba sin poder ser medido desde septiembre 2019 y recién el primer semestre 2021 se volvió a medir y durante el presente semestre reportado se cuenta con una medición mensual; los niveles registrados muestran la variación estacional esperada y con una amplitud de 4,2 cm.

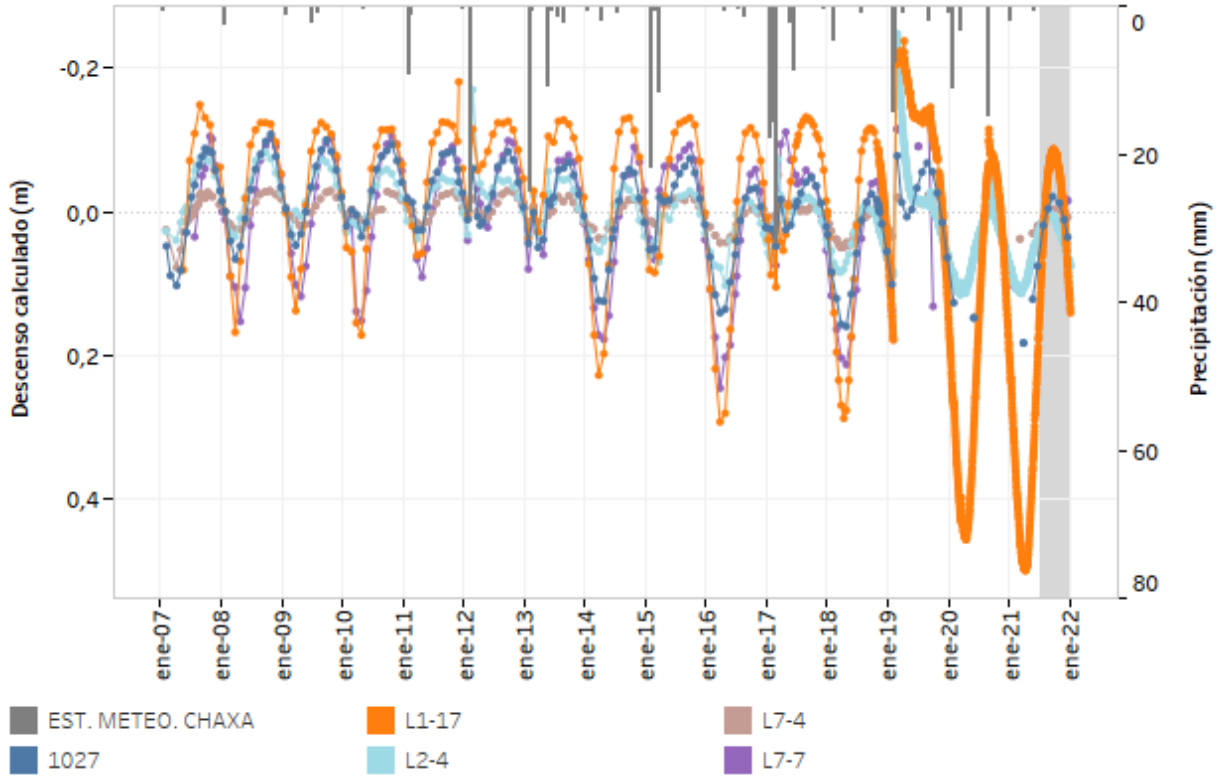
Destaca el caso del punto L1-17, indicador de estado que activó la Fase II del PC en marzo 2021 producto de alcanzar un nuevo mínimo histórico, lo que fue descrito en el anterior informe PSAH Nº 29. Desde el año 2019, el pozo muestra un nuevo patrón de comportamiento, donde la amplitud de la oscilación ha aumentado hasta los 58 cm, debido a la fuerte disminución de las cotas en las que se reproducen los mínimos estacionales, ya que los máximos se vienen registrando a cotas similares a las históricas. De los análisis presentados en el informe de investigación asociado, se concluyó que este cambio en el comportamiento del pozo desde 2020 es producto de las extracciones de agua industrial en el acuífero aluvial. Durante el segundo semestre 2021 ha registrado el máximo estacional esperable, el que se ha situado a una cota similar al medido el año anterior, lo que se mantiene consistente con los resultados del análisis descrito anteriormente.

En el caso del pozo L7-7, ya se ha explicado con detalle en el apartado 4.3.1 que posterior al periodo comprendido entre 2019 y 2021 en que este punto no pudo ser visitado, se dieron unos meses en que se medía la infraestructura contigua (L7-7B) (entre enero de 2021 y noviembre 2021). A partir de la medida de diciembre 2021 las mediciones se realizan de forma consciente

en el L7-7 nuevamente, aunque se mantienen las mediciones en el L7-7B por respaldo para el análisis de tenencias. Para el presente informe, a diferencia de lo mostrado en el anterior informe PSAH Nº 29, se dispone del levantamiento topográfico del L7-7B, lo que permite disponer de la elevación del punto de referencia y por tanto visualizar la cota del nivel resultante al mismo plano que los niveles registrados en el L7-7 históricamente (ver Figura 6-12). Puede verse que el nivel de agua en esta área, desde enero 2021 y hasta el cierre del segundo semestre, se mantiene oscilante en los rangos de variación histórica.

Por su parte, los pozos L2-4 y 1027, que se encuentran en el extremo sur y norte de este subsistema, respectivamente, muestran un comportamiento estacional similar al resto de los puntos descritos en este subgrupo, donde las únicas diferencias recaen en la amplitud de la oscilación; mientras que el L7-4 ha mostrado este segundo semestre una amplitud de 4,2 cm y el L1-17 de 59 cm (calculados entre el mínimo de marzo y el máximo de octubre), en el L2-4 ha resultado de 11 cm y en el 1027 de 20,4 cm.

Figura 6-12: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de los niveles en la zona marginal cambia cuando los puntos de observación se encuentran cercanos al sistema lagunar del Sistema Soncor. Se trata del cordón de puntos ubicados al este del sistema Chaxa-Barros Negros y al oeste de la interfaz salina. Su distribución de norte a sur es L7-10, L7-11, L1-15 y L1-16 (Figura 6-13), L1-9 y L1-10 (Figura 6-15) y, finalmente, L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 (Figura 6-16). En general, se observa que en este grupo de pozos se pierde la marcada regularidad estacional que presentaban los pozos del grupo anterior (comportamiento asociado a la zona marginal) y no presentan tendencias de descenso.

Se destaca el comportamiento observado en los puntos L1-16 y L1-15 (Figura 6-13); en el periodo 2007-2011 (periodo seco), ambos puntos muestran niveles a cotas similares, pero, a partir de la lluvia de 2012, se genera un salto de la cota promedio significativo, que es más fuerte en el L1-15 (15 cm) que en el L1-16 (10 cm), siendo que el segundo es el que se encuentra más cerca del Canal de Burro Muerto. Ello confirma que, a partir de esta fecha, se empieza a producir una vía preferente de recarga subterránea desde el afloramiento de la interfaz salina. No obstante, si se observa el patrón del L1-15 se puede ver que es reactivo a las lluvias, con ascensos rápidos, pero que posteriormente recupera (desciende) hacia unas cotas que se mantienen con una pendiente de descenso estable de 1,2 cm/año. En cambio, el L1-16 aparentemente muestra un comportamiento similar, pero tanto los máximos producidos por la respuesta a las lluvias, como los mínimos que alcanza posteriormente, presentan una leve tendencia de ascenso promedio de 0,2 cm/año. La diferencia entre ambos puntos, siendo que se encuentran próximos (menos de 500 metros), puede ser debida a que el L1-16 esté también influenciado por los cuerpos de agua superficial ya que, de los dos, es el que se encuentra más próximo a éstos.

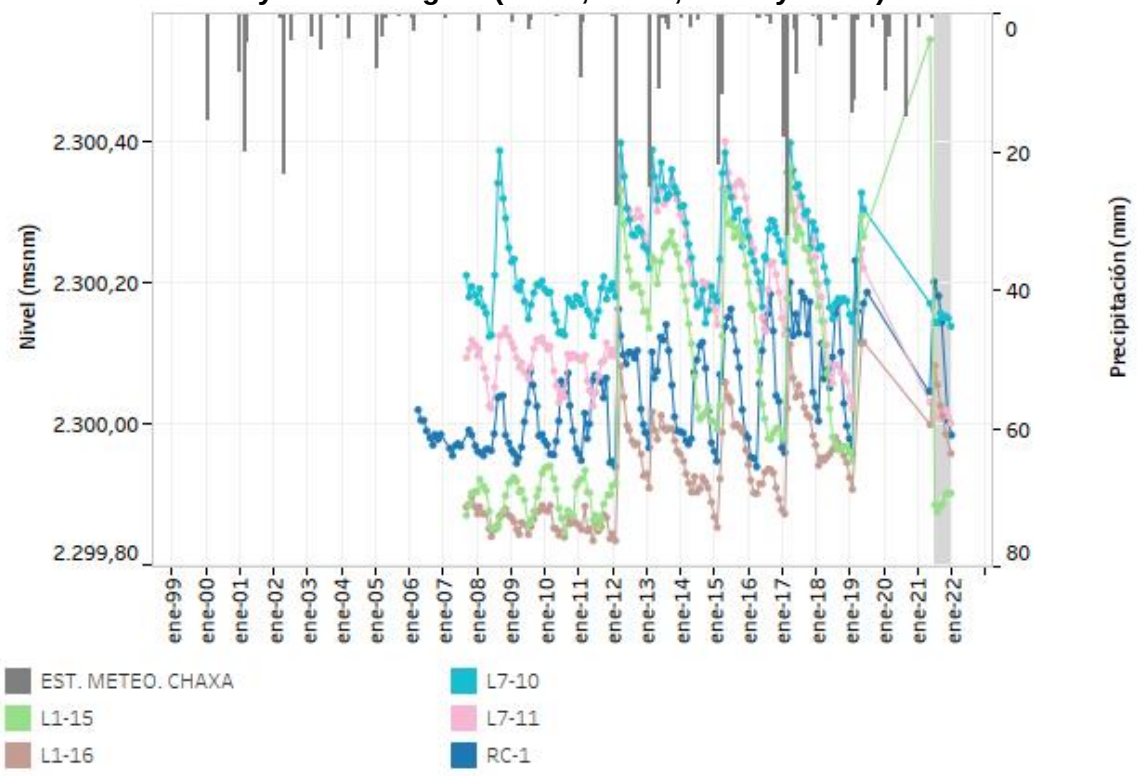
En la Figura 6-13 se muestran los niveles junto al RC-1 que se encuentra muy próximo a este subgrupo de pozos (ver Figura 6-14) y, como se ha descrito en el apartado anterior, muestra un comportamiento relacionado con los cuerpos de agua superficiales. Puede verse como, la menor cota la muestra el L1-16, por encima estaría el nivel del RC-1 y luego el L1-15. Estas diferencias de potencial hidráulico, junto con la ubicación entre ellos (ver Figura 6-14) y respecto el sistema lagunar, daría cuenta que efectivamente el L1-16 estaría recibiendo aportes superficiales y no el L1-15, confirmando el análisis del párrafo anterior. En este sentido, puede verse que la tendencia del punto RC-1 viene siendo ascendente de forma ininterrumpida desde 2012, lo que concuerda precisamente con que en el segundo semestre 2021 la cota del nivel del L1-16 por primera vez

supera a la cota del L1-15. Esto conduce a pensar que desde 2012 se está produciendo un ascenso localizado del nivel de agua superficial en el entorno del Canal de Burro Muerto.

Respecto de los puntos L7-10 y L7-11, se encuentran más al norte y más distantes con respecto el sistema de agua superficiales (ver Figura 6-14). El comportamiento observado en estos puntos es similar al descrito anteriormente del L1-15; fuertes ascensos producto de las lluvias y recuperación (descenso) hacia unos niveles con pendiente de descenso estable, que en este caso es de 2 y 2,7 cm/año consecutivamente y, tal y como puede observarse en la Figura 6-13, las cotas piezométricas entre estos tres puntos son similares.

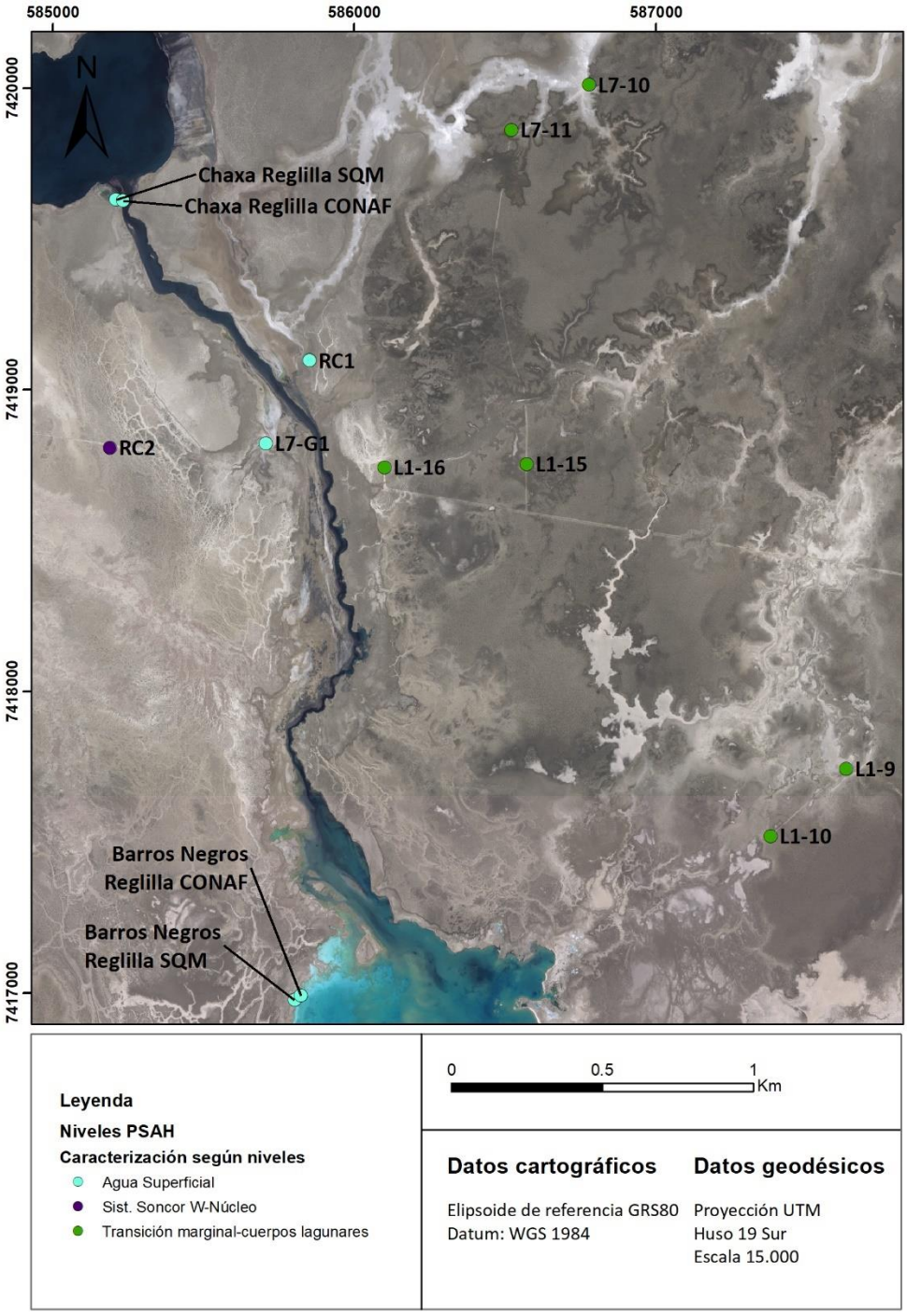
Si bien estos puntos no habían sido medidos desde mayo 2019, recién en mayo de 2021 se reiniciaron las mediciones, que se han mantenido estables durante el segundo semestre 2021. Los niveles registrados que se encuentran dentro del rango de valores históricos, lo que confirma que se mantiene el mismo comportamiento descrito anteriormente en esta área.

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.

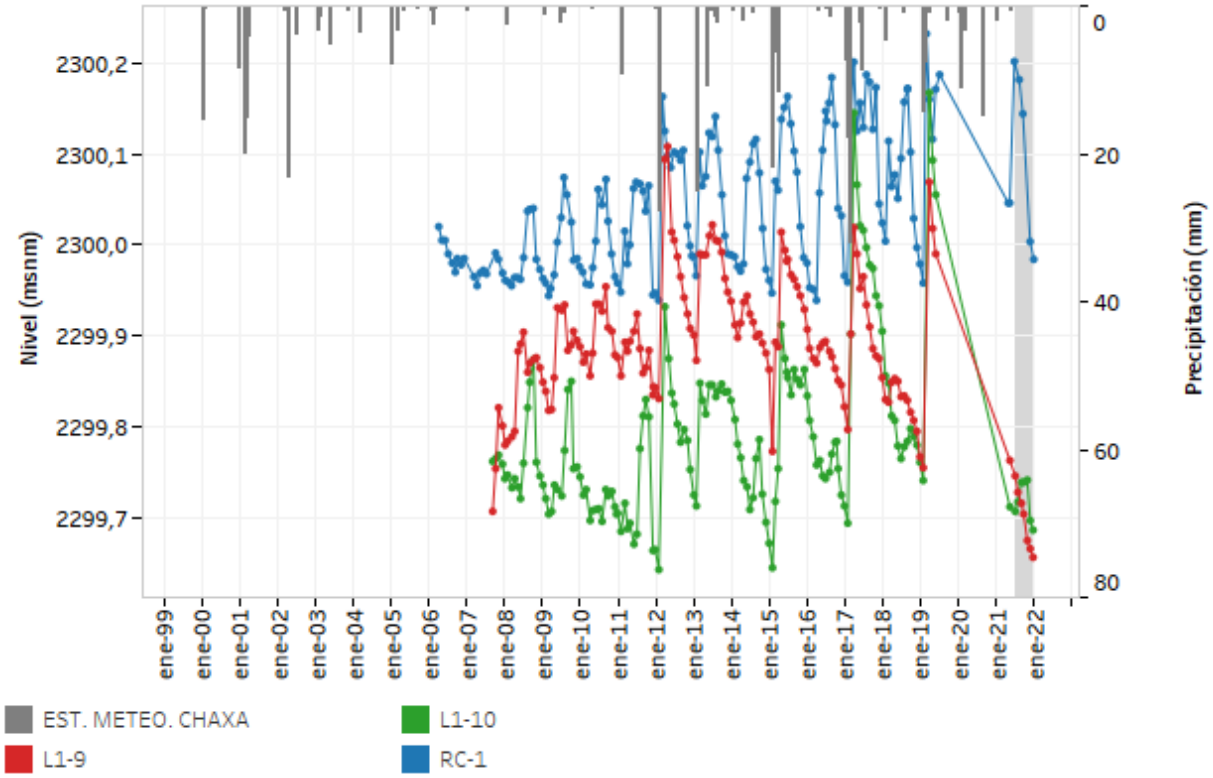
Figura 6-14: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2021.

Respecto de los puntos L1-9 y L1-10 se muestran en la Figura 6-15 junto el punto RC-1 como referencia para el análisis, tal y como se ha hecho en la figura anterior (ver en Figura 6-14 su distribución). En el caso del L1-10 el comportamiento se observa equivalente al descrito en el L1-16, con una tendencia promedio de ascenso de pendiente de 2.4 cm/año, mientras que el L1-9 se muestra con tendencia de descenso. De la misma forma que ha ocurrido entre el L1-15 y L1-16, se observa también que en el segundo semestre de 2021 se han registrado los niveles del L1-10 a cotas levemente superiores a la del L1-9. Lo que resultaría en que este este periodo de tiempo se estaría produciendo una elevación del nivel en el área más próxima al canal de Burro Muerto que significaría una dirección de flujo desde el canal y en dirección hacia el este. Así como en el caso del L1-15 y L1-16, se ha observado este comportamiento por primera vez en el registro histórico, en este caso (L1-9 respecto L1-10) ocurrió previamente producto de la lluvia de 2017 y la de 2019; será necesario ver las mediciones de los próximos meses para verificar que se mantenga esta inversión de las direcciones de flujo.

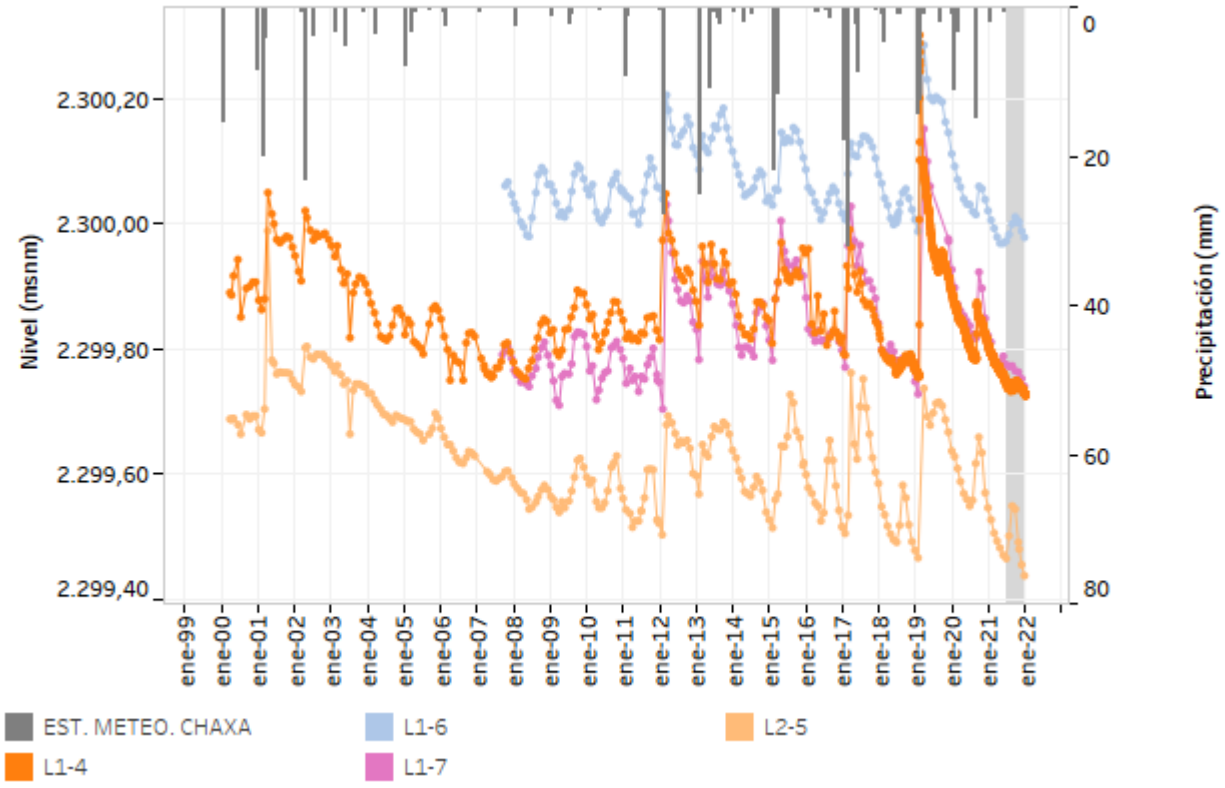
Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los puntos ubicados más al sur (L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5) se muestran en la Figura 6-16. Este set de puntos ha mantenido las mediciones regulares durante todo el periodo RCA 226/2006. Se observa, de la misma forma que los anteriores grupos, un cambio significativo en el patrón de niveles a partir de 2012, probablemente debido a la sucesión intercalada de años con fuertes lluvias, en comparación con el periodo entre 2007 y 2011. A partir de 2012, se observan oscilaciones poco regulares, a la vez que respuestas más rápidas a las lluvias en forma de ascensos fuertes y posterior recuperación hacia un nivel base (el ejemplo más evidente, la respuesta al evento de lluvia de 2019). En todos los casos, la tendencia generalizada es de descenso, con unas pendientes de entre 0,6 cm/año el L1-7 (que se encuentra más cercano al sistema de lagunas) y 1,8 cm/año el L1-4. Las mediciones correspondientes al segundo semestre 2021 confirmarían el comportamiento descrito, en donde se registran niveles mínimos en cotas inferiores respecto de los anteriores años en todos los casos al cierre del semestre.

Figura 6-16: 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 al sur de la laguna Barros Negros es donde históricamente se han producido los eventos de desborde de la laguna. En el sector de Cola de Pez (al oeste del cuerpo principal), en los pozos influenciados por estos episodios de desborde se han observado dos grupos; el primero es el que recibe el aporte directo del evento de desborde y que se caracteriza por mostrar respuestas inmediatas en sus niveles. El otro grupo es el que, por su ubicación, reciben la recarga de los desbordes de forma residual, es decir, en forma de recarga subterránea (peaks suavizados, de menor amplitud y más tardíos) y no en forma de recarga directa.

En la Figura 6-17 se muestran los niveles de los puntos que reciben en forma de recarga directa el desborde (L1-5, L1-8, L1-13, L1-G4 Pozo y Reglilla, L2-24, P1-3, P1-4, P1-5, P1-6 y P1-7). En ellos se observa una marcada estacionalidad (oscilación), que disminuye en la medida que el punto se encuentra más alejado de la zona por la que se produce el desborde, es decir, ya que se reduce la amplitud de la oscilación (por ejemplo, el L1-13 tiene una amplitud de 24 cm y para la misma fecha, en el P1-3 es de 7 cm). Se interpreta, por tanto, como un pulso que se produce localmente (punto de desborde) y que se propaga en dirección del sentido del flujo del acuífero (desde la laguna y en dirección suroeste), dando lugar a una reducción progresiva de la respuesta al desborde.

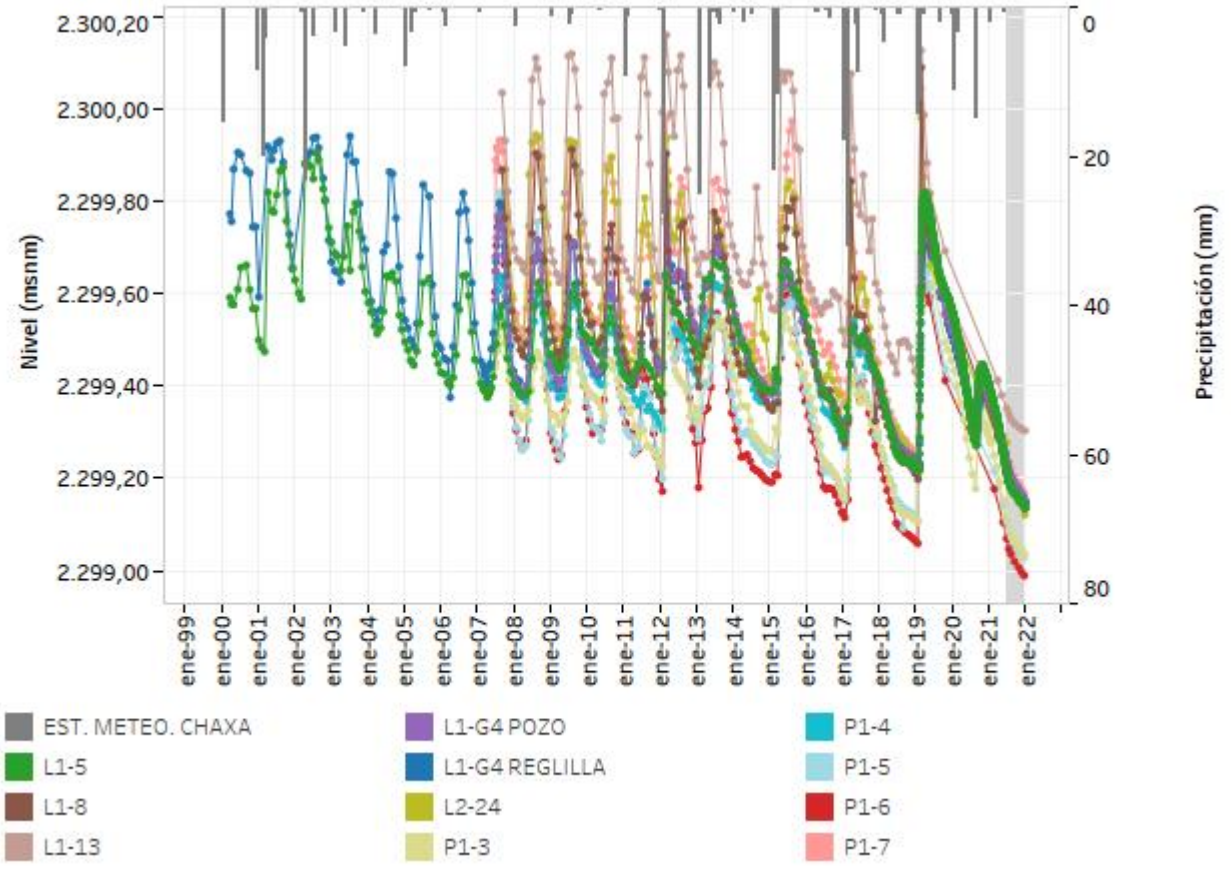
No obstante, es posible observar cómo esta dinámica cambió de forma progresiva durante el año 2011 y más evidente a partir de la lluvia de 2012; se estima que fue el evento a partir del cual cambió la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros (IDAEA-CSIC, 2018)[61]. A partir de esta fecha, se puede ver como se pierde la regularidad de la oscilación, las respuestas más evidentes de los niveles coinciden con los eventos de lluvia y, progresivamente, en los años 2014, 2016 y 2018, que fueron años secos, se mide un pulso cada vez más tenue dando a entender que durante estos años se produjeron cada vez menos desbordes hacia este sector. Por lo anterior, es posible concluir que estos puntos, hoy en día están midiendo los niveles del acuífero sin el aporte superficial que se recibía por los episodios de desborde. El acuífero en esta zona se

[61] Esta referencia bibliográfica se refiere al Informe de Investigación que se elaboró producto de la activación de los indicadores L1-5 y L1-G4 Reglilla, donde se presentó un análisis exhaustivo de la dinámica de la laguna Barros Negros y sus efectos sobre el acuífero.

caracteriza por responder de forma directa a las lluvias y presentar una tasa de descenso de unos 4 cm/año, aproximadamente.

De este grupo de puntos, varios han estado sin poder ser visitados desde octubre 2019 (P1-7, P1-6, P1-5, L1-13, L2-24 y L1-8, los dos últimos no se medían desde mayo 2019). En el primer semestre de 2021 todos volvieron a visitarse y durante el segundo semestre (2021) se han podido mantener las visitas regulares. Los niveles obtenidos se mantendrían dentro el rango de valores esperados según el registro histórico, con tendencia descendente y que no se prevé que cambie hasta que no se produzca un nuevo evento de precipitación de gran magnitud.

Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez



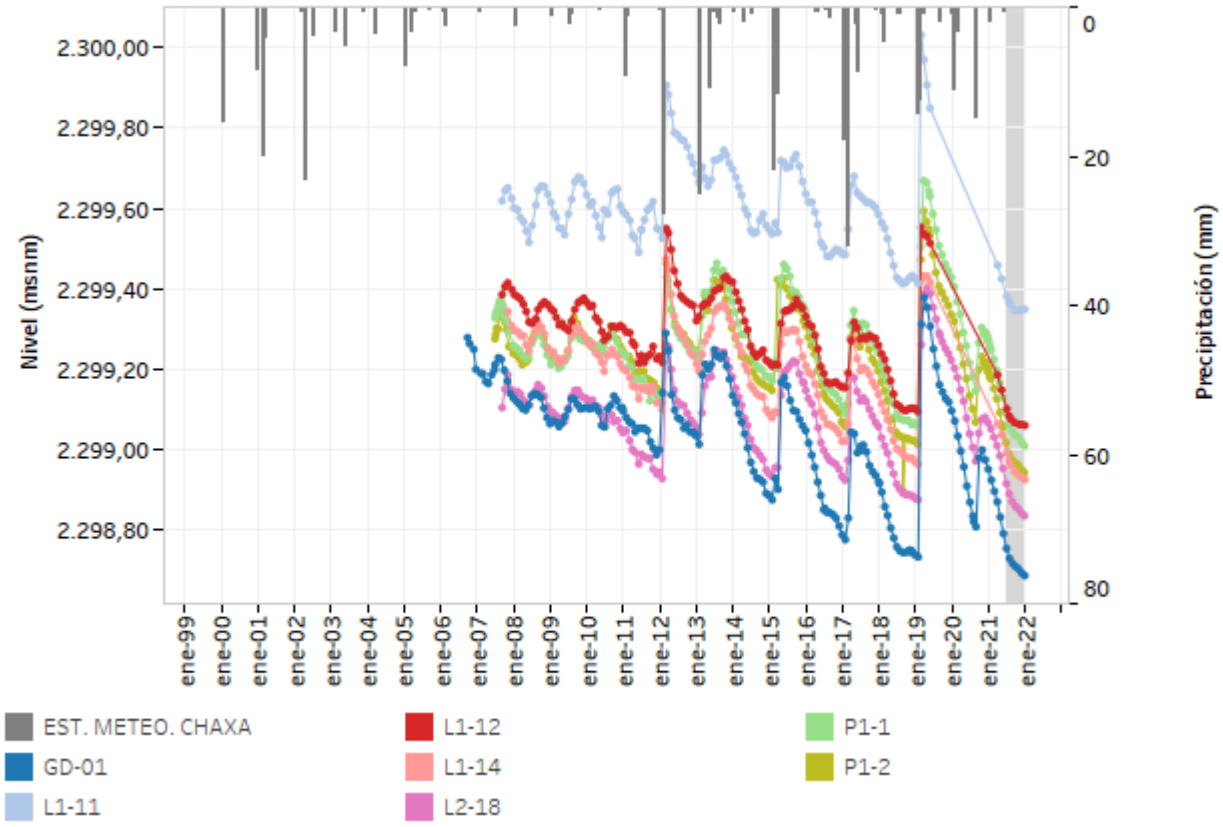
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los pozos que se sitúan más alejados del punto de desborde de Cola de Pez (GD-01, L1-11, L1-12, L1-14, L2-18, P1-1, P1-2) se muestran en la Figura 6-17. En general, se caracterizan por presentar una amplitud de la oscilación que disminuye y se suaviza en la medida que el pozo se encuentra más alejado. Se diferencian además de los anteriores (influenciados de forma directa) porque las cotas en este caso son inferiores; disminuye la cota de forma gradual a medida que el punto se encuentra más alejado de la zona de desborde, marcando así la dirección de flujo. Todo esto conduce a concluir que el agua proveniente de la descarga llega a estos puntos como un pulso de recarga subterránea.

De la misma forma que se ha identificado en el anterior grupo de pozos (los influenciados de forma directa por el desborde), estos puntos, como es de esperar, también muestran en sus niveles el cambio de la dinámica de desborde de Barros Negros, por lo que, hoy en día, estos puntos presentan la respuesta debida a la recarga directa de precipitación con posterior recuperación (descenso) hacia unos niveles que se mantienen con una tendencia de descenso estable.

De este grupo, los puntos L1-11, L1-12 y L1-14 no eran medidos desde mayo 2019. Ya desde el primer semestre 2021 se empezó a medir el grupo completo de esta área, lo que se ha mantenido también para el segundo semestre (2021). Los niveles medidos, de la misma forma que el anterior grupo descrito, se mantienen dentro el rango de valores esperados según el registro histórico con tendencia de descenso.

Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez



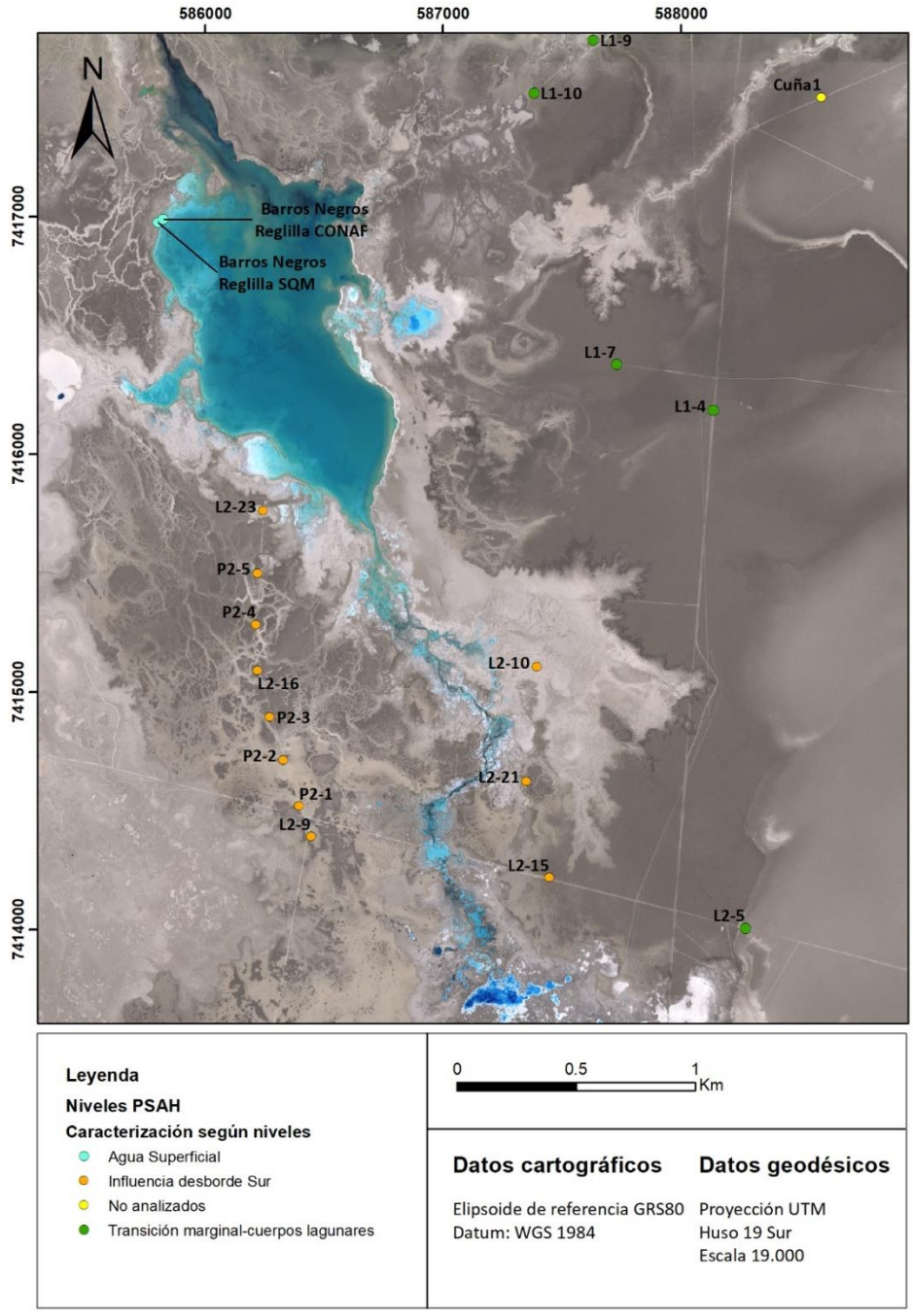
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El siguiente grupo de puntos a analizar son los que se encuentran influenciados por el desborde hacia el sector sur de la laguna Barros Negros, llamado Desborde Sur (L2-9, L2-10, L2-15, L2-16, L2-21, L2-23, P2-1, P2-2, P2-3, P2-4 y P2-5). Se conoce a partir de los estudios que se han elaborado en la cuenca en los últimos años (IDAEA-CSIC, 2018) y como se mencionaba anteriormente, que la dinámica de desborde de la laguna cambió a partir de las lluvias de febrero de 2012; a partir de esta fecha los desbordes hacía Cola de Pez perdieron intensidad para favorecer la salida a través del límite sur de la laguna. Ello produce una serie de cambios en los niveles de los puntos de control de esta zona y que se describen a continuación.

Los pozos influenciados por el Desborde Sur se han dividido en dos figuras (Figura 6-20 y Figura 6-21)para mostrar mejor los distintos comportamientos. En ambas, se acompañan de los niveles

de la Reglilla Barros Negros SQM como referencia para el análisis. En la Figura 6-19 se muestra un mapa de acompañamiento con la ubicación de los puntos descritos en esta sección.

Figura 6-19: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2021.

En la Figura 6-20 se muestra un primer grupo de pozos, que se caracteriza por estar estrechamente ligados al nivel de la reglilla de Barros Negros. Como puede verse, el punto L2-23 se solapa completamente (en cota y en amplitud de oscilación) con el nivel de la reglilla de la laguna a partir de la segunda mitad del año 2010 y, dada su ubicación con respecto al límite de la laguna, se interpreta que este punto en realidad está midiendo las oscilaciones del cuerpo lagunar. Es decir, que se podría decir que el límite de la laguna habría aumentado hasta alcanzar este punto.

Ocurre algo similar con el punto P2-5, que durante el periodo de entre 2007-2017 se muestra oscilante a una cota inferior a la de la laguna (Figura 6-20), pero, a partir de 2017, se observa cómo se solapan los niveles durante los meses de (niveles) máximos. Se trata del siguiente punto más cercano al cuerpo de la laguna en este sector, después del L2-23. Así, por ubicación y comportamiento de los niveles, se extrae que durante los periodos húmedos del año el límite del cuerpo lagunar llega hasta la ubicación de este punto.

Los puntos hasta ahora mencionados (reglilla Barros Negros, L2-23 y P2-5), dejaron de poderse visitar en octubre de 2019 y no volvieron a medirse hasta el primer semestre 2021. Durante el segundo semestre 2021 se dispone de mediciones entre julio y septiembre. Esto lleva a que sea complejo poder determinar por ejemplo si el P2-5 mantiene los niveles a la misma cota que la reglilla solo en algunas épocas del año, o bien ya se ha solapado durante todo el año, tal y como lo hizo el L2-23 en 2010.

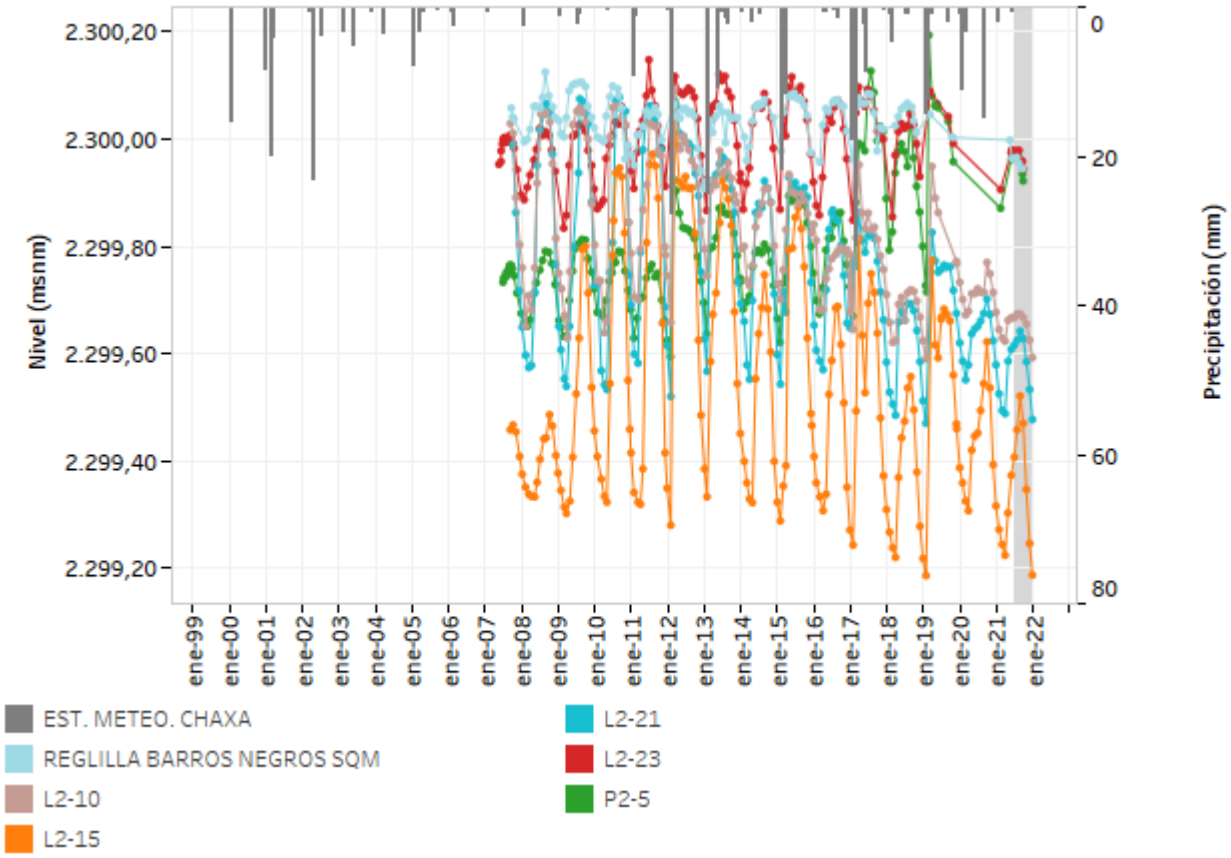
En el lado este del Desborde Sur, se encuentran los puntos L2-10, L2-21 y L2-15 (ver mapa en la Figura 6-19). En la Figura 6-20 se puede ver como en los puntos L2-10 y L2-21 durante el periodo entre 2007 a 2011 los niveles máximos alcanzaban cotas similares a las de la reglilla Barros Negros (no iguales como en los casos anteriores). A partir del 2012, los máximos alcanzados cada vez se encuentran en cotas más bajas (los mínimos se mantienen estables). Esto significa que, a partir de ese año, el Desborde Sur dejó de recargar con la misma intensidad la zona de estos puntos durante los meses húmedos de crecidas. Desde el evento de precipitación de 2019 y hasta el cierre del segundo semestre 2021, estos puntos han ido reproduciendo un descenso promedio a la vez que las oscilaciones estacionales de este sector, lo que destaca ya que en este periodo los máximos y los mínimos también se han ido

reproduciendo en cotas más bajas cada año; será necesario observar los próximos meses para determinar si este último periodo corresponde a una recuperación (descenso) posterior a las lluvias o bien se volverá el anterior patrón con los mínimos estables en cota.

Algo similar se observa en el punto L2-15 (Figura 6-20), que a partir del año 2009 va aumentando la cota de los máximos hasta alcanzar prácticamente la de la reglilla de la laguna en 2012. Posterior a este año, empieza a mostrar un descenso promedio de los niveles. De entre los tres puntos (L2-10, L2-21 y L2-15) se calcula que la tasa promedio de descenso es de entre 2,8 y 3,8 cm/año, y se observa también en todos los casos que las oscilaciones se vuelven menos regulares en frecuencia y amplitud. Se extrae, por tanto, que durante el periodo entre 2009-2012 aproximadamente, el Desborde Sur llegó a cubrir el área de estos puntos y posteriormente, esta área dejó de recibir el aporte de la laguna.

El análisis que se deriva de estos tres puntos da cuenta que la dinámica de desborde hacia este sector es una dinámica cambiante con los años, tal y como es esperable para un sistema lagunar que se encuentra sobre un terreno con pocas variaciones de relieve topográfico. Esta es una conclusión a la que otros análisis también han llegado, como por ejemplo el elaborado por Le Roux en 2018 a partir del estudio de los depósitos sedimentarios en la zona.

Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1)



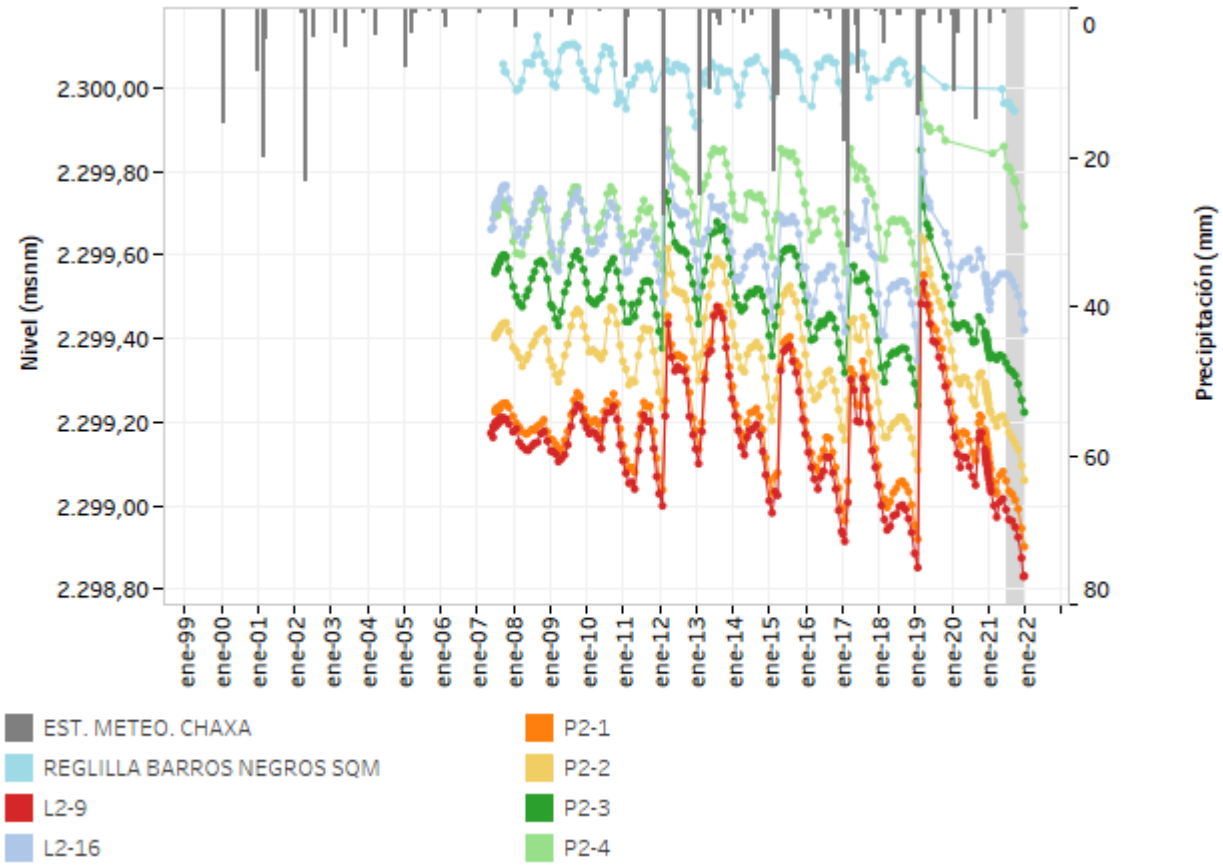
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Del segundo grupo de puntos influenciados por el Desborde Sur (Figura 6-21) se destaca el gradiente hidráulico que hay entre la reglilla de Barros Negros y estos puntos. Se observa también que estos puntos reproducen los ciclos estacionales (de máximos y mínimos) de la laguna (a cotas más bajas) de una forma suavizada, a la vez que también responden a los eventos de lluvia. Se interpreta por tanto que estos puntos reciben la recarga proveniente del desborde, pero a través del acuífero, en forma de pulso, además de la recarga directa por lluvia. Se observa también que los mínimos reproducen también una tendencia al descenso desde el inicio de las mediciones, en mayo 2007, de unos 2 cm/año.

Los valores medidos de este grupo de pozos, para el periodo del segundo semestre de 2021, permiten observar como el L2-16 registra la oscilación estacional más notoria de este subgrupo, a la vez que se mantiene la tendencia de descenso descrita anteriormente. Puede verse como el

resto de los puntos, muestran cada vez menos evidente la oscilación estacional en la medida que éstos se ubican más lejos de la laguna.

Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

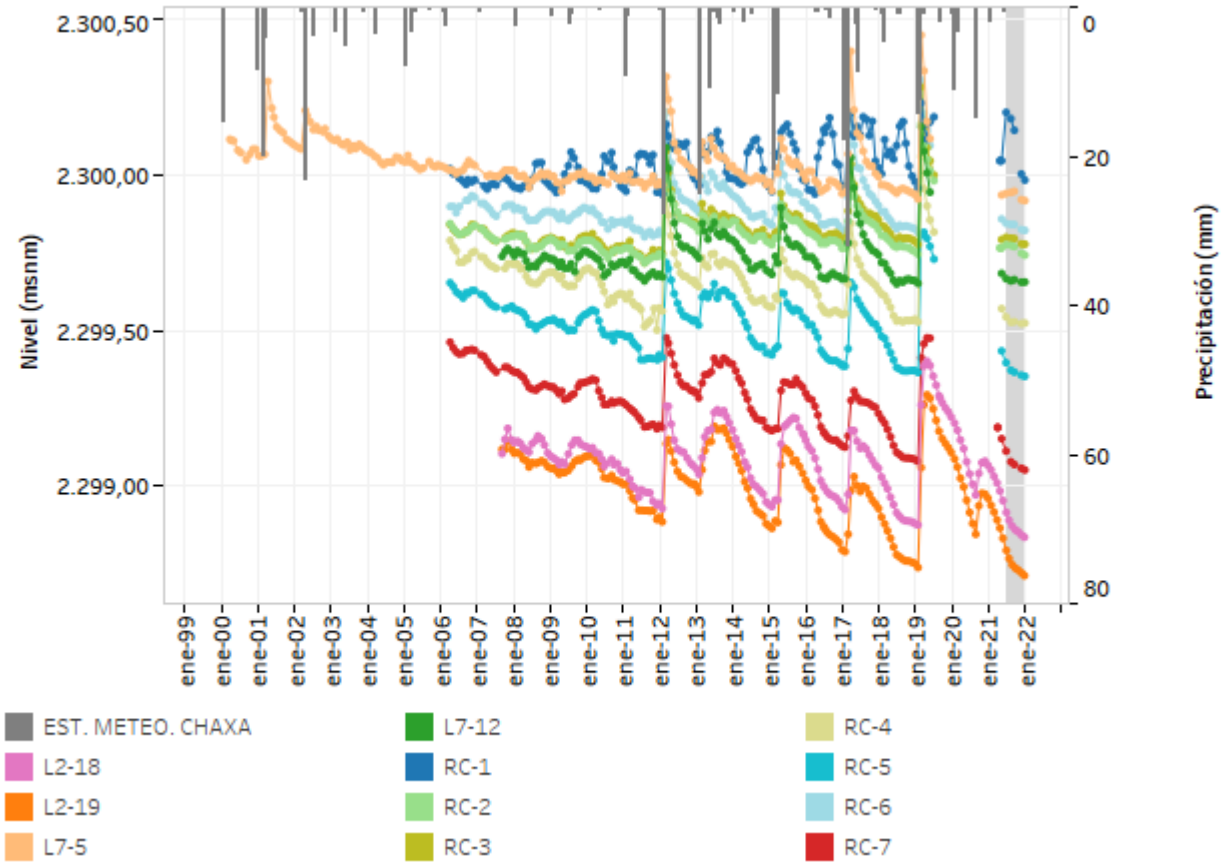
Al oeste de las lagunas Chaxa y Barros Negros, se encuentra otro grupo de pozos; se trata de los puntos L2-18, L2-19, L7-4, L7-12, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-22, junto con el nivel del pozo RC-1 que, aunque se ha mostrado su evolución en el conjunto de puntos con comportamiento relacionado a los cuerpos de agua superficial, se muestra de nuevo como referencia para el análisis.

Los niveles del acuífero en este sector no muestran un comportamiento estacional, aunque sí se presentan algunas oscilaciones poco regulares y esporádicas. Por otro lado, se observa que la respuesta a los eventos de precipitación no es siempre proporcional a la intensidad de la lluvia y

el tiempo de respuesta también varía. Este grupo de pozos destacan también por presentar un gradiente hidráulico con respecto el punto RC-1 (usado como referencia de los cuerpos de agua superficial). Se destaca también que la pendiente de descenso que describen los mínimos de los niveles (cuando no hay efecto de recuperación de las lluvias), aumenta en la medida que los puntos se encuentran más cercanos al núcleo; si se toma el periodo a partir de 2012 para la comparación, el punto L7-5 no muestra apenas descenso, el punto RC-5 tiene un descenso de unos 2,5 cm/año y el punto L2-19 es de 3,3 cm/año. Estos aspectos descritos llevan a la conclusión de que esta zona es una transición desde el área de recarga del norte y hacia el núcleo.

Este grupo, a excepción del L2-18 y L2-19, llevaban sin poder medidos desde mayo-junio 2019 y recién en el mes de mayo 2021 se volvieron y durante el segundo semestre (2021) se ha podido mantener la visita de éstos de forma regular a todos los puntos de este subgrupo. Las cotas de los niveles obtenidos se encuentran dentro del rango histórico, mostrando una tendencia de descenso durante el periodo reportado, lo que es esperable ya que no se ha producido ningún evento de lluvia que pudiera cambiar la tendencia descrita.

Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tal y como se ha descrito, en la zona marginal es donde se encuentran los objetos de protección definidos para el sistema Soncor. En este sentido, una vez analizados los niveles históricos junto con la nueva información del segundo semestre 2021, puede concluirse que el sistema se mantiene con las variaciones esperadas según el tipo de comportamiento, por lo que los objetos de protección también se mantienen fluctuando dentro de comportamiento estacional esperado. En el capítulo 6.2. Análisis del Plan de Contingencias Análisis de Contingencias se analiza el estado de los objetos de protección a través de la revisión de los indicadores de estado, por lo que puede encontrarse más detalle.

6.1.1.1.6 Pozos en Zona núcleo

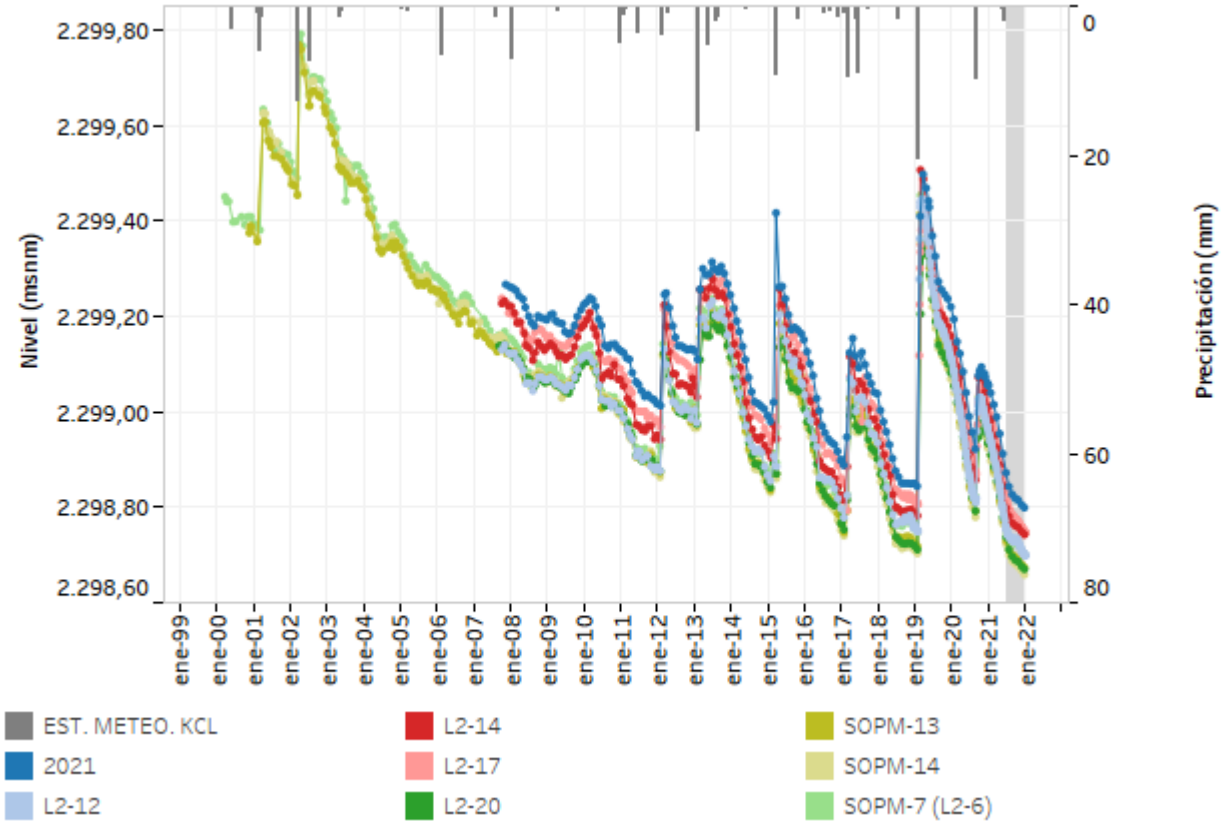
Cerrando el análisis de los puntos del sistema Soncor, el último grupo de puntos son los que se encuentran sobre el núcleo del Salar. Se trata de los pozos SOPM-7 (L2-6), SOPM-13, SOPM-14, L2-14, L2-12, L2-17, L2-20 y 2021, de los que se muestran sus niveles en la Figura 6-23. Estos no presentan estacionalidad, responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso. Además, se caracterizan por el bajo gradiente hidráulico que se observa entre ellos (los niveles se presentan en cotas piezométricas similares), dando cuenta de lo plana que se encuentra la superficie piezométrica en este sector.

Este comportamiento es característico de este tipo de acuífero, dominado por fracturas o disoluciones. La tendencia histórica del núcleo ha sido, de acuerdo con lo esperado, con tendencia al descenso y presentando recuperaciones solo debido a los episodios de precipitación, que actúan como recarga directa. A la tendencia de descenso base (preoperacional), se sobrepone el efecto de la extracción de salmuera de los dos actores de la cuenca (SQM y Albemarle) lo que implica una tasa de descenso más acusada. Estos puntos han demostrado ser sensibles a las modificaciones de las tasas de extracción de salmuera, tal como se comprobó en el informe de Efectividad de Acción, producto de la activación de los indicadores de Soncor (IDAEA-CSIC, 2018), con la estabilización del descenso observado en los puntos L2-17, L2-14 y SOPM-14 y una recuperación observada en el punto L2-12.

Los niveles medidos en el segundo semestre de 2021 corroboran el análisis descrito, mostrando una tendencia de descenso estable en todos los casos.

La conclusión general del sistema Soncor – Vegetación Borde Este, es que los niveles mantienen las tendencias esperadas para cada subsector del sistema. Destaca también que para el presente semestre descrito se cuenta con mediciones regulares para prácticamente todos los puntos, lo que favorece los análisis y el seguimiento de las tendencias.

Figura 6-23: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor



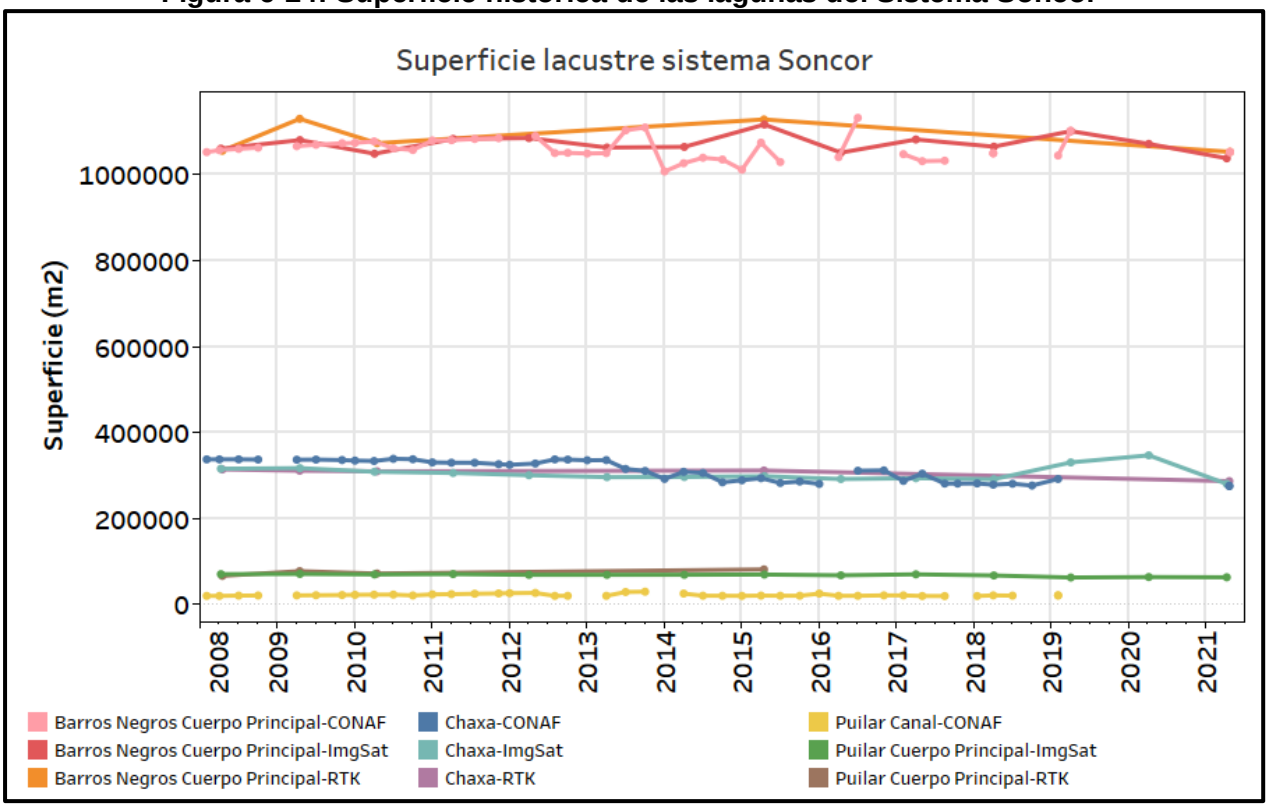
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.2 Superficie de los sistemas lacustres

El conjunto lacustre del sistema Soncor está compuesto por las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros. La superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida históricamente a través de imágenes satelitales, estacas perimetrales y levantamiento topográfico. La Figura 6-24 muestra la evolución temporal de la superficie lacustre del sistema Soncor.

Al comparar las mediciones por imágenes satelitales con las de estacas perimetrales se puede señalar que para el caso de las lagunas de Barros Negros y Chaxa no se observan diferencias sistemáticas entre ambas metodologías. Mientras que para el caso de Puilar, las mediciones efectuadas mediante estacas son consistentemente menores, esto es debido a que en este caso las estacas solo corresponden a la superficie del canal de aporte y no al de la laguna como tal, debido a que fue incorporado inicialmente como un seguimiento experimental durante el año 2004 en el informe de Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama.

Figura 6-24: Superficie histórica de las lagunas del Sistema 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, evaporación, velocidad del viento y temperatura desde el inicio del proyecto (Figura 5-25). La precipitación, evaporación y temperatura son parámetros condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema.

La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. El primer periodo, 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. Sin embargo, durante el segundo semestre de 2021

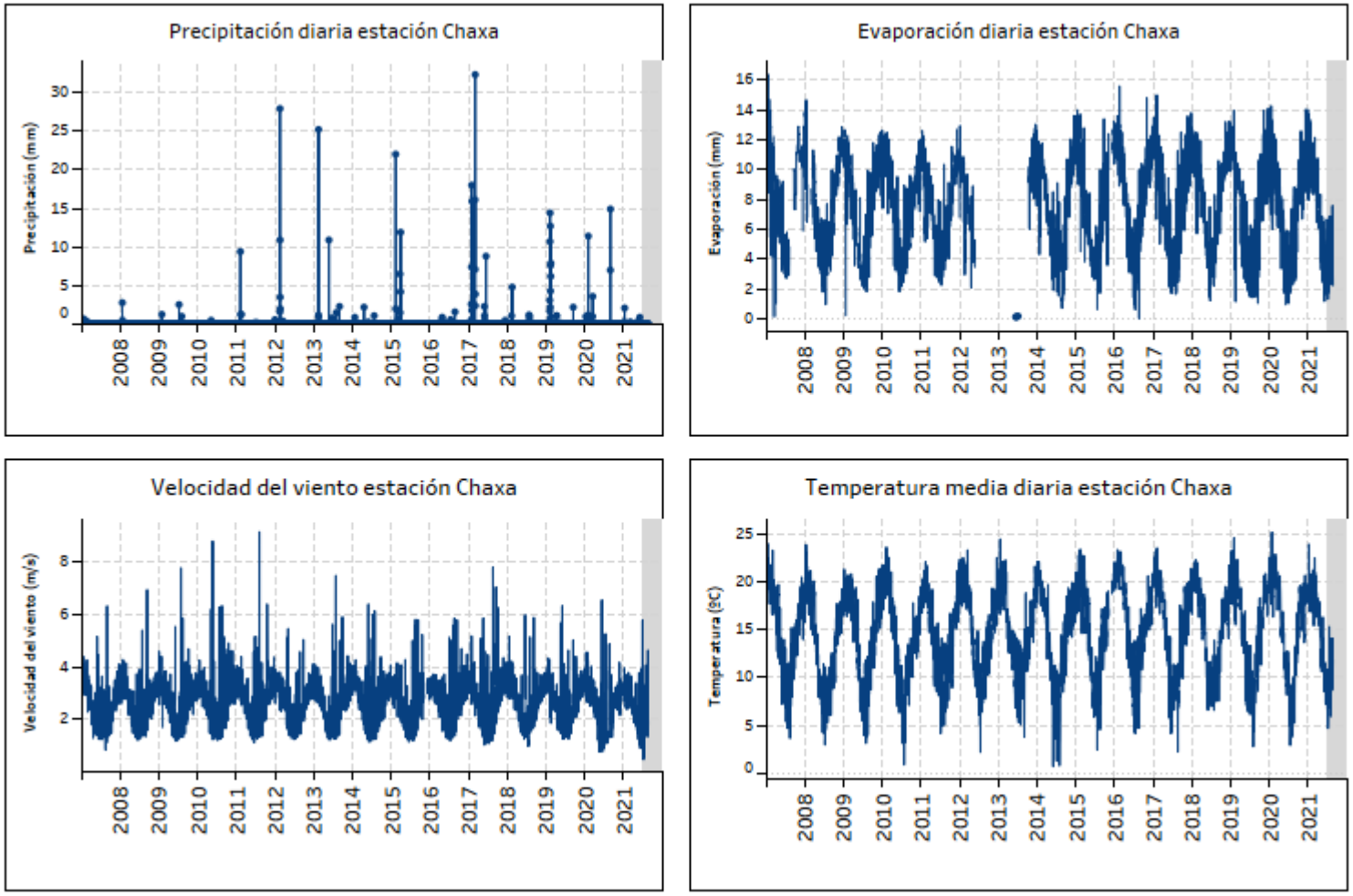
no se han registrado eventos de precipitación, situación esperable dentro del periodo a reportar, ya que los eventos pluviométricos están mayormente, relacionados al invierno altiplánico que se desarrolla en contexto de verano austral. Así el registro total acumulado durante este periodo es igual a 0,0 mm.

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con máximos en verano. Cabe señalar que aquellos pozos que tienen una periodicidad anual en sus niveles se encontrarían determinados por la evaporación y la temperatura del sector.

Finalmente, mencionar la falta de datos de evaporación entre mediados de mayo de 2012 hasta octubre de 2013, que se reportó en el informe Nº10 del PSAH. Por otro lado, el equipo de medición de evaporación de la estación presento falla en sensor durante el periodo a reportar; el restringido acceso a esta estación no permitió realizar un debido mantenimiento a los sensores, por lo que, estos datos han debido ser rellenados. Situación que se replica los primeros días de julio influyendo en los datos de precipitación, temperatura y velocidad de viento[62].

[62] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación los datos de evaporación, precipitación, temperatura y velocidad del viento debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 9.2).

Figura 6-25: Meteorología Estación Chaxa

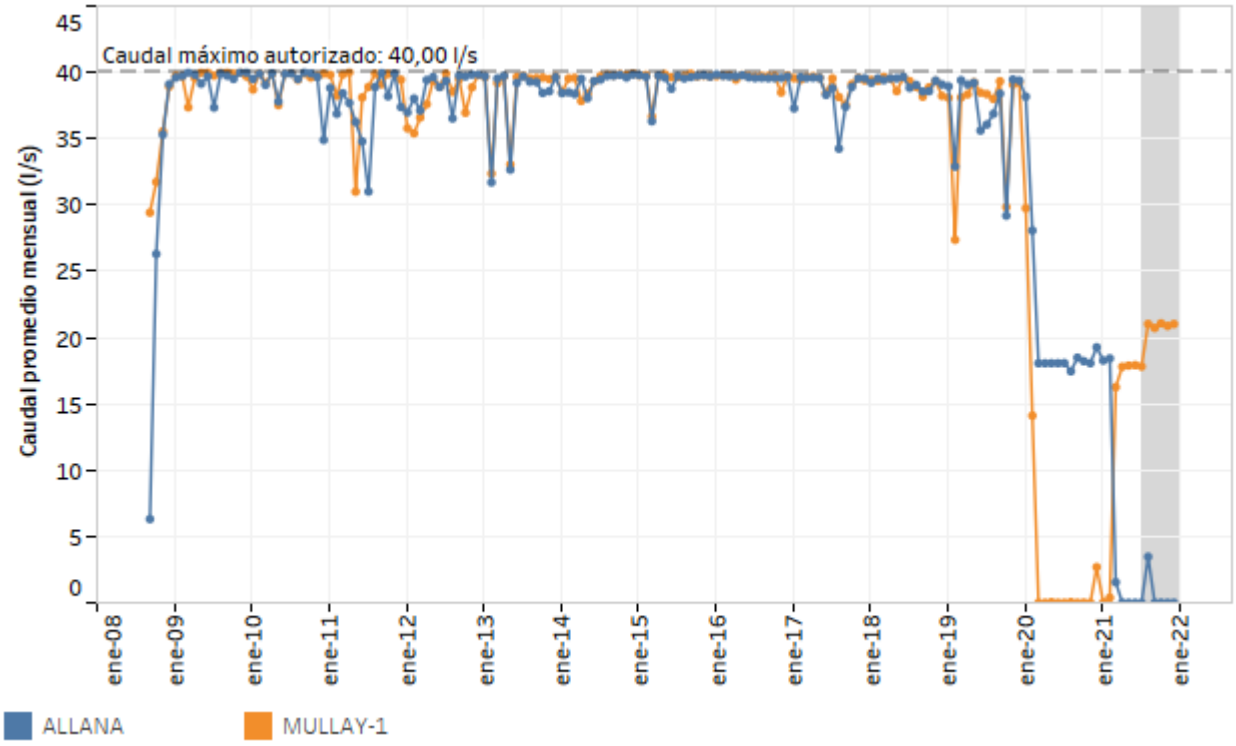


Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.4 Caudal bombeado

Los pozos de bombeo de agua industrial Mullay-1 y Allana (ubicados en el sector aluvial frente al sistema Soncor) iniciaron sus operaciones el día 15 de septiembre de 2008. En la Figura 6-26 se muestran los caudales medios mensuales históricos hasta 31 de diciembre de 2021. Desde su puesta en marcha, ambos pozos han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s cada uno). A partir de junio 2018 ambos se mantuvieron alrededor de los 39 L/s y en 2019 disminuyó el régimen de extracción, registrando mínimos sobre los 27 L/s. En febrero de 2020, en un marco de decisiones de carácter operacional, se reduce a más de la mitad el caudal del pozo Allana (unos 18 L/s) y se deja de bombear el Mullay-1. Durante el 2021, se invierte el escenario dejando de bombear caudal en Allana y a la vez, reactivando la operación en Mullay-1, ambos desde el mes de marzo. Esta situación se extiende durante todo el segundo semestre 2021.

Figura 6-26: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.5 Calidad Química

6.1.1.5.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

La evolución histórica de los parámetros fisicoquímicos medidos en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor se presenta en las siguientes figuras: Figura 6-27, Figura 6-28, Figura 6-29, Figura 6-30, Figura 6-31,Figura 6-32, Figura 6-33, Figura 6-34, Figura 6-35, Figura 6-36 y Figura 6-37, que corresponde a los puntos L2-4, L1-4, L1-5, L1-6, L2-3, L2-5, L7-3, SOPM-7 (L2-6), SOPM-14, L1-G4 Reglilla, L7-G1, respectivamente[63, 64].

Los pozos de monitoreo ubicados en el aluvial (L2-3) o en la zona marginal próxima al aluvial (L7-3 y L2-4), son los que presentan menores valores de CE (< 15 mS/cm) y STD (< 20.000 mg/L) y una densidad muy próxima a 1,0 g/mL.

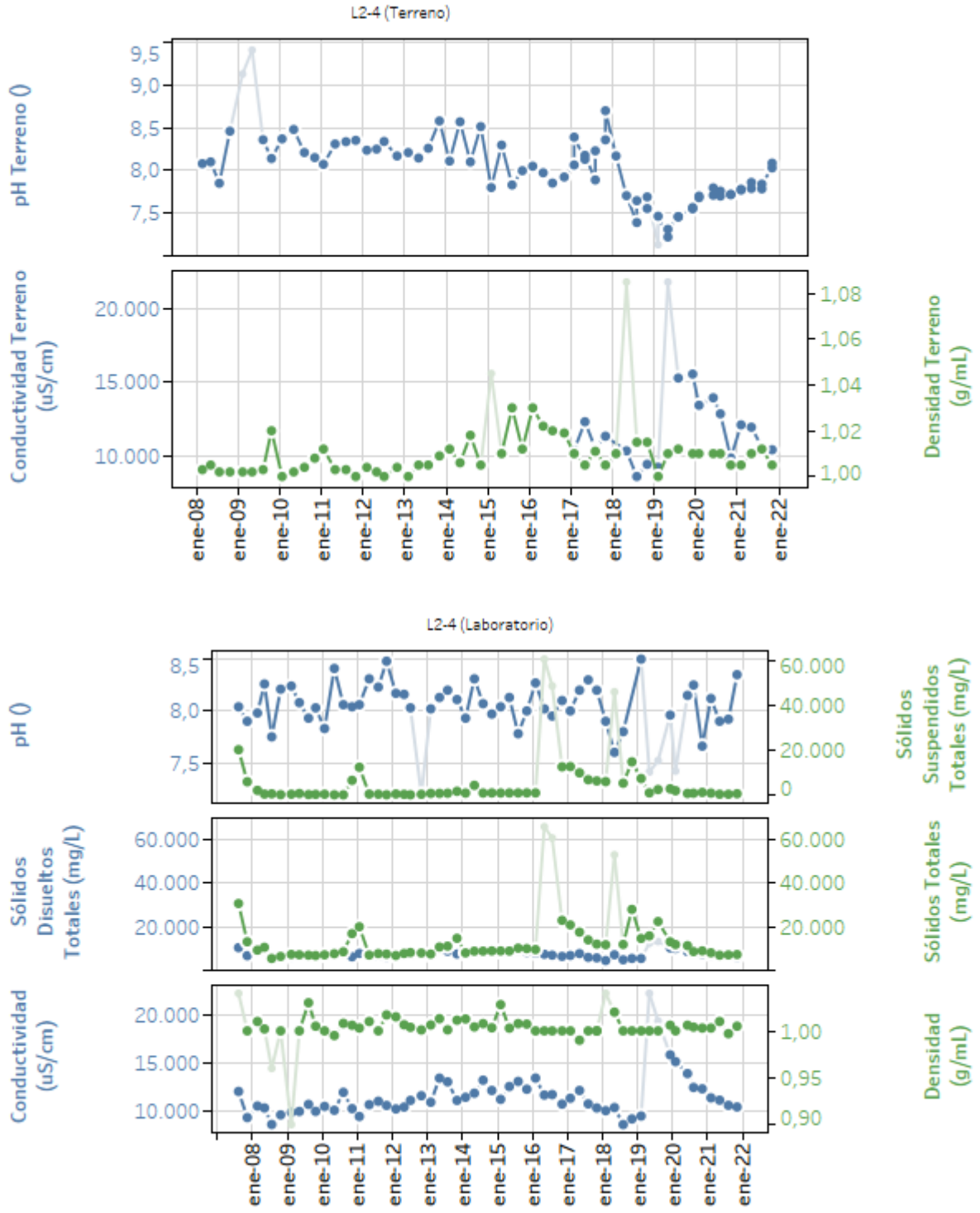
La reglilla L7-G1 presenta una marcada estacionalidad para la conductividad y los sólidos disueltos y totales, mostrando valores máximos en verano y mínimos en invierno, coincidente con el régimen de evaporación y contrario al régimen de caudales del canal de Burro Muerto.

El resto de los puntos presentan características de salmuera (densidad >1,2 g/mL, STD >200.000 mg/L y CE > 200.000 µS/cm) por encontrarse en el núcleo o en la parte más distal de la zona marginal, al oeste del afloramiento de la interfaz salina.

[63] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008. Se adjuntó carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

[64] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjuntó en el Anexo 10.2 del informe 27 la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se produjo por un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para evitar que vuelva a suceder.

Figura 6-27: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4



Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-28: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4

Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD (Límite Detección) o >LM (Límite Medición, máximo) se presentan en los gráficos = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

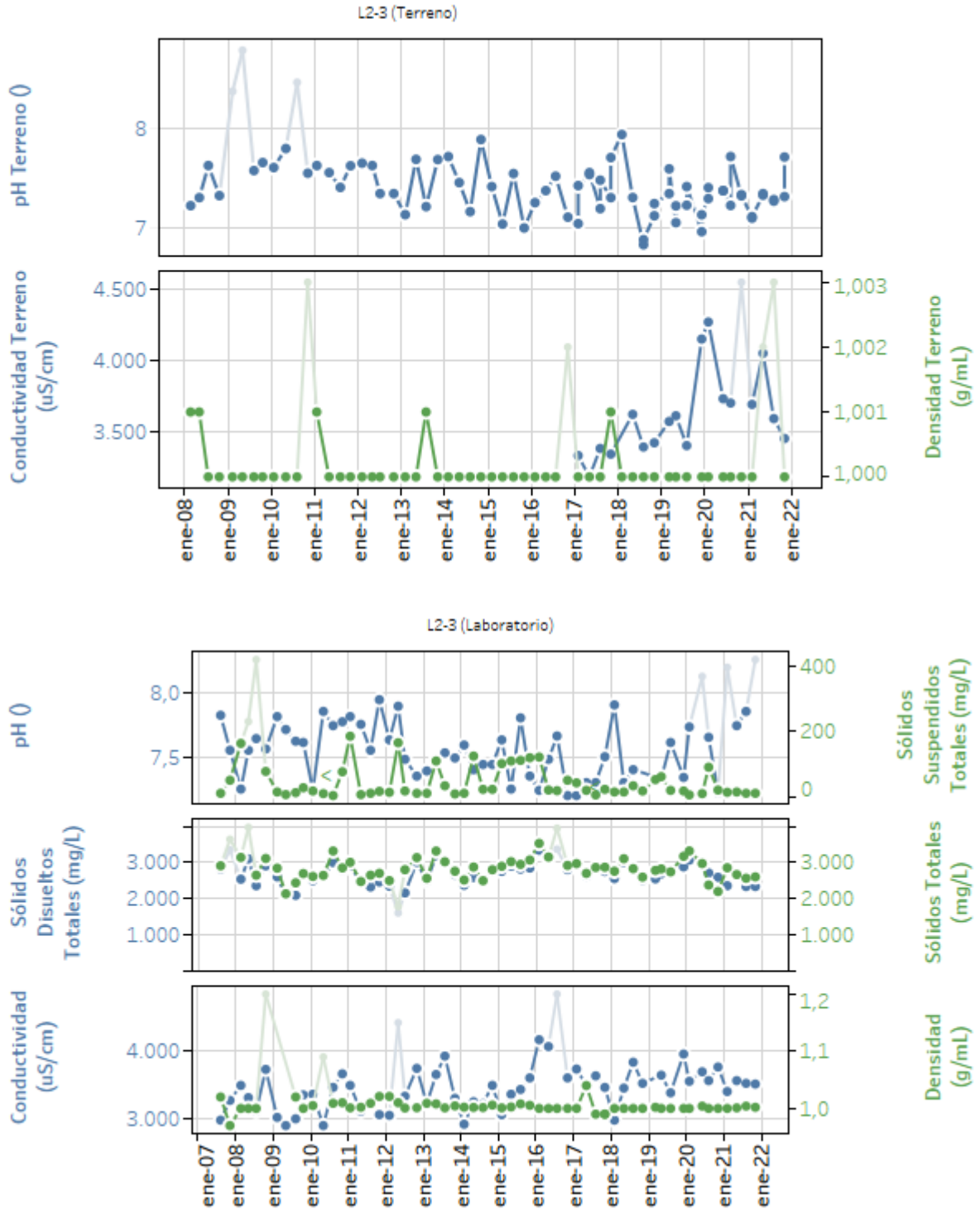
Figura 6-29: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5

Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta ”<” o “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6

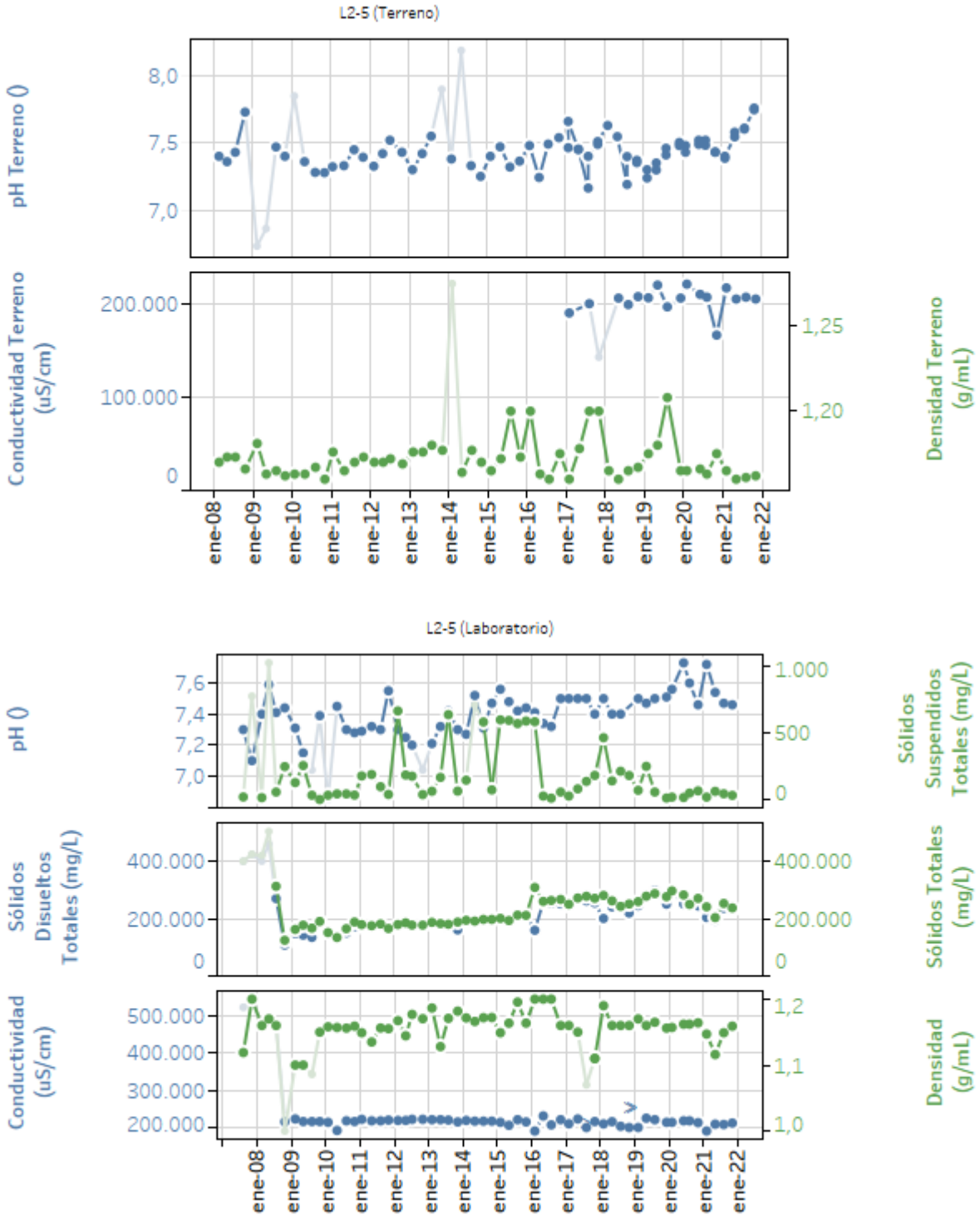
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta ”<” o “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3



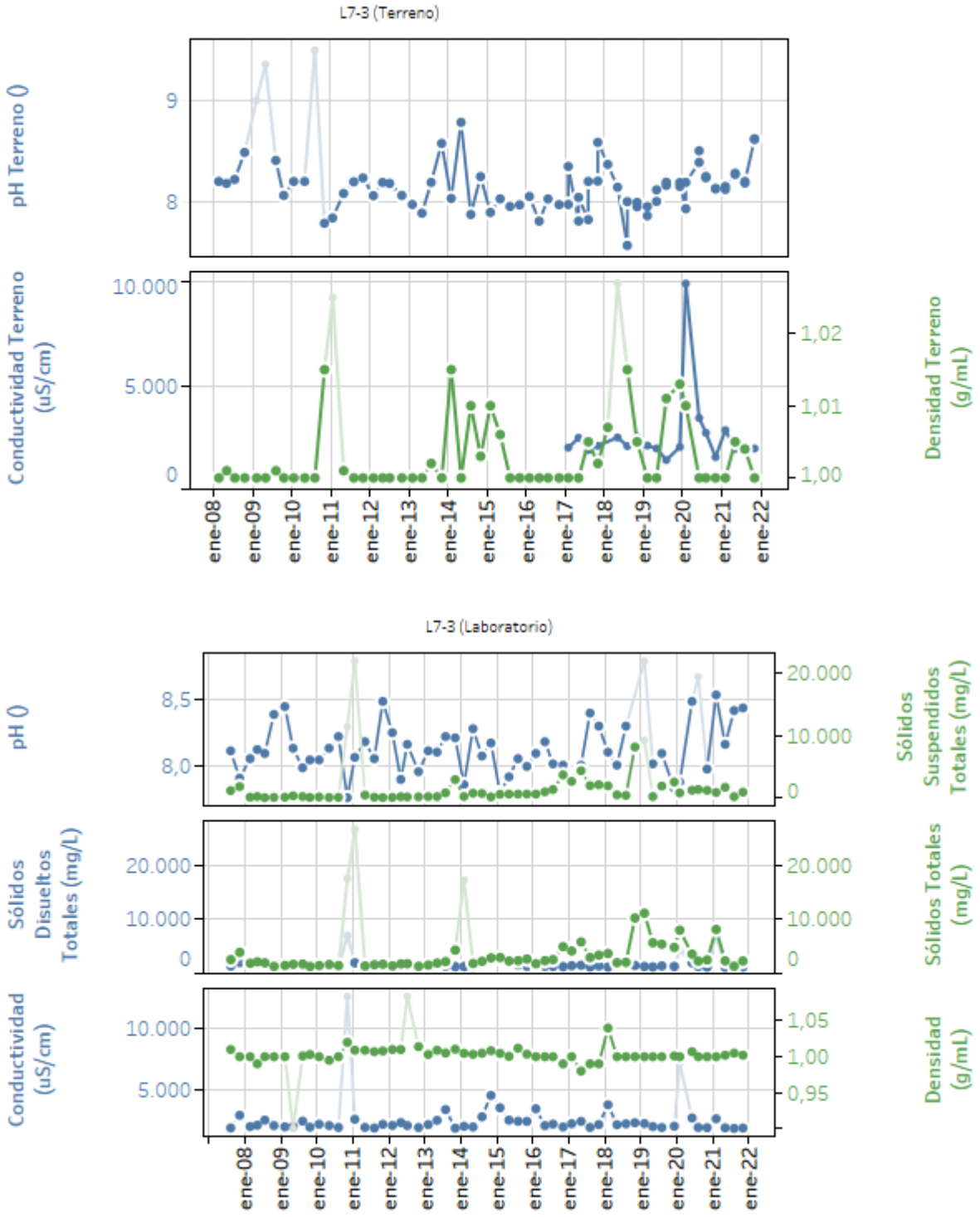
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5



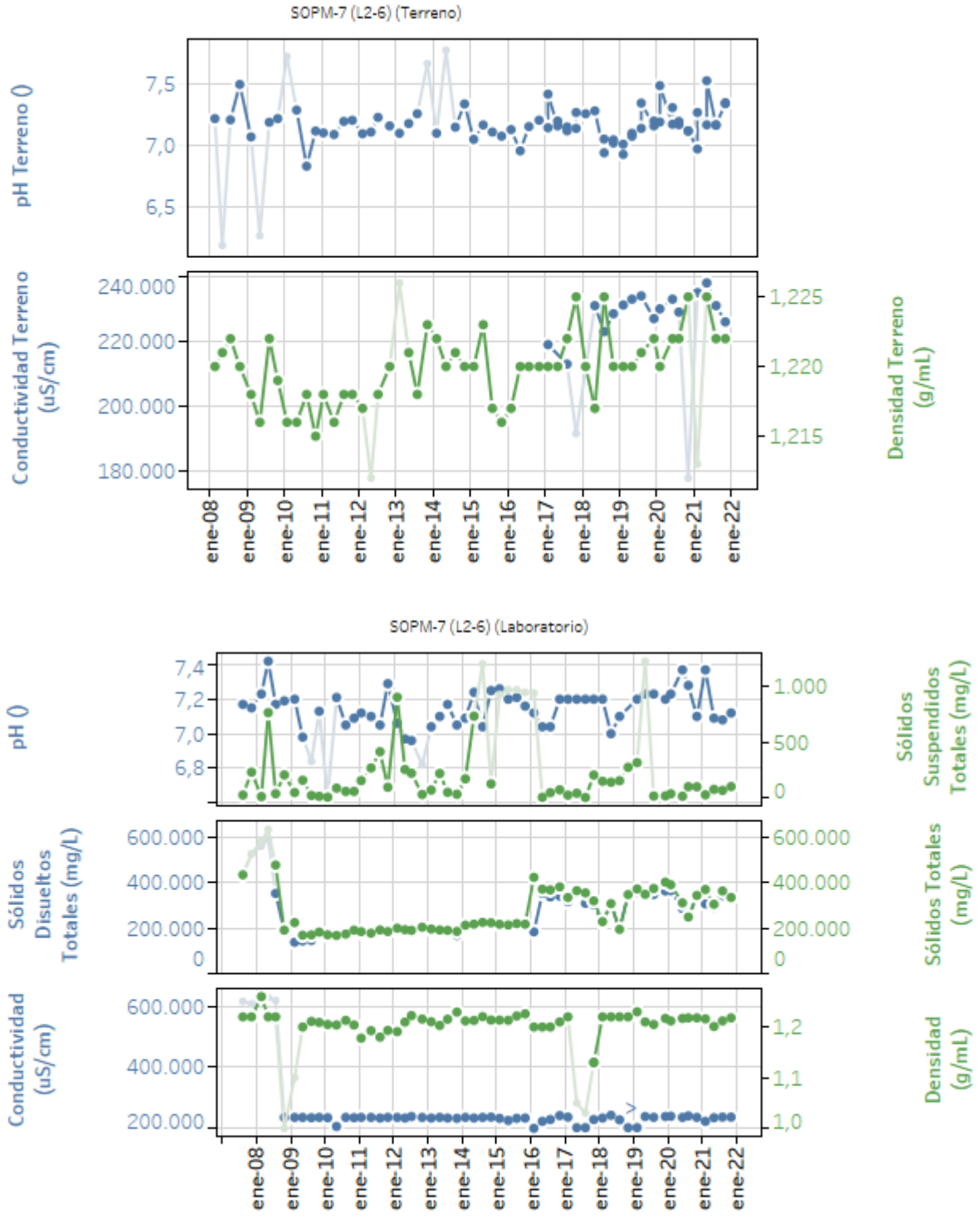
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta ”<” o “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3



Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6)



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta ”<” o “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

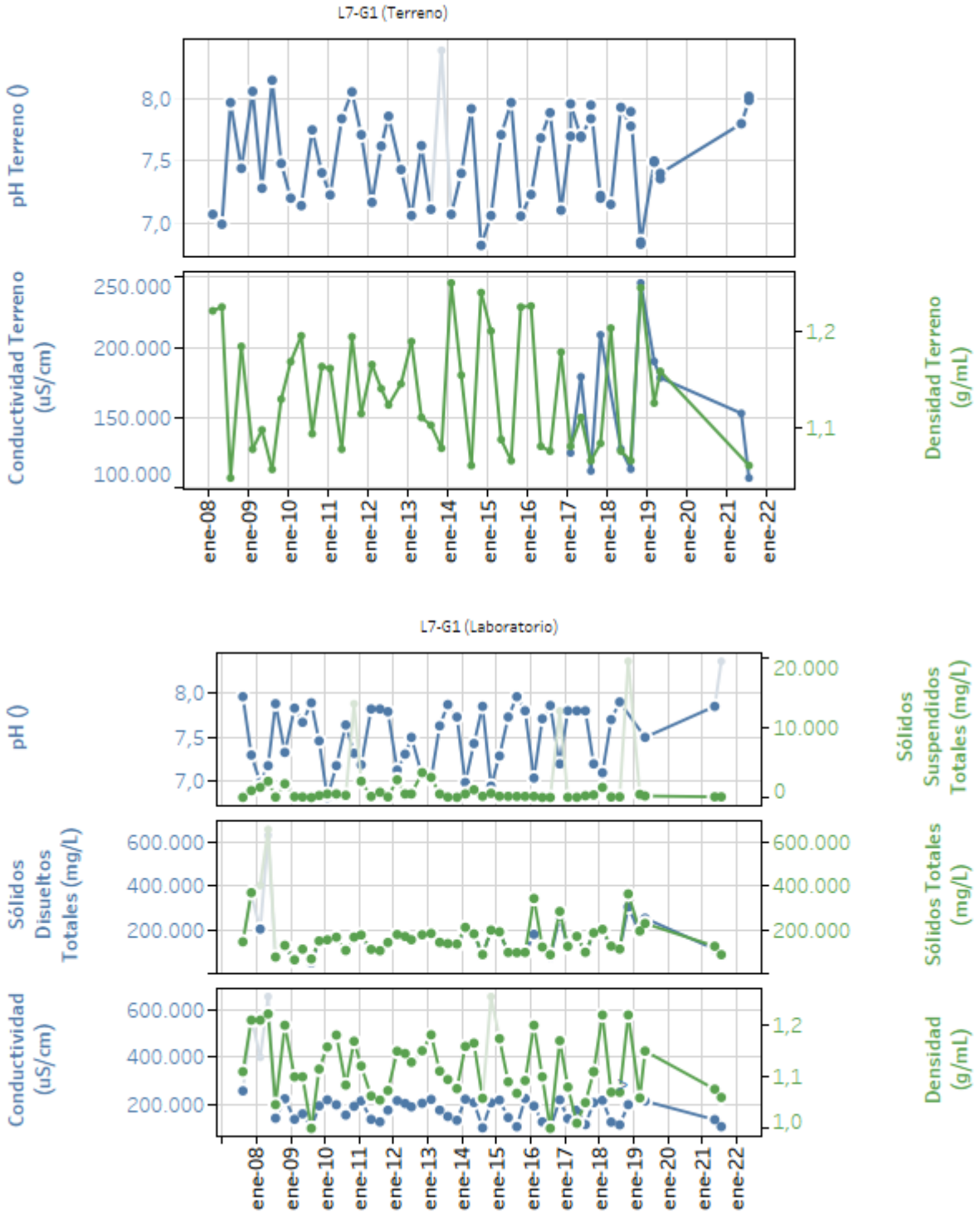
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14

Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta"<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla

Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

En la mayoría de los pozos y reglillas las mediciones realizadas el segundo semestre de 2021 se encontraron dentro del rango registrado históricamente. Las excepciones pueden agruparse en dos tipos:

- Valores considerados outliers, como puede ser para densidad terreno y pH laboratorio en L2-3 durante julio y octubre, respectivamente, conductividad de terreno en julio en L7-3 y pH laboratorio en L7-G1 en julio.

- Variaciones naturales puntuales: CE y SDT en L2-4 se encontraron sobre el rango histórico desde abril de 2019 (post episodio lluvias), desde ese momento ambos valores han descendido y en el último periodo presentan una leve tendencia al descenso hacía valores similares a los históricos.

- Posibles tendencias temporales asociadas a distintos fenómenos, los cuales se describen en los próximos párrafos.

Respecto a la evolución temporal, las tendencias más claras se observan en la concentración de SDT, ST, CE y Densidad. Estos parámetros tienden al aumento en los puntos L1-5, L1-G4 Reglilla. Ambos puntos se han visto afectados por el cambio en el comportamiento de la dinámica de desborde de la laguna Barros Negros evidenciado a contar del año 2012 originando que, en la actualidad, los aportes al sector de Cola de Pez sean menores, pudiendo explicar también el comportamiento observado en los puntos ubicados en dicho sector (L1-G4 Reglilla y L1-5). Un detalle de la relación entre el cambio en la dinámica de desbordes Barros Negros y su influencia en la química en los pozos ubicados en los sectores Cola de Pez y hacia el sur se expone en el informe presentado a la autoridad en marco de la activación de Fase II[65] .

Puede notarse que los Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales muestran un aumento abrupto en enero de 2016 y luego una relativa estabilización en los pozos L1-6, L2-5, L1-4, SOPM-7 (L2-6) y SOPM-14, como se comentó en el informe Anexo 10.3, del informe 26 PSAH

[65] Informe “Análisis de la dinámica de la laguna Barros Negros y su implicancia sobre la activación del Plan de Contingencia en el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4” realizado por SQM el año 2018.

26, los valores anteriores a 2016 resultan demasiado bajos para una salmuera en el Salar de Atacama, estimándose correctos los valores posteriores a 2016.

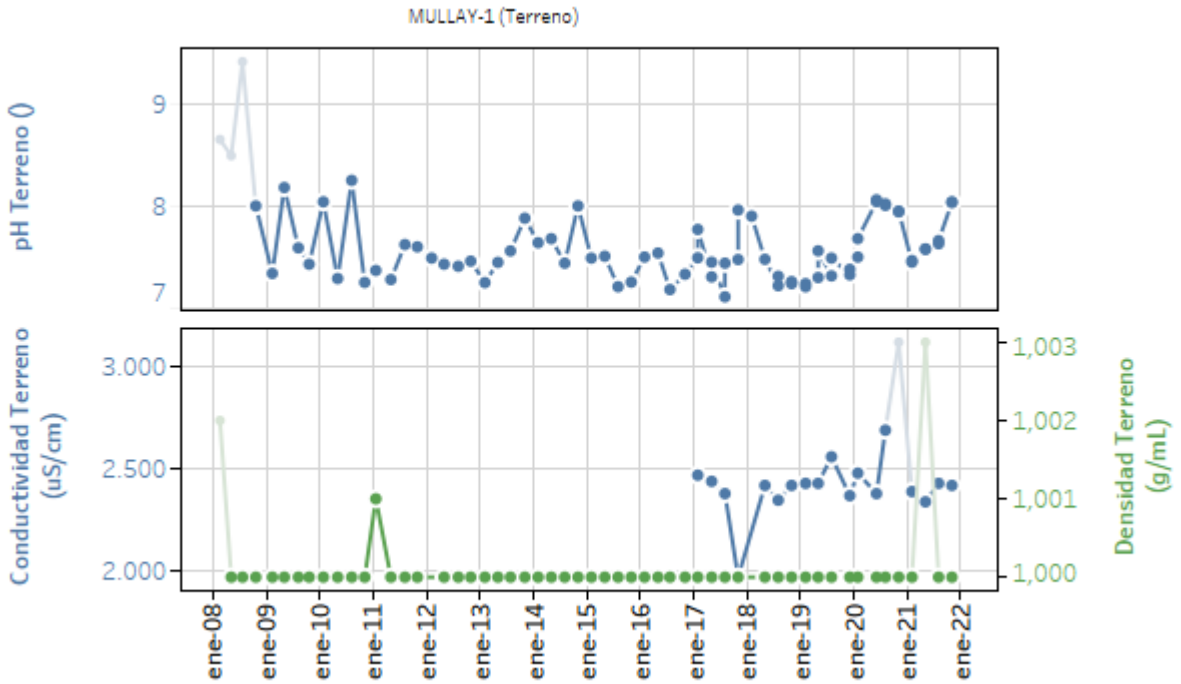
6.1.1.5.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

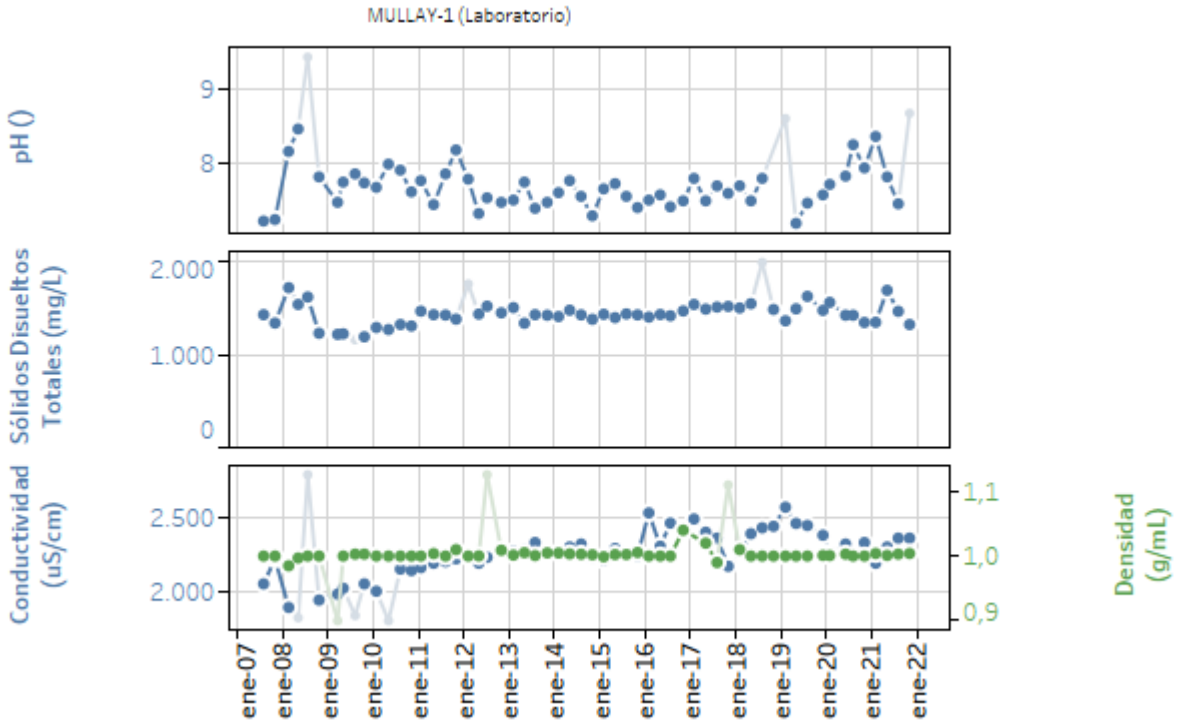
La evolución histórica de los parámetros monitoreados en los pozos de extracción de agua industrial Mullay-1 y Allana se presentan en la Figura 6-38 y Figura 6-39 , respectivamente.

Ambos puntos se encuentran en el acuífero aluvial, caracterizado por presentar una CE y concentración de SDT menores de 5.000 µS/cm y 5.000 mg/L, respectivamente. El modelo conceptual en el acuífero aluvial índica que la dirección de flujo es hacía el oeste, en su trayecto hacía la zona marginal las aguas se enriquecen por disolución de sales, descargando en la zona marginal y sistemas lagunares, donde la mayor parte de esta agua se evapora.

En ambos pozos de extracción la mayoría de las mediciones realizadas el segundo semestre de 2021 se encuentra dentro del rango histórico, con la excepción de un outlier en sulfato para el punto Allana de octubre con un valor de 1.352mg/L frente a 1.700mg/L como promedio (un 20% menor)

Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1





Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-38 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1

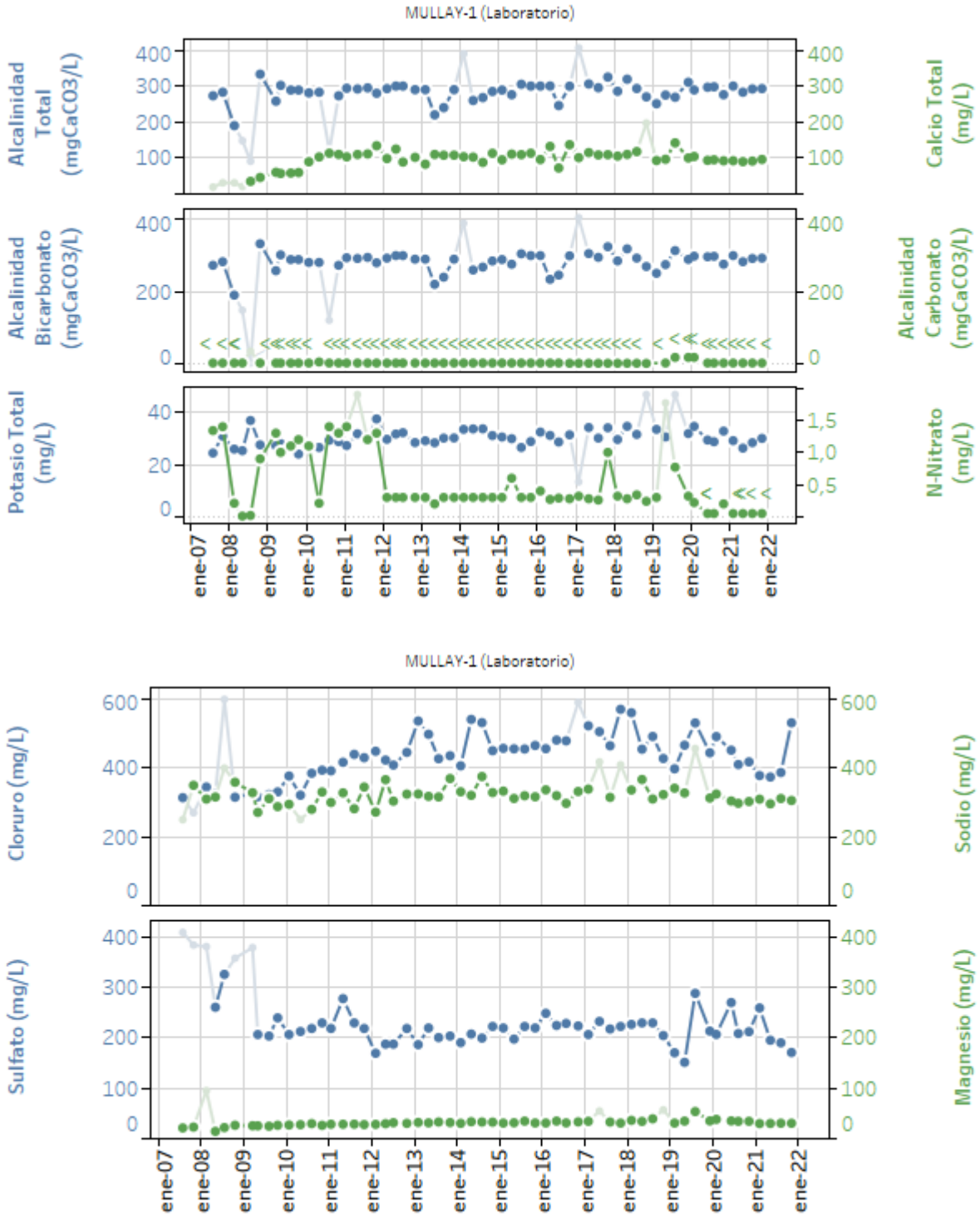
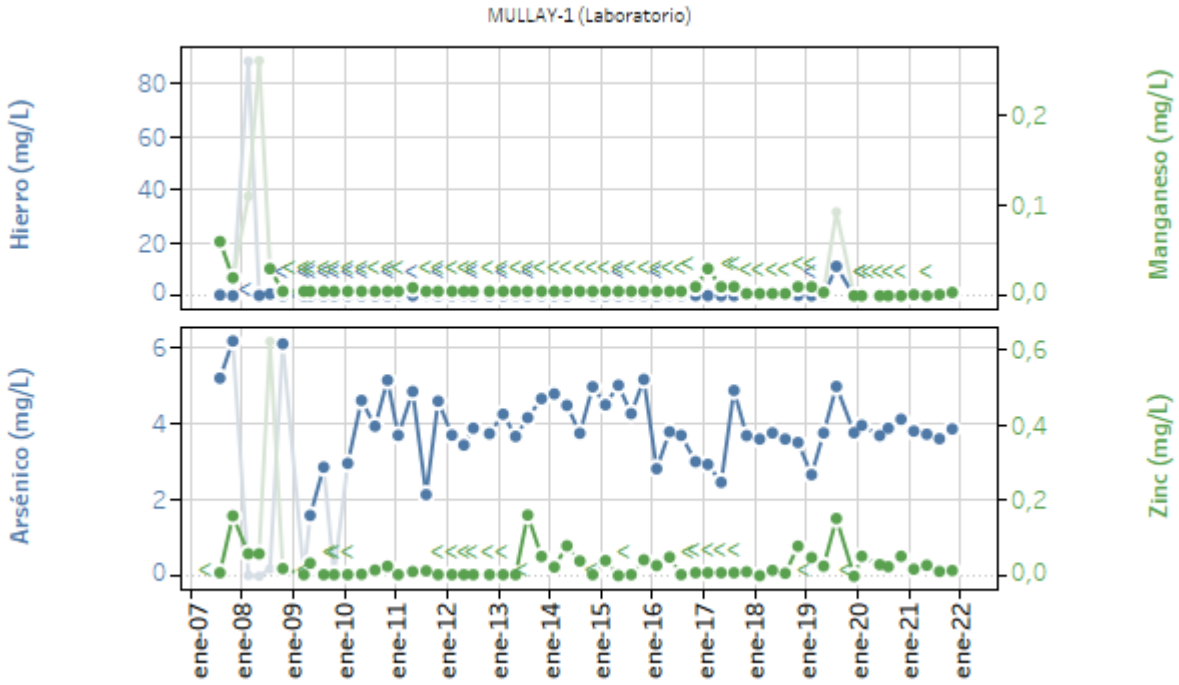


Figura 6-38 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana

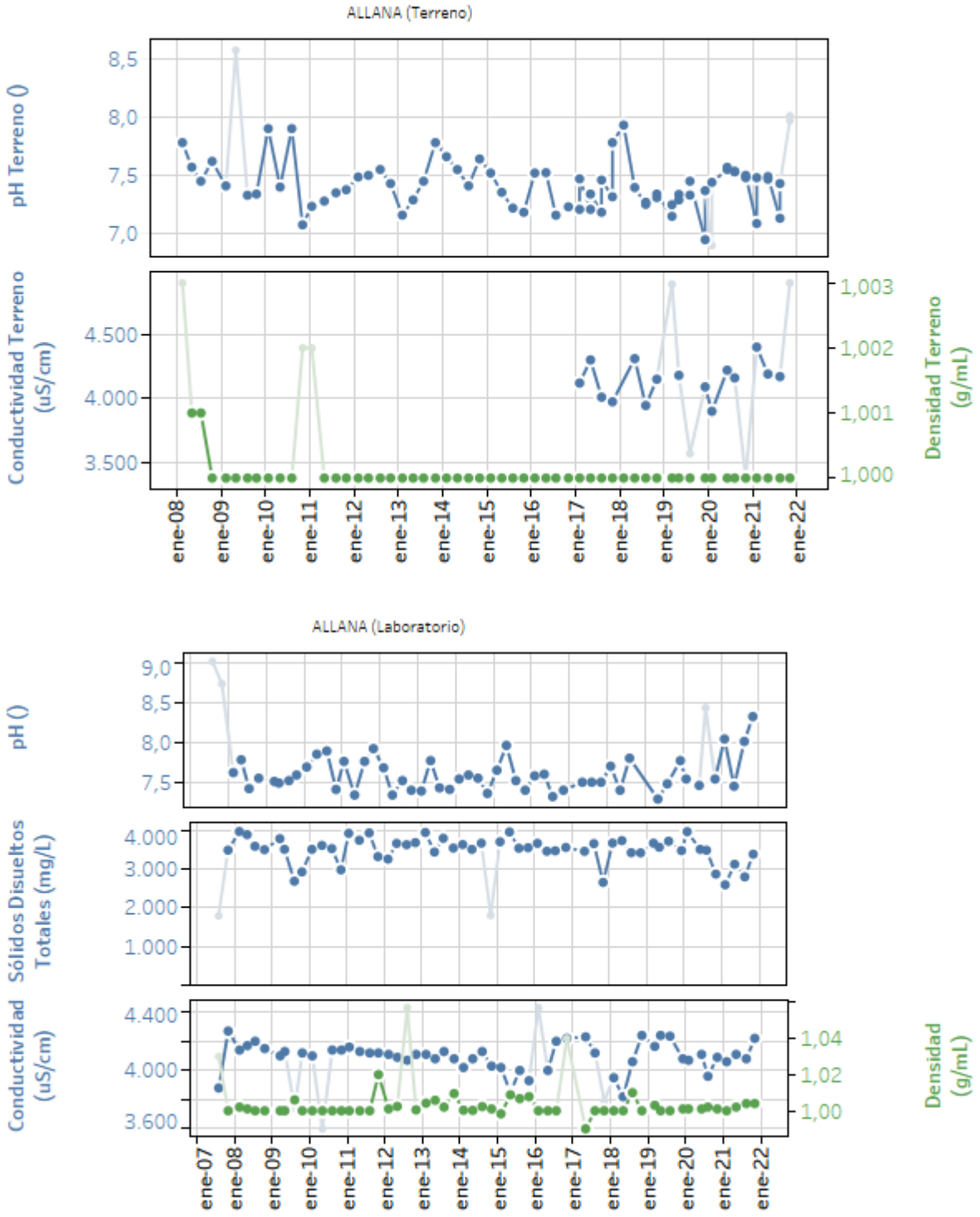


Figura 6-39 Error! Reference source not found. **(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana**

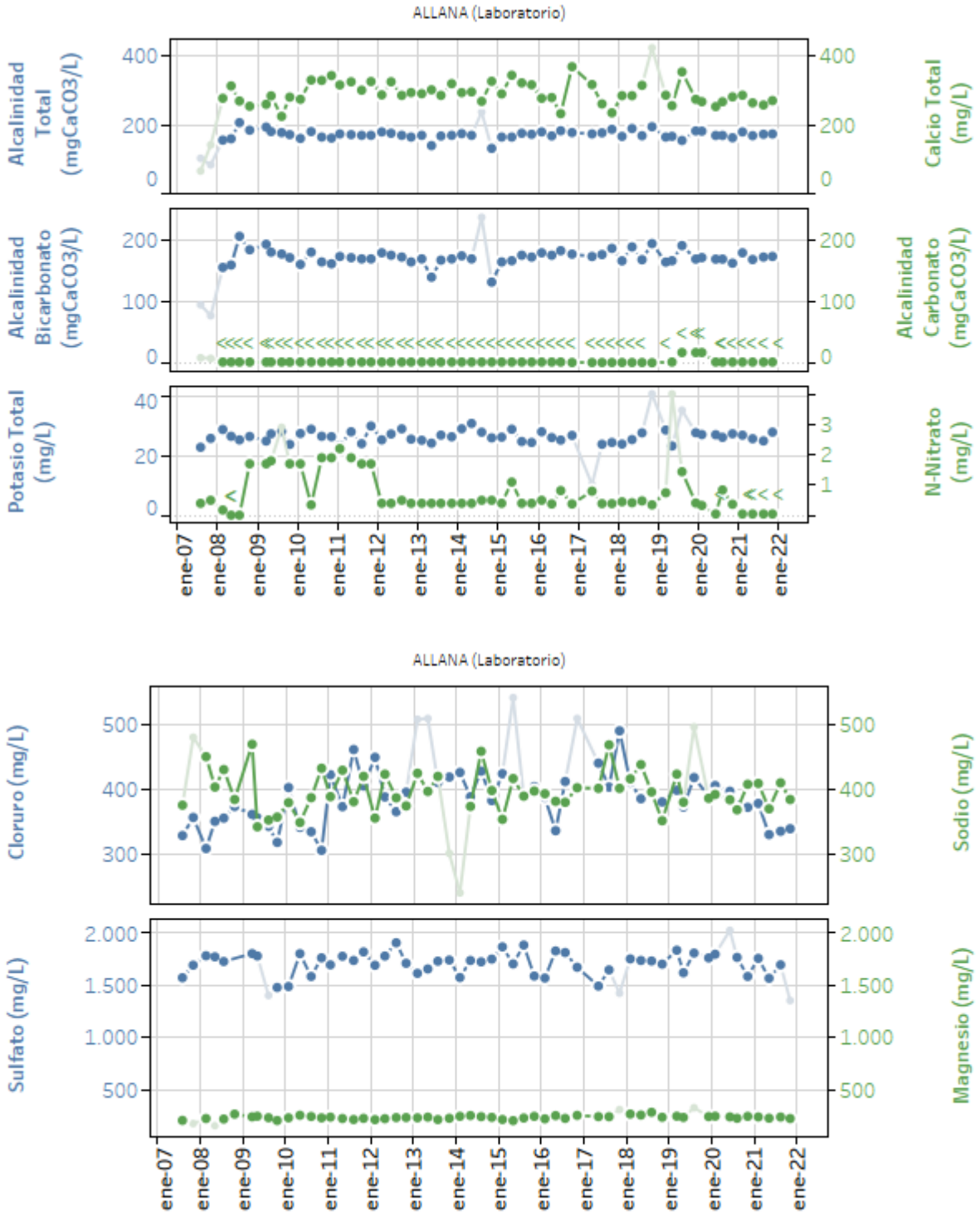
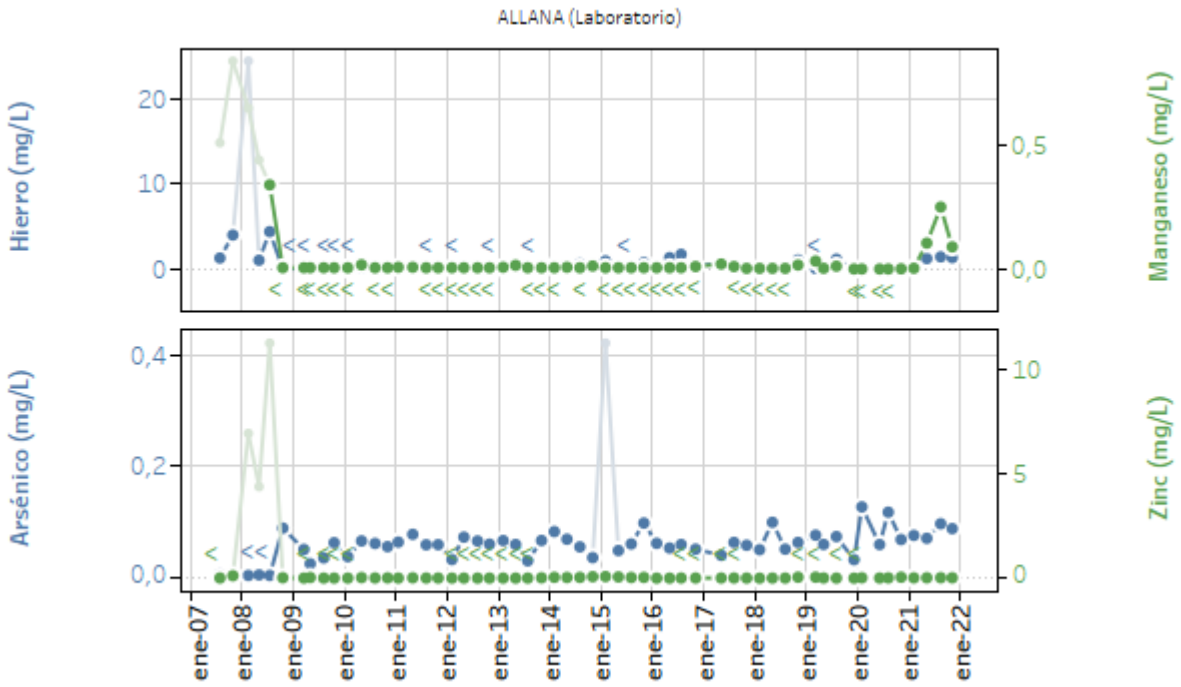


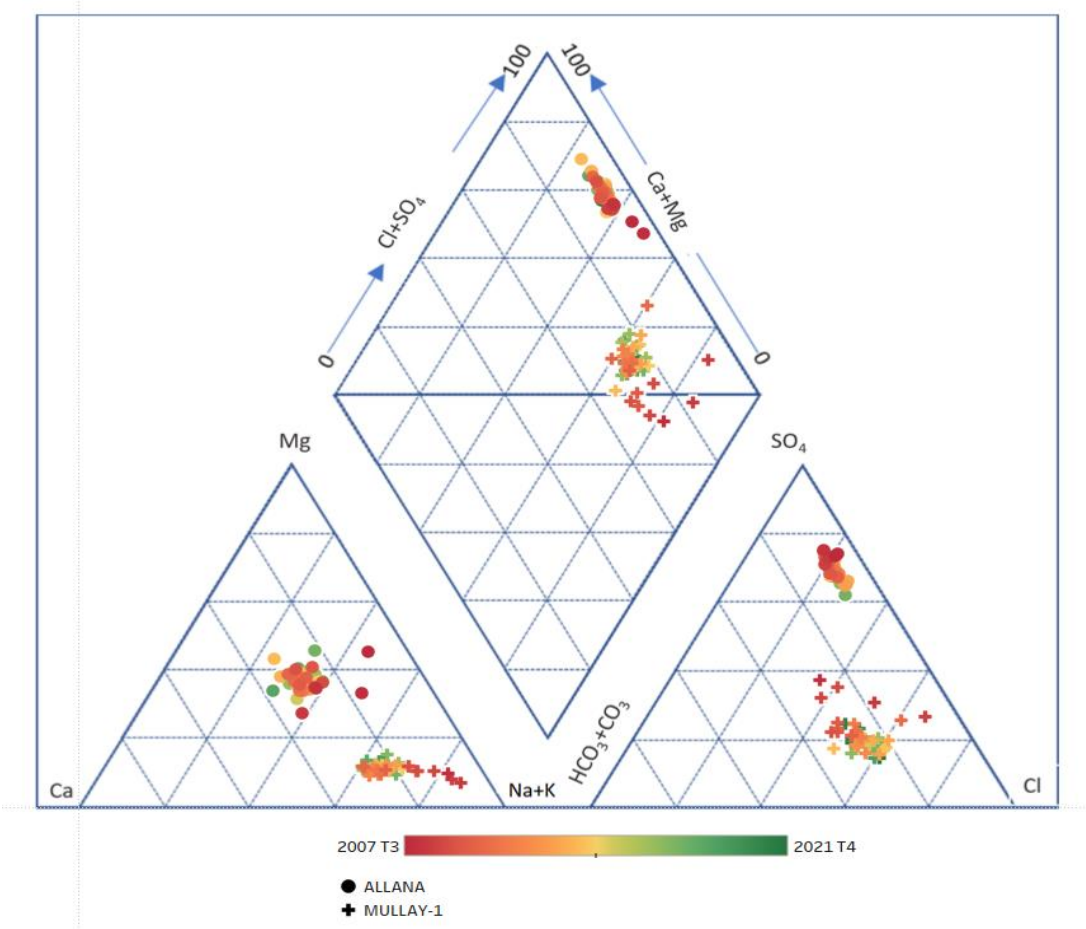
Figura 6-39 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

La Figura 6-40 muestra un diagrama de Piper para las muestras colectadas en estos puntos que han sido validadas con un balance iónico menor de 10%. El pozo Allana presenta una composición marcadamente sulfatada cálcica magnésica, a diferencia de Mullay-1 el cual presenta históricamente una composición clorurada sódica. Además, el punto Allana presenta, mayores valores de CE y de concentración de SDT, que Mullay-1. Por su parte, el pozo Mullay-1 presenta mayores concentraciones de As, Mn. Todo ello es esperable pues, la mayoría de los pozos en el acuífero aluvial se observan cloruradosódicos, igual que las quebradas del este de la cuenca. A excepción de la subcuenca de Aguas Blancas, que su composición se encuentra influenciado por el volcán Láscar.

Figura 6-40: Diagrama de Piper para los puntos Mullay-1 y Allana



Fuente: Elaboración propia

Respecto a tendencias temporales, en la Figura 6-40 se observa que las primeras muestras la calidad del agua en el pozo Mullay-1 presentaban mayores concentraciones de sodio y potasio, posteriormente disminuyeron aumentando las concentraciones de calcio y en menor medida de magnesio. Relativo a los aniones, puede verse que al comienzo el punto Mullay-1 tuvo algunas variaciones erráticas en alcalinidad, sulfatos y cloruros, en varios de estos casos las concentraciones pueden considerarse *outliers*, según el criterio de concentración de promedio ± 2 STD. Exceptuando esos puntos, los cloruros mostraron un aumento hasta 2013. Sobre el resto de los parámetros, únicamente muestran leve tendencia al aumento los sólidos disueltos totales y la conductividad. La ausencia de tendencia en los últimos años indica que el punto ha alcanzado cierto equilibrio en la zona de donde recibe sus aportes, mostrando químicas más estables.

El punto Allana presenta una menor evolución en sus iones mayoritarios (Figura 6-40) inicialmente tuvo menor concentración de cloruros, mayores concentraciones de sodio + potasio, posteriormente a 2010 en general se ha mantenido estable.

6.1.1.5.3 Calidad del agua en sistemas lacustres

Las Figura 6-41, Figura 6-42, Figura 6-43 y Figura 6-44 presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en Burro Muerto, Chaxa, Barros Negros y Puilar, respectivamente. Se han unificado las mediciones realizadas anteriormente por CONAF con las mediciones realizadas por SQM, mostrando las dos mediciones en aquellos casos que se midieron por ambos laboratorios. Esto sucede para pH Terreno y temperatura Terreno.

Al tratarse de agua superficial, el canal Burro Muerto y las lagunas que son alimentadas por él, Chaxa y Barros Negros, presentan una marcada estacionalidad controlada por la evaporación y el régimen de caudales, alcanzando las concentraciones y conductividades valores máximos en verano y mínimos en invierno, iguales a los ciclos de evaporación y contrarios al régimen de caudales. El punto de muestreo en Puilar representa una excepción a este comportamiento ya que la muestra se toma en el canal que alimenta la laguna Puilar y su alimentación proviene de la descarga del acuífero aluvial. Esta descarga se produce como consecuencia del efecto combinado del encuentro entre el agua dulce del aluvial y la interfaz salina que aflora en la zona marginal, la disminución de la conductividad hidráulica y la baja pendiente de la zona marginal. Este hecho condiciona que los parámetros fisicoquímicos en la muestra de Puilar presenten una mayor estabilidad, condicionada por las condiciones geoquímicas existentes en el acuífero aluvial y la zona marginal, relativamente estables, mostrando una estacionalidad menos acusada que en los otros cuerpos lagunares y evidenciada principalmente por los cloruros y en menor medida por la salinidad (sólo se cuenta con 5 mediciones entre mayo de 2017 y junio de 2019).

En el segundo semestre de 2021 todos los parámetros medidos se encuentran dentro del rango histórico para los distintos puntos, con la excepción del sulfato en Puilar en el mes de julio con un valor de 749 mg/L, menor al promedio de este punto alrededor de 1.200mg/L. El hecho de ser el único parámetro en mostrar variación y en encontrarse algo similar para Calcio o magnesio, hace pensar que se trata de un valor outlier.

Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto

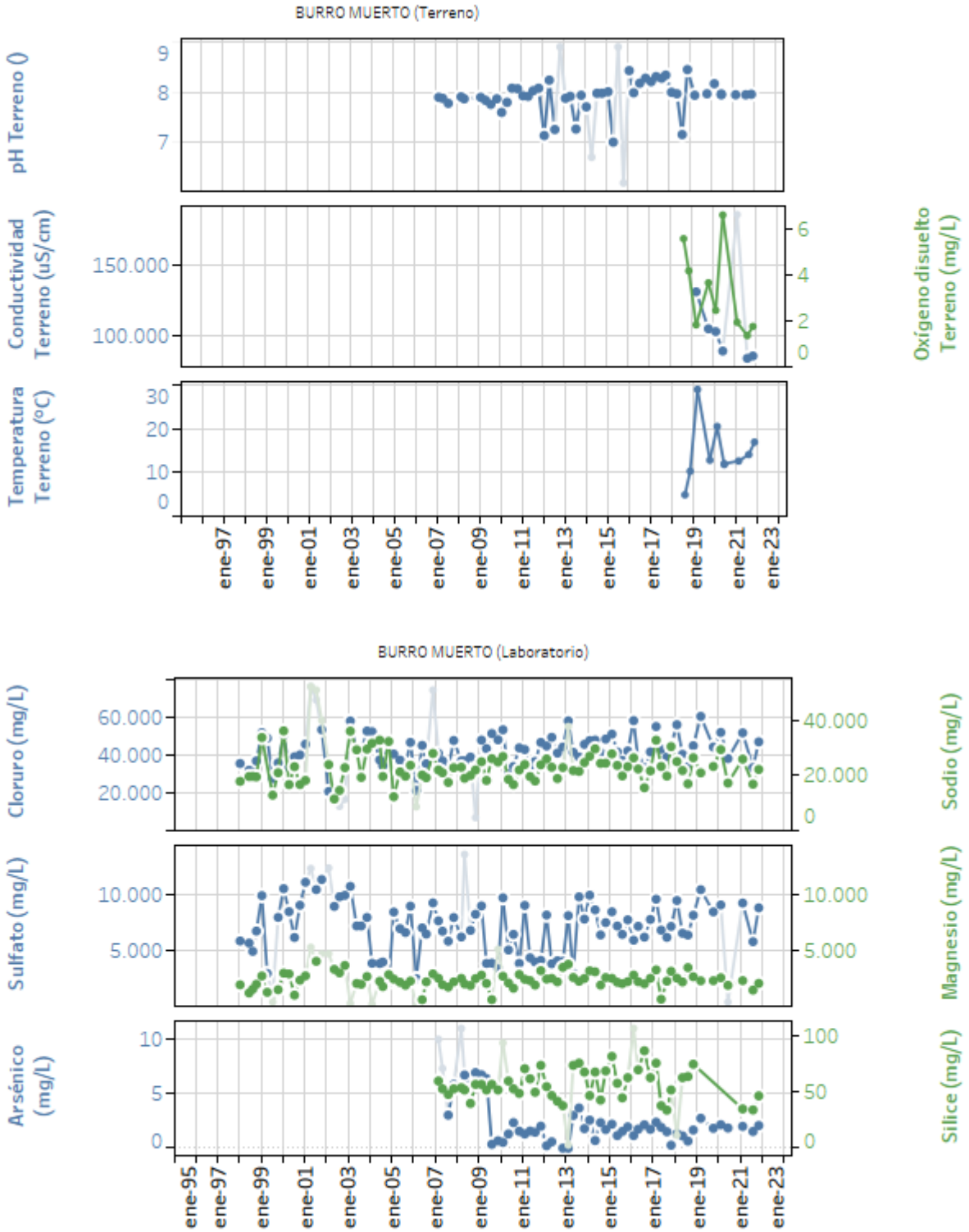
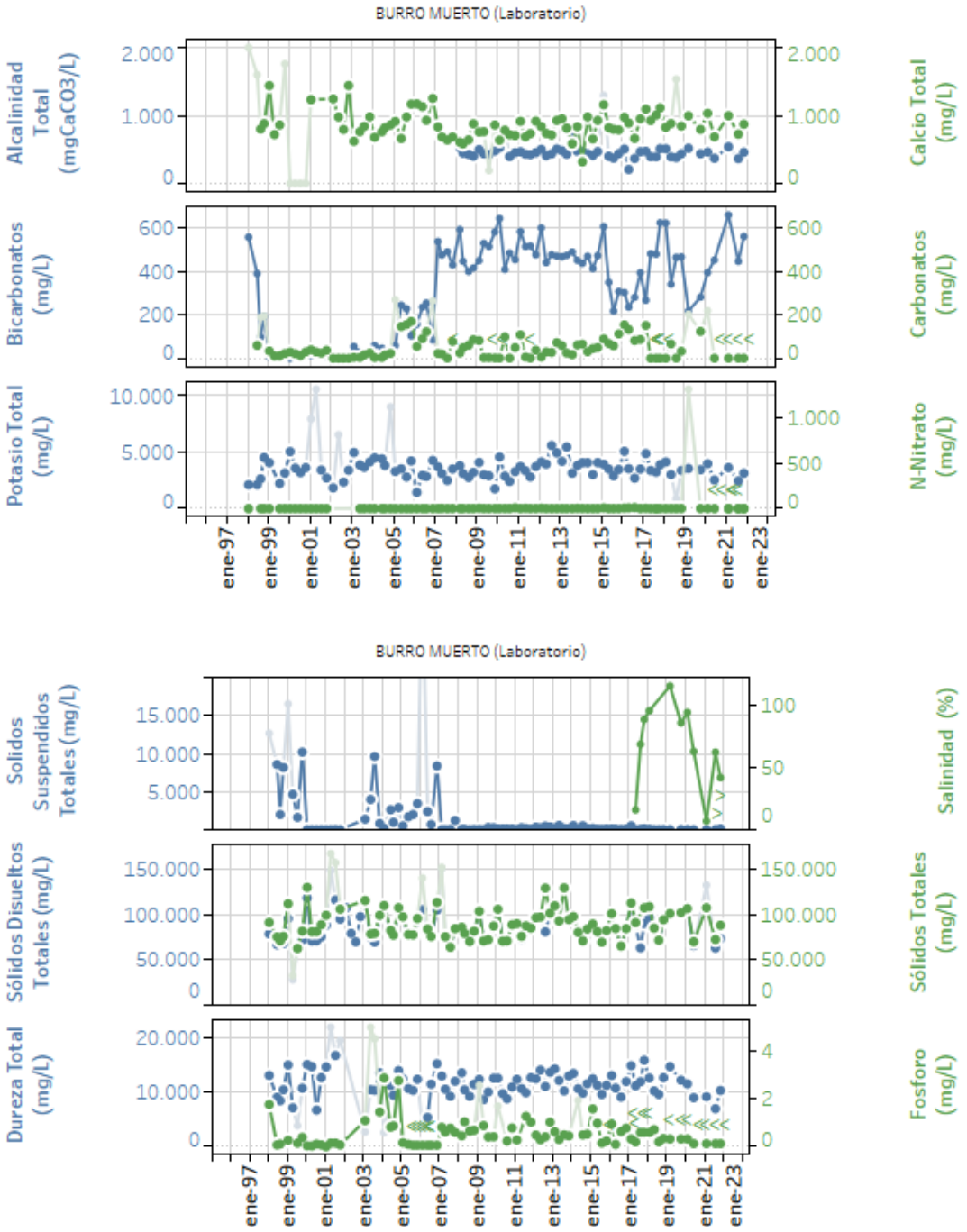


Figura 6-41 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de Sólidos suspendidos Totales para febrero 2006 (35.040mg/L) y el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1.325mg/L). Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

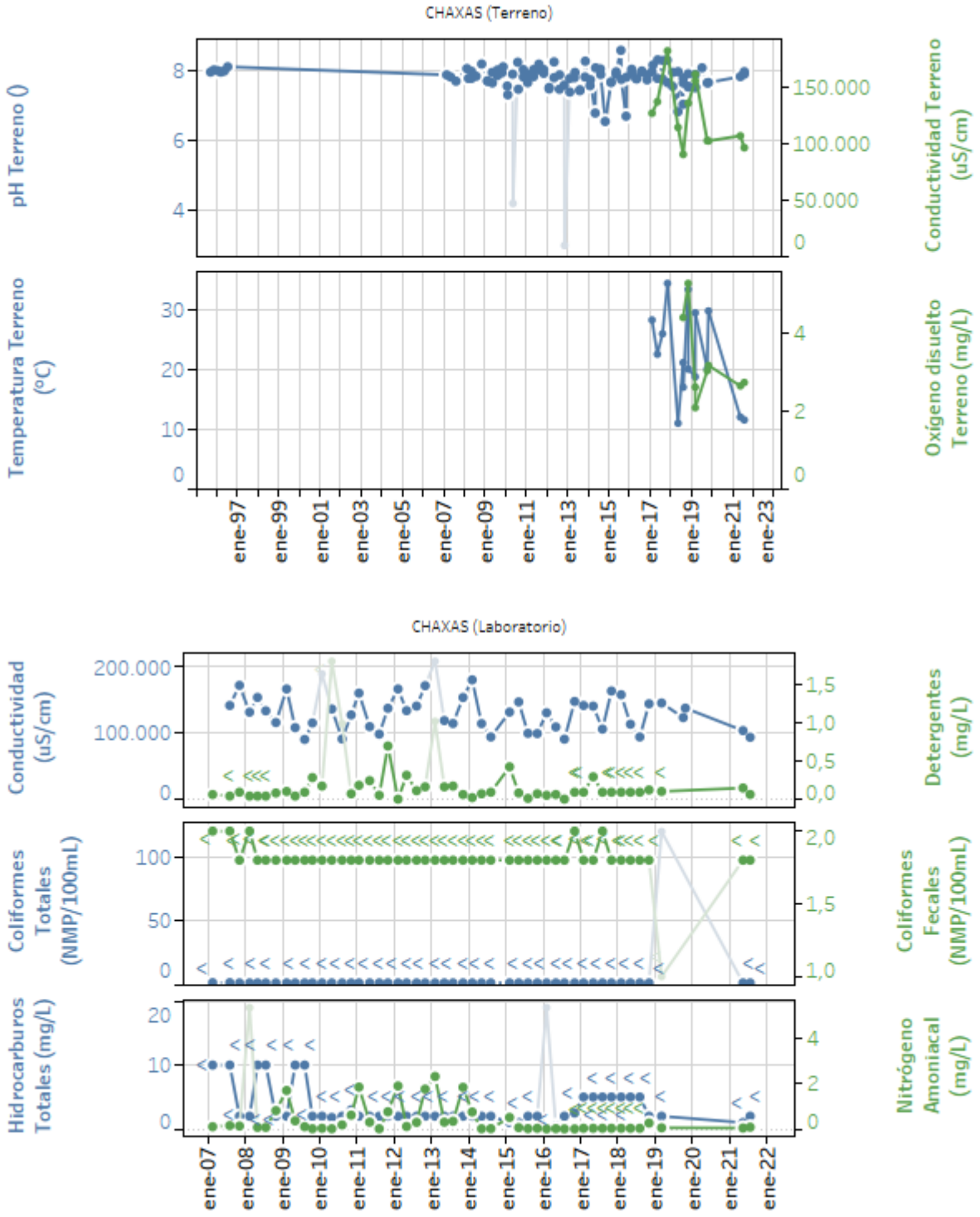


Figura 6-42 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

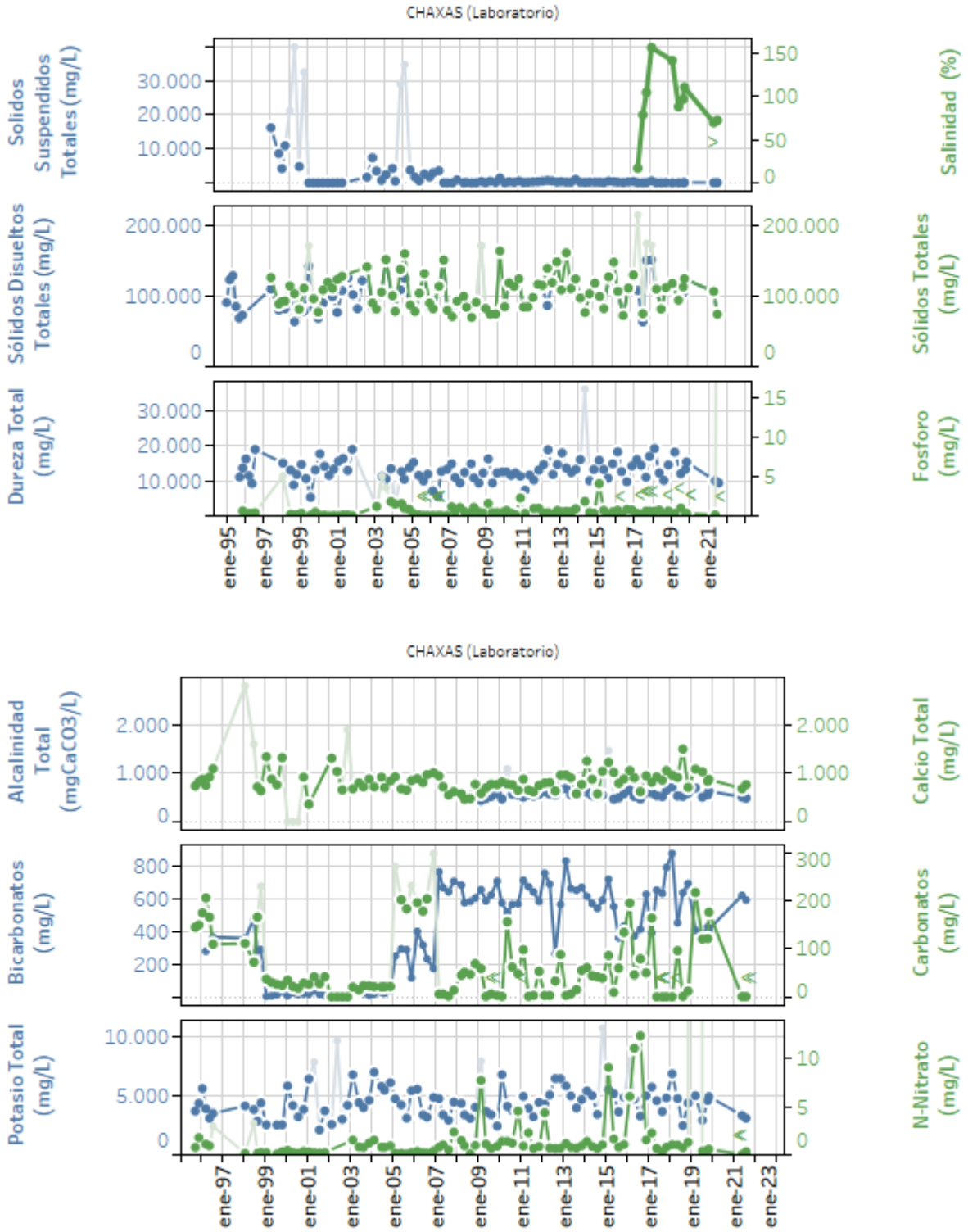
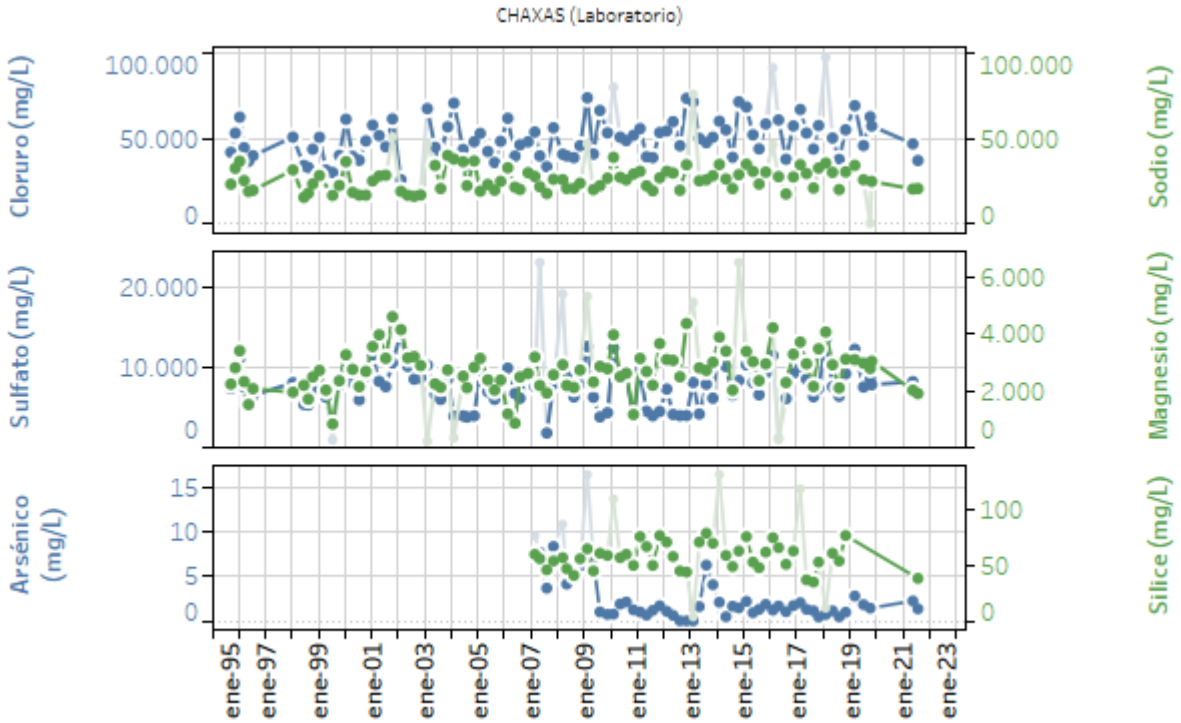


Figura 6-42 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1325mg/L). Los valores <LD o >LD se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

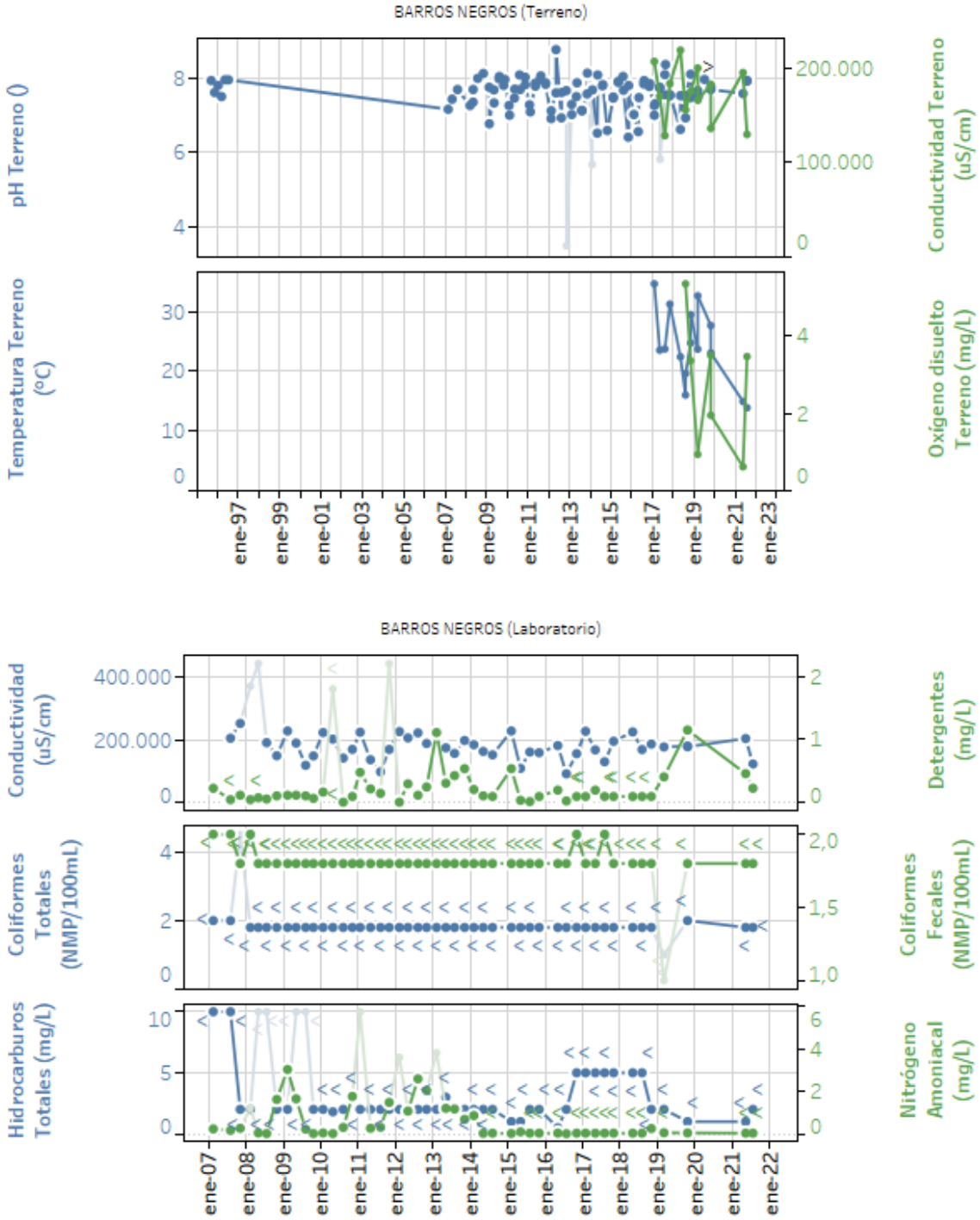


Figura 6-43 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

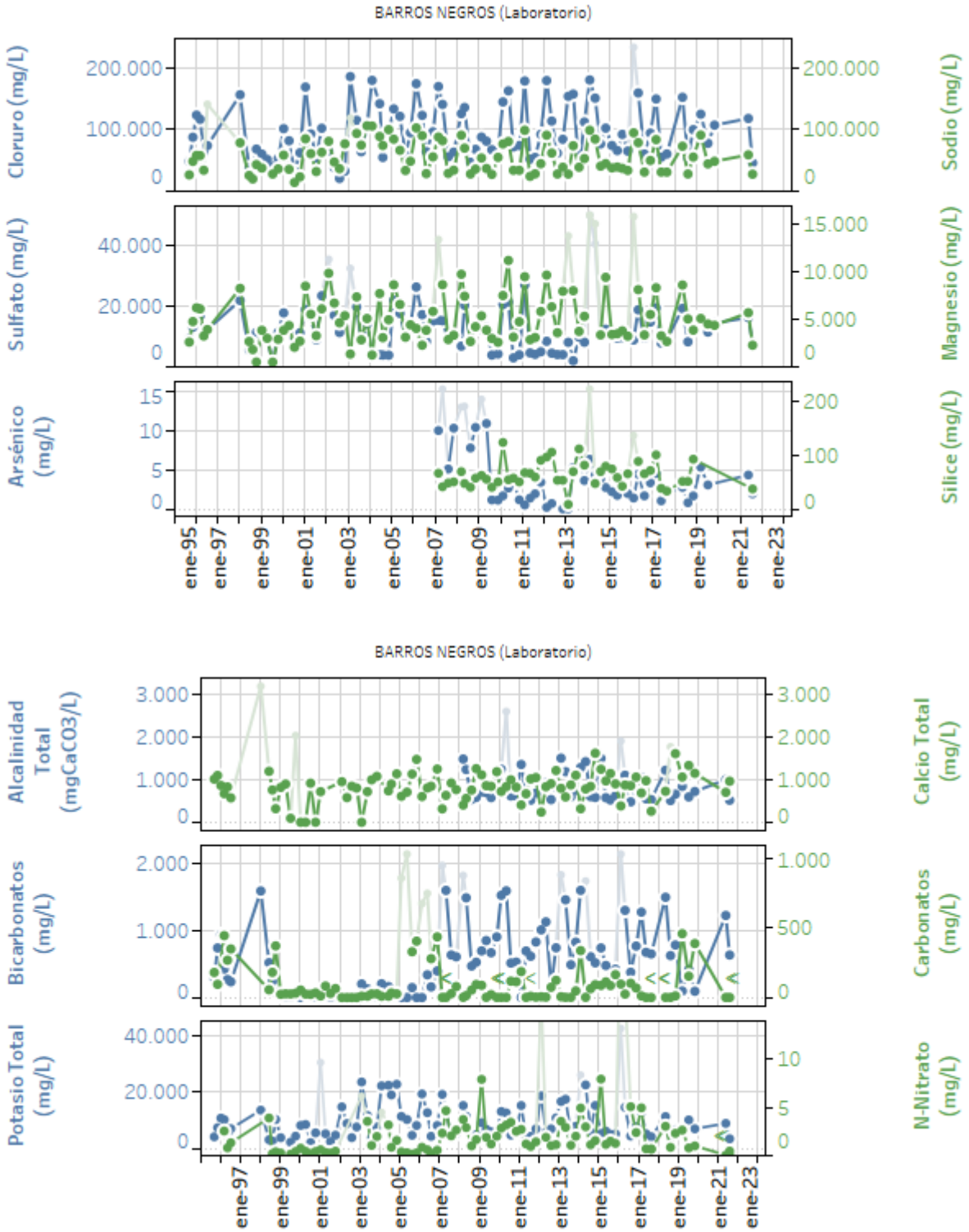
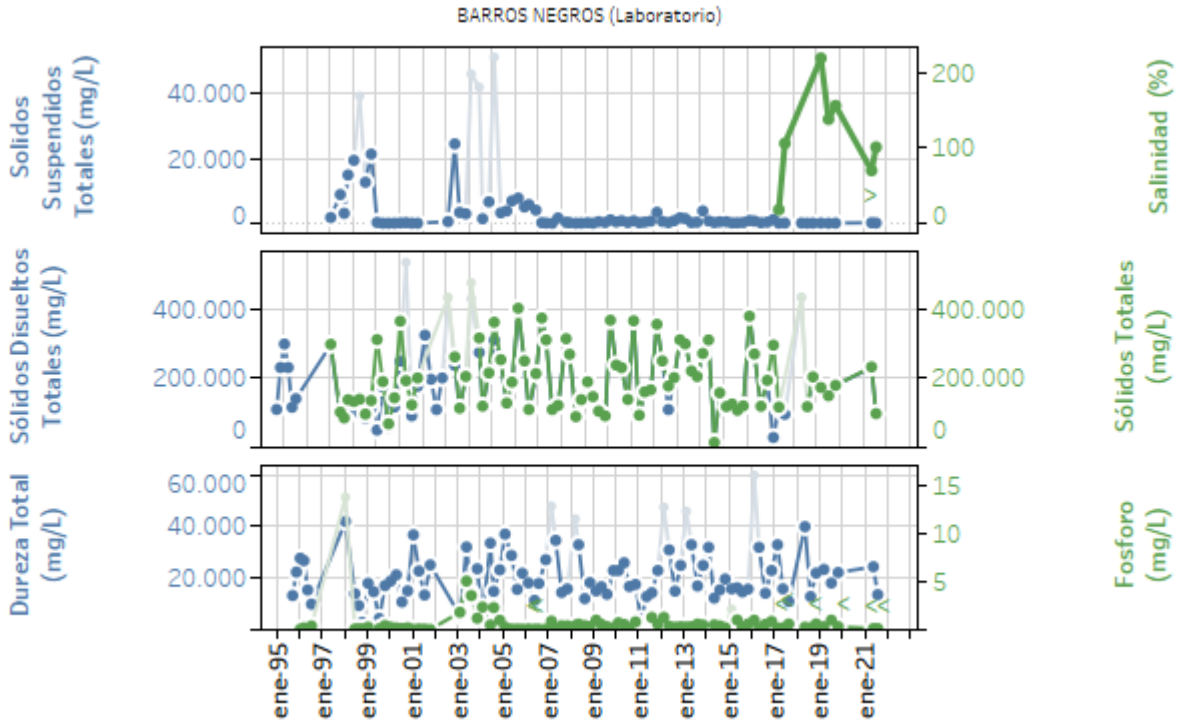


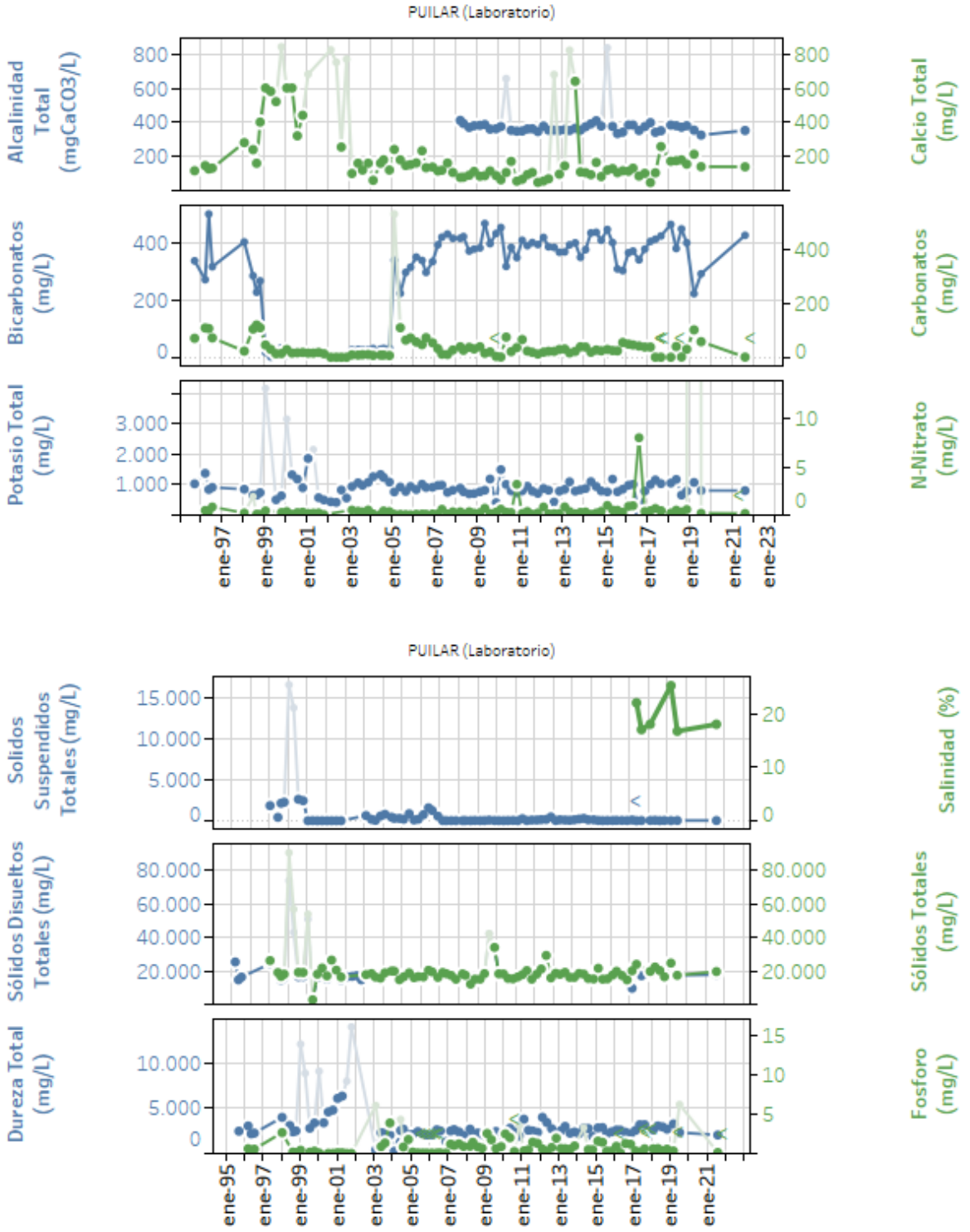
Figura 6-43 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (2650mg/L). Los valores <LD o >LD se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar

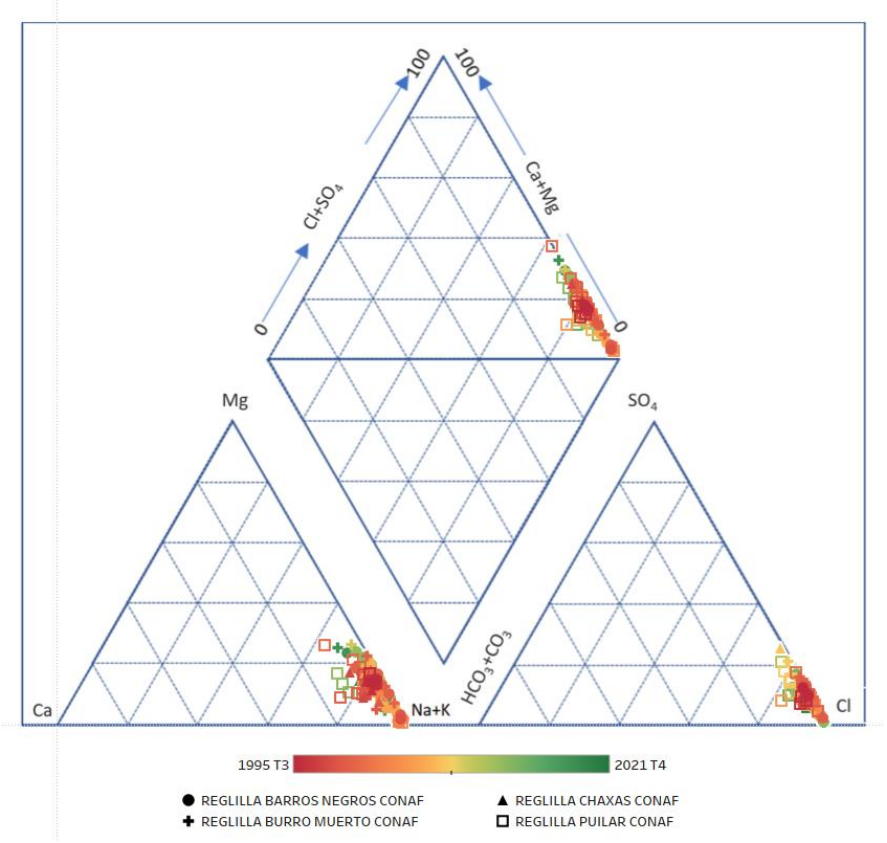
Figura 6-44 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1903mg/L). Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-45 se observa el diagrama de Piper para los cuatro puntos de agua superficial en sistema Soncor. Se encuentran representadas todas las muestras que entregaron resultados de balance iónico menor que 10% (considerando para el cálculo metales totales). Nótese que todas las lagunas se clasifican como cloruradas sódicas y no se observa ninguna tendencia en su evolución en los parámetros mostrados anteriormente ni para el diagrama de Piper, mostrándose todos los puntos próximos entre sí.

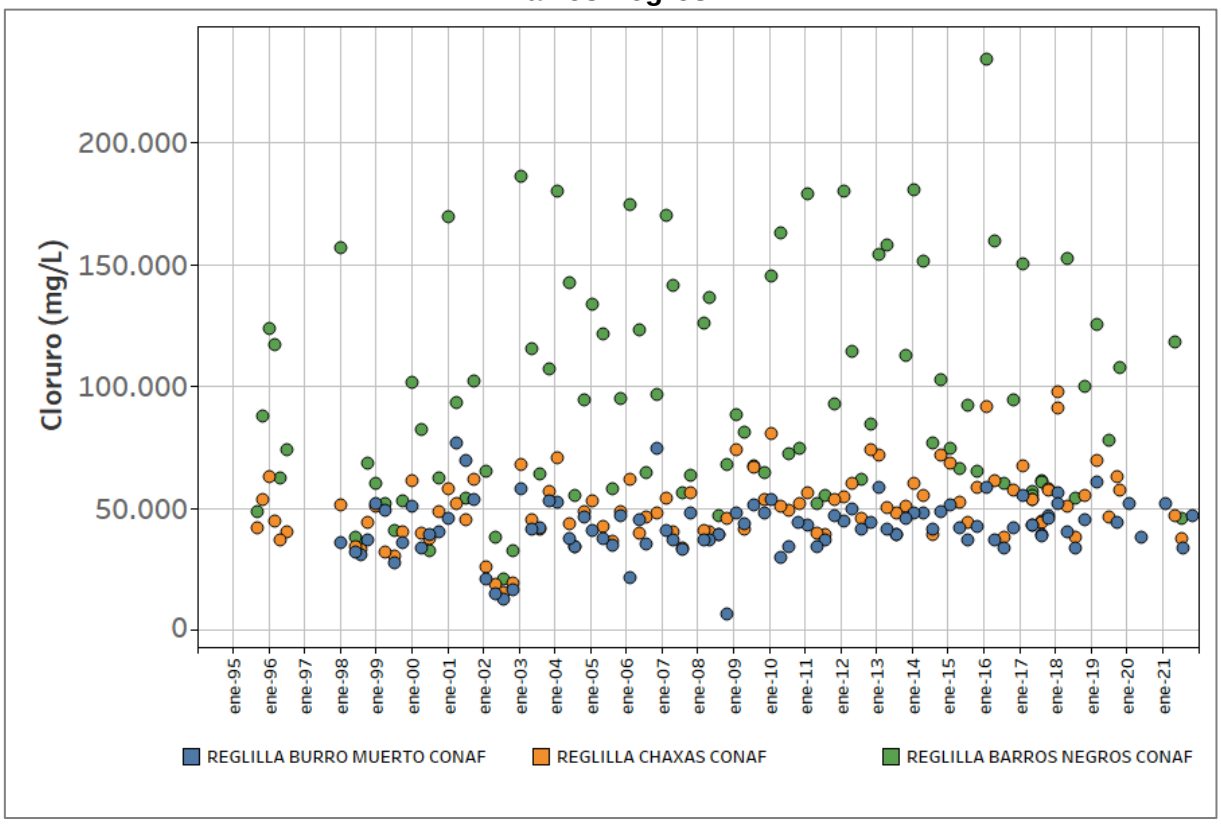
Figura 6-45: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Además, dado que en el canal de Burro Muerto el flujo es de norte a sur, se produce un enriquecimiento en las concentraciones en este mismo sentido (Figura 6-46), 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 al funcionamiento del sistema, se registran en la laguna Barros Negros, cuerpo terminal.

Figura 6-46: 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 encuentran dos puntos de medición de caudal de agua superficial; la estación de aforo Puente San Luis, que mide de forma continua a través de una sección de control y en la que también se realizan mediciones mensuales (éstas últimas se toman de forma adicional a lo comprometido por RCA). Esta estación de aforo se encuentra aguas arriba de la entrada a la laguna Chaxa. Por otro lado, se dispone de las mediciones manuales con frecuencia mensual del punto llamado Barros Negros y que se encuentra aguas abajo de la salida de la laguna Chaxa.

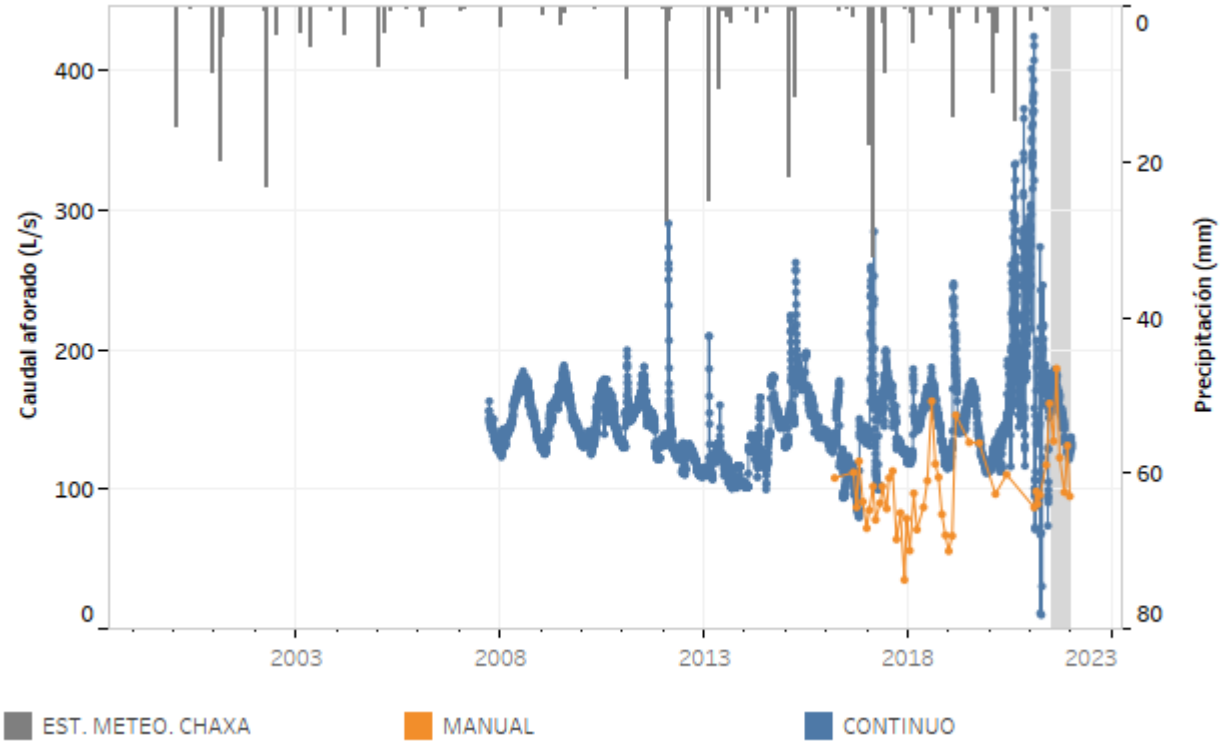
En la Figura 6-47 se muestra el registro histórico del punto de aforo del Puente San Luis, junto con la precipitación medida en la estación de Chaxa, que se encuentra a escasos metros. En la Figura 6-48 se muestra lo mismo para el punto Barros Negros.

Como ya se ha descrito en el capítulo de resultados, las medidas continuas para el segundo semestre 2021 del Puente San Luis, se validan pese a datos anómalos puntuales. Su

tendencia general es la esperada, como se ha mencionado anteriormente, presenta un leve descenso en el caudal superficial en respuesta a la estacionalidad.

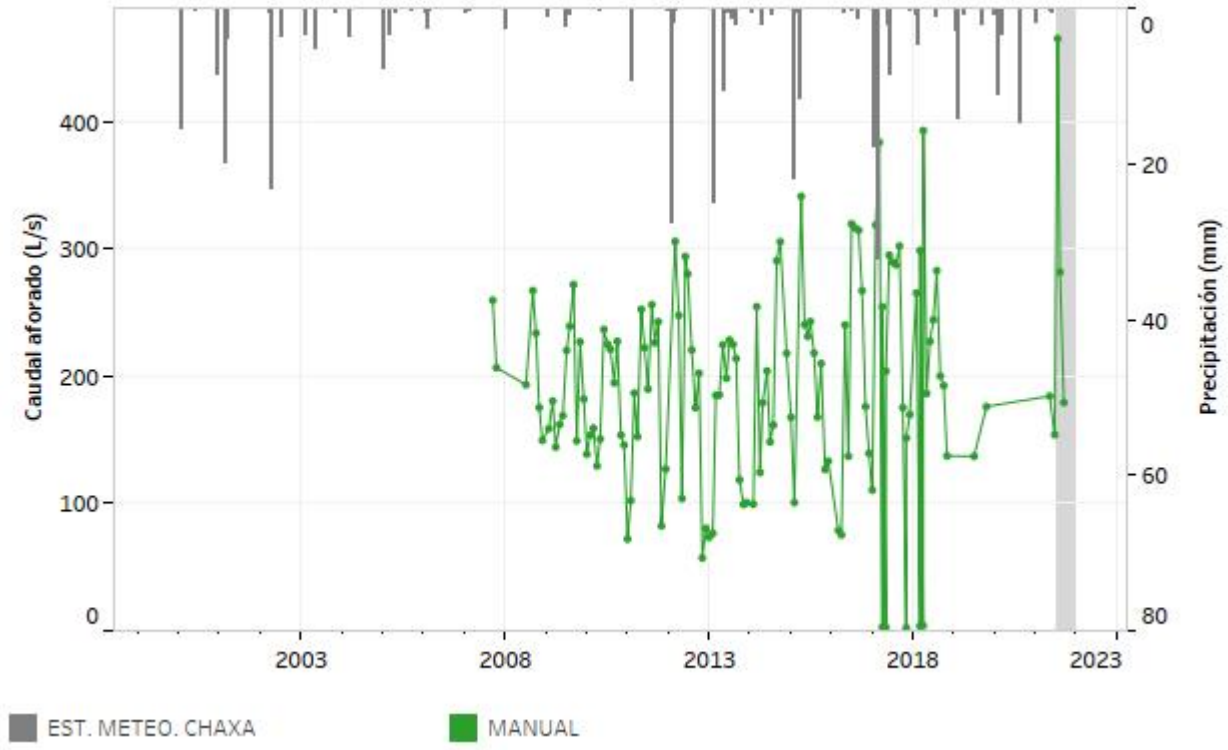
Respecto los periodos anteriores, se observa que, en épocas secas como el período 2008-2012, el caudal de recarga superficial presenta un comportamiento estacional, con mínimos en verano y máximos en invierno, respondiendo a la recarga superficial proveniente de las cuencas altoandinas. En cambio, en la época más húmeda comprendida en el periodo entre los años 2012 y 2019, las precipitaciones registradas los años 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 provocaron aumentos bruscos del caudal pasante, debido al escurrimiento subsuperficial generado por dichas precipitaciones, hecho que enmascara la evolución estacional observada en los años anteriores.

Figura 6-47: Registro de mediciones en el aforo de Puente San Luís



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-48: Registro de mediciones en el aforo de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia

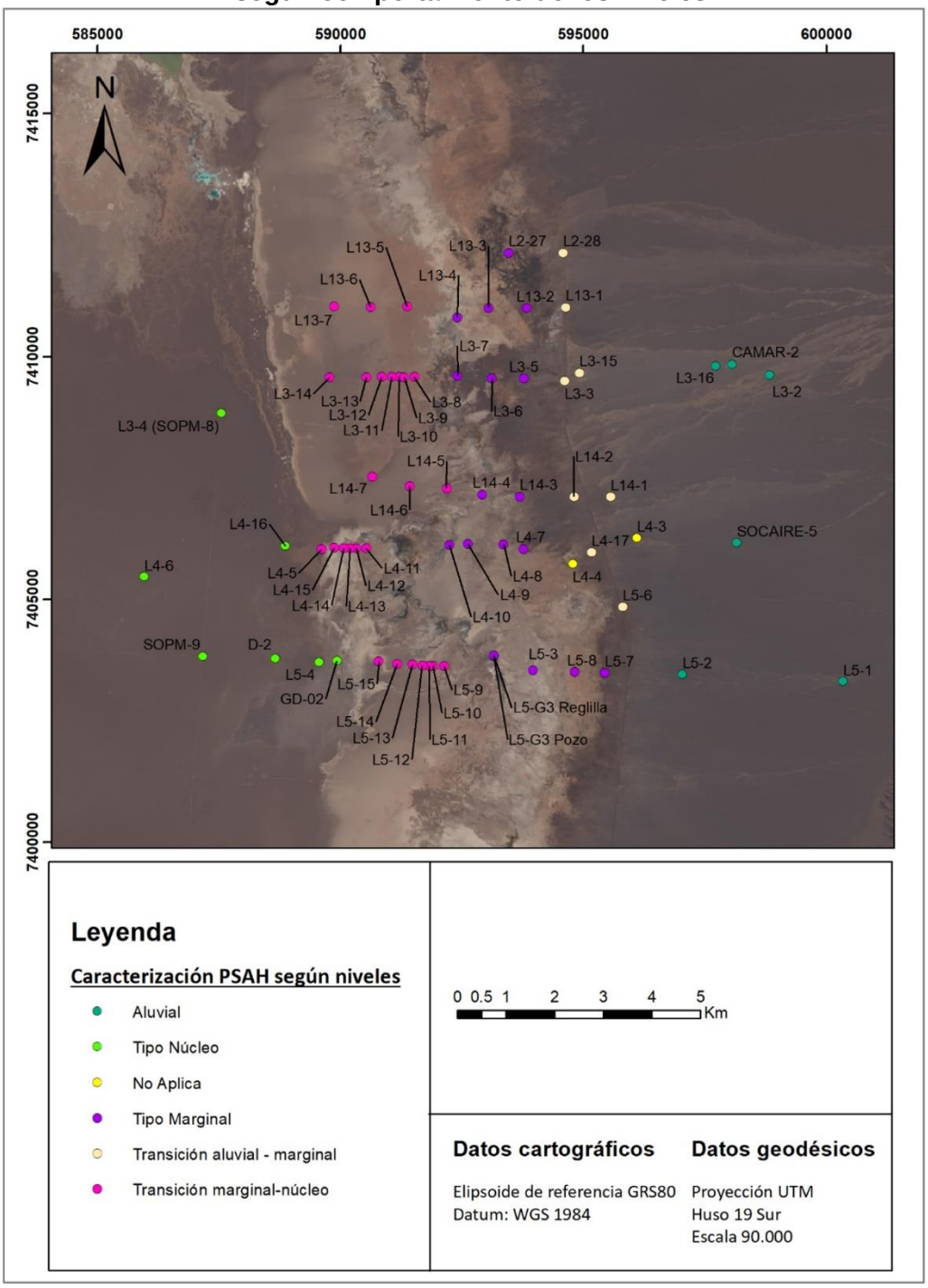
6.1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA – VEGETACIÓN BORDE ESTE

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 (ver Figura 6-49). 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 cree más conveniente tratarlo como un único sistema Aguas de Quelana.

Figura 6-49: Infraestructura englobada 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

El objetivo principal de los pozos ubicados en el Sistema Aguas de Quelana es observar el eventual efecto de la explotación de salmuera en el núcleo sobre las lagunas difusas y dispersas, así como el efecto de las operaciones de los pozos de agua industrial Camar-2 y Socaire-5.

A pesar de que el pozo Camar-2 se detuvo en 2018 y desmanteló en junio de 2021, los efectos de la detención de la extracción sobre los puntos de alrededor permite conocer de mejor manera la forma en que se producen las respuestas a través del acuífero aluvial, llegando incluso a notarse en la zona marginal.

En el análisis realizado en el sistema Soncor se han identificado varios comportamientos con características hidrogeológicas determinadas. Algunos de estos comportamientos se identifican también en el sistema Aguas de Quelana: el comportamiento asociado al acuífero aluvial, el transicional entre el aluvial y el marginal y el comportamiento relacionado a la zona marginal (producto del efecto de la interfaz salina). En este caso, a diferencia del Sistema Soncor, no existe un sistema de lagunas y canales de agua superficial que genere un impacto característico sobre el acuífero. Por contra, se trata de una distribución irregular de afloramientos de agua subterránea, producto del levantamiento del agua dulce proveniente de la cordillera, generado por la presencia de la interfaz salina y el cambio de relieve que genera la existencia de estos cuerpos de agua dispersos de norte a sur. Por ese motivo, existe un comportamiento no visto como tal en el sistema Soncor que se trata de una transición entre la zona marginal y el núcleo. A continuación, se muestran las series de niveles y el análisis asociado.

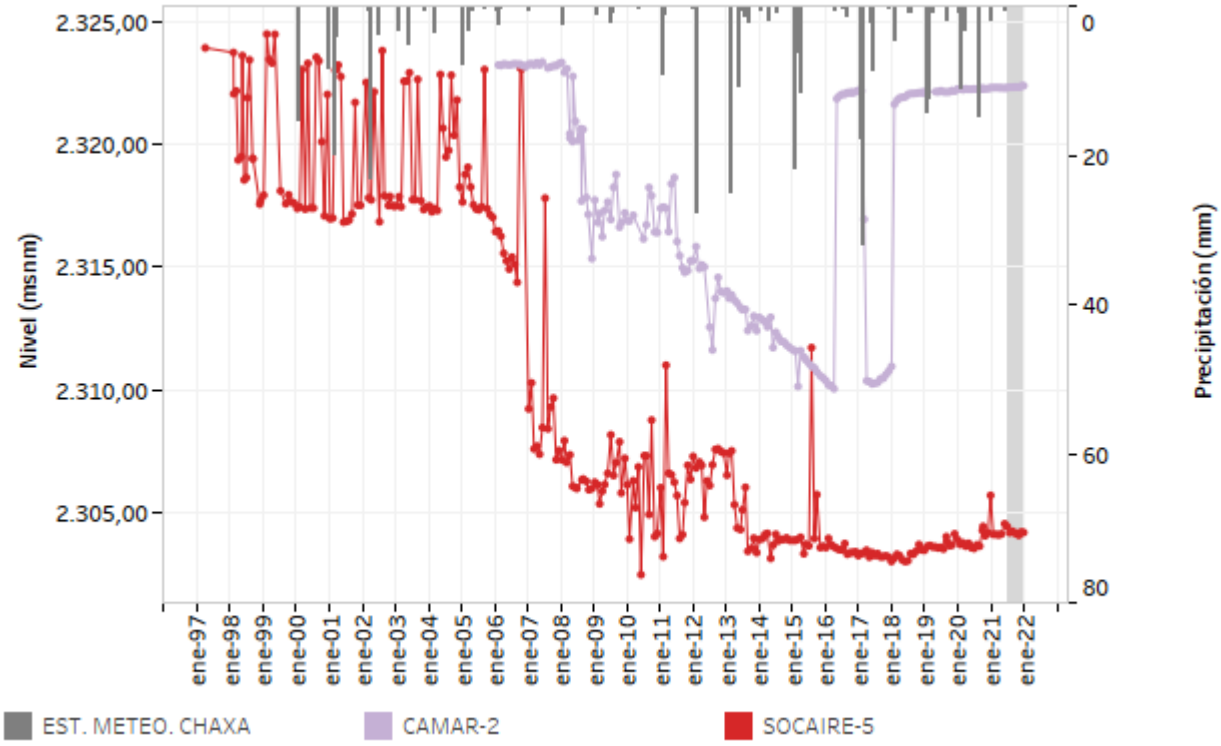
6.1.2.1.1 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

En la Figura 6-50 se muestran los niveles de los pozos Camar-2 y Socaire-5, que son los pozos de agua industrial que se encuentran en el sistema Aguas de Quelana. Tienen un caudal autorizado de 60 y 65 L/s respectivamente.

El pozo Camar-2 se detuvo su operación en febrero de 2018 y es por este motivo que los niveles medidos se mantuvieron estables alrededor de la cota 2.322 m s.n.m., desde entonces y que se mantiene también para el segundo semestre 2021.

El pozo Socaire-5, por su parte, disminuyó levemente el caudal de extracción en el mes de agosto 2019 (60,29 L/s de promedio mensual) y en el mes de noviembre de 2019 hubo una disminución de la extracción hasta los 44,41 L/s de promedio mensual. Por este motivo es que los niveles del pozo registraron dos pequeñas elevaciones de nivel en esos meses. Durante el segundo semestre de 2021 se observa como mantiene el nivel ascendente que viene mostrando desde 2018; la pendiente promedio en este periodo es de 26,44 cm/año, esta tendencia ascendente, si bien el pozo Socaire-5 se mantiene estable en su régimen de extracción, se interpreta que es debido a la detención del pozo vecino Camar-2, que fue justo el mismo año 2018.

Figura 6-50: 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

Sobre el acuífero aluvial del sistema Aguas de Quelana y con el comportamiento característico de esta área, se encuentran los puntos L3-2, L3-16, L5-1 y L5-2. En la Figura 6-51 se muestran los descensos calculados, ya que permiten observar mejor las tendencias de este grupo debido a que los niveles se encuentran a cota muy distintas.

Los puntos no muestran oscilación estacional, sin respuesta a los eventos de lluvia y sí una respuesta en forma de descenso debido a las extracciones de los pozos de agua industrial; los puntos L3-2 y L3-16 mostraban las mayores pendientes de descenso de este grupo (13 y 20,3 cm/año respectivamente), hasta que el pozo Camar-2 se detuvo en 2016 y posteriormente en 2018 de forma definitiva. A partir de entonces los niveles han venido mostrando una tendencia de recuperación (ascenso), que desde mediados de mediados del mismo año (2018) se muestra estable con una pendiente de 5,6 y 6,4 cm/año respectivamente (L3-2 y L3-16). Estas respuestas debidas al manejo operacional del pozo Camar-2 son esperadas, puesto que estos dos puntos se encuentran muy cercanos al mismo; el L3-16 a menos de 350 metros y el L3-2 a unos 800 metros. Durante el segundo semestre de 2021, los niveles registrados mantienen el mismo comportamiento descrito, con la tendencia de ascenso estable y a la misma tasa.

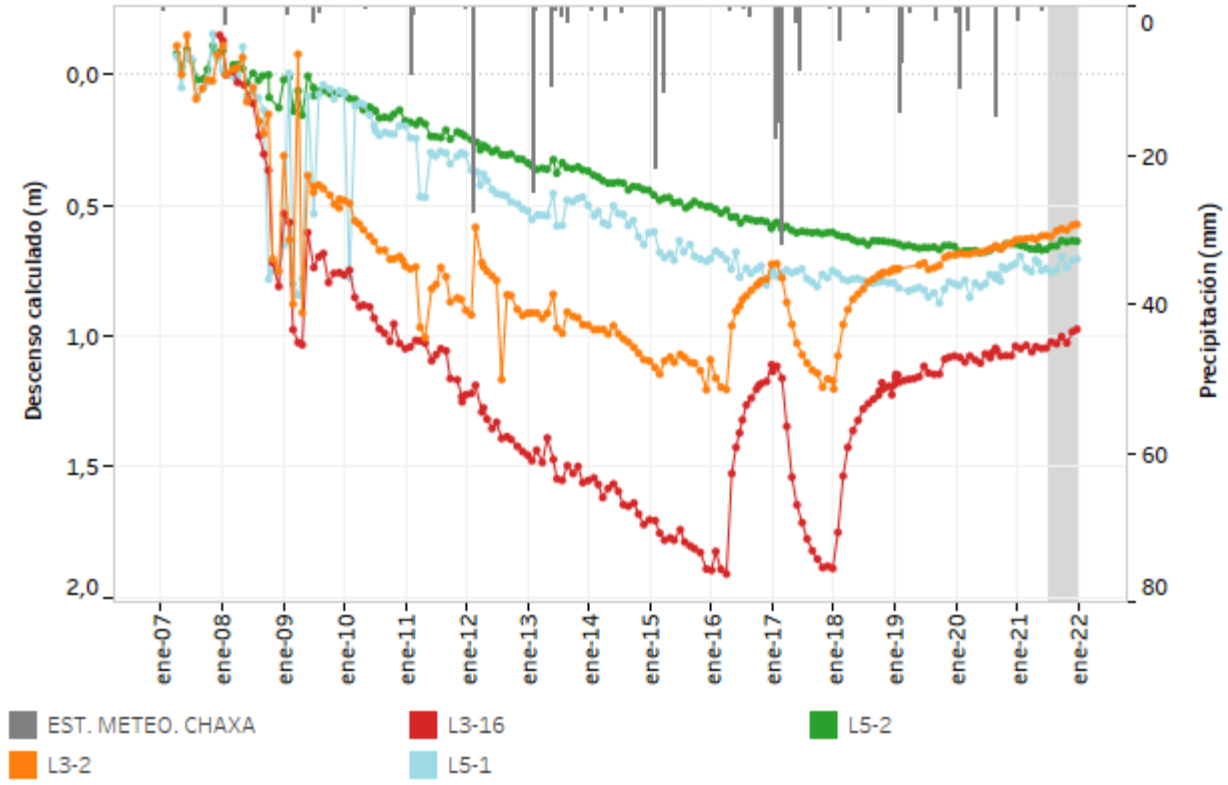
En el caso de los puntos L5-1 y L5-2, el efecto de la detención del pozo Camar-2 también se ha observado, a pesar de que éstos se encuentran al sur del pozo Socaire-5. Previa a la detención del Camar-2, estos puntos registraban un descenso con una pendiente promedio de 6,8 cm/año el L5-2 y 7,2 cm/año el L5-1. El efecto de la detención definitiva se empezó a observar en estos puntos a mediados de 2019 en el caso del L5-1 y a partir de 2020 en el caso del L5-2; se empezó a registrar una tendencia ascendente de 6,7 cm/año y 0,6 cm/año respectivamente.

Las mediciones realizadas en el segundo semestre 2021 confirman las tendencias descritas anteriormente; en todos los casos se mantienen los niveles reproduciendo una tendencia de ascenso estable.

El comportamiento en este sector se interpreta como una etapa de reequilibrio desde una época de máxima recarga desde la cordillera oriental, dando lugar a una leve tendencia al descenso y sobre la cual se sobrepone el efecto inducido por la explotación de agua industrial de los pozos. Los cambios en el régimen de extracción, junto con la detención del pozo Camar-2 suponen desequilibrios en el acuífero, por lo que es esperable observar estas respuestas en forma de recuperación en los puntos cercanos. Es necesario observar las tendencias resultantes de un periodo mucho mayor, puesto existen estudios relacionados con los acuíferos de la cordillera de los Andes que concluyen que los tiempos de reequilibrio en el acuífero pueden ser de entre 100 a 1.000 años (Boutt, y otros, 2021) o incluso de entre 3.000

a 14.000 años (Urrutia, y otros, 2021), dependiendo de la técnica de análisis y de la región concreta. Por lo que es esperable que, en la cuenca del Salar de Atacama como ocurre en cuencas similares, se dé la situación de balances no cerrados, puesto que el acuífero todavía no se encuentra en equilibrio.

Figura 6-51: 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.

6.1.2.1.3 Pozos en zona marginal

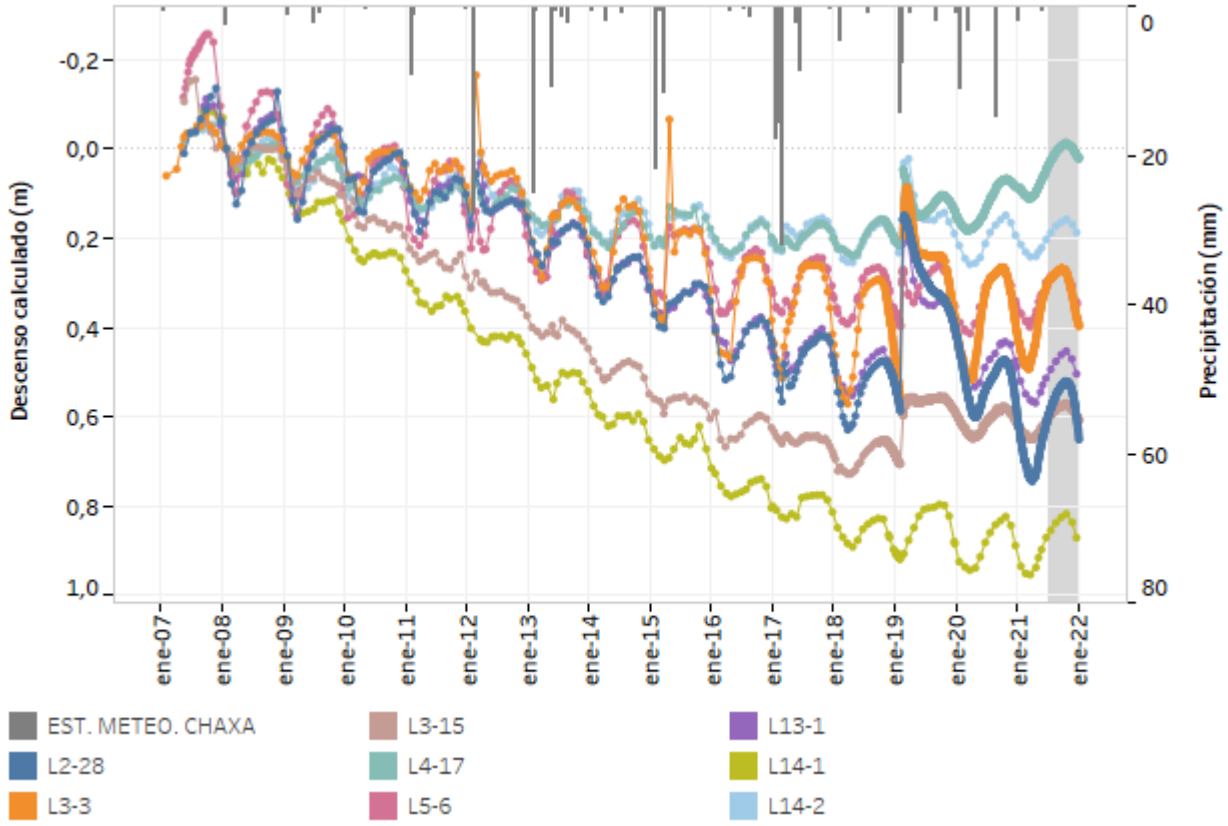
En esta sección se hace el análisis para aquellos puntos que se encuentran en la zona marginal del sistema Aguas de Quelana. Empezando por los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento que se reconoce por ser transicional; presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial, influenciado principalmente por el bombeo de los pozos de agua industrial, pero además muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal. En la Figura 6-52 que muestra los descensos calculados desde 2008 a partir de los niveles medidos ya que, debido a las diferencias entre las cotas de los niveles en este grupo, no se podría realizar el análisis de forma adecuada.

Empezando por el L2-28, que es el que se encuentra más al norte de este grupo, venía registrando una marcada oscilación con una tendencia descendente estable. Producto de la precipitación de febrero 2019, los niveles en este punto incrementaron de forma inmediata alcanzado cotas que no se habían registrado desde 2013. Posteriormente, el nivel se ha recuperado (descendido), durante el pasado año 2020 empezó a mostrarse de nuevo oscilante retomando el descenso promedio de los niveles con una pendiente de 4,8 cm/año. Durante el segundo semestre de 2021 se reproduce el máximo estacional esperado para esta época del año, el que se registra a una menor cota que el máximo del año anterior, lo que lleva a concluir que el pozo mantiene el comportamiento descrito anteriormente.

Contrariamente, el resto de los puntos sí parecen haber mostrado una respuesta al paro del Camar-2, aunque en función del punto la forma ha sido distinta; teniendo en cuenta el registro histórico e incluyendo los datos obtenidos durante el segundo semestre 2021, se observa que todos han mantenido estable la misma oscilación histórica que venían registrando (en cuanto a frecuencia y amplitud) y lo que ha variado es que una serie de pozos ha invertido la tendencia, pasando de tener una tendencia descendente a registrar una tendencia ascendente (L4-17 y L3-3), otros han disminuido la pendiente de descenso llegando a una prácticamente estabilización (pendiente nula) (L14-2, L5-6 y L3-15) y finalmente, el caso del L14-1 y L13-1 que han suavizado la pendiente de descenso.

Dada la descripción anterior y observando la ubicación de los puntos con respecto el pozo Camar-2, se extrae que no existe una relación proporcional al efecto del paro con respecto la distancia al pozo; sería esperable que el efecto fuera más fuerte en los pozos más cercanos, con un cambio en la tendencia llegándose a invertir (pasar de descender a ascender) y que las respuestas más débiles se produzca en los pozos más alejados (disminución de la pendiente de descenso). Pero, la falta de esta correlación pone evidencia de nuevo la heterogeneidad de los materiales en este sector, que condiciona los tiempos y la forma de responder a los eventos en el acuífero.

Figura 6-52: Descensos calculados de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial



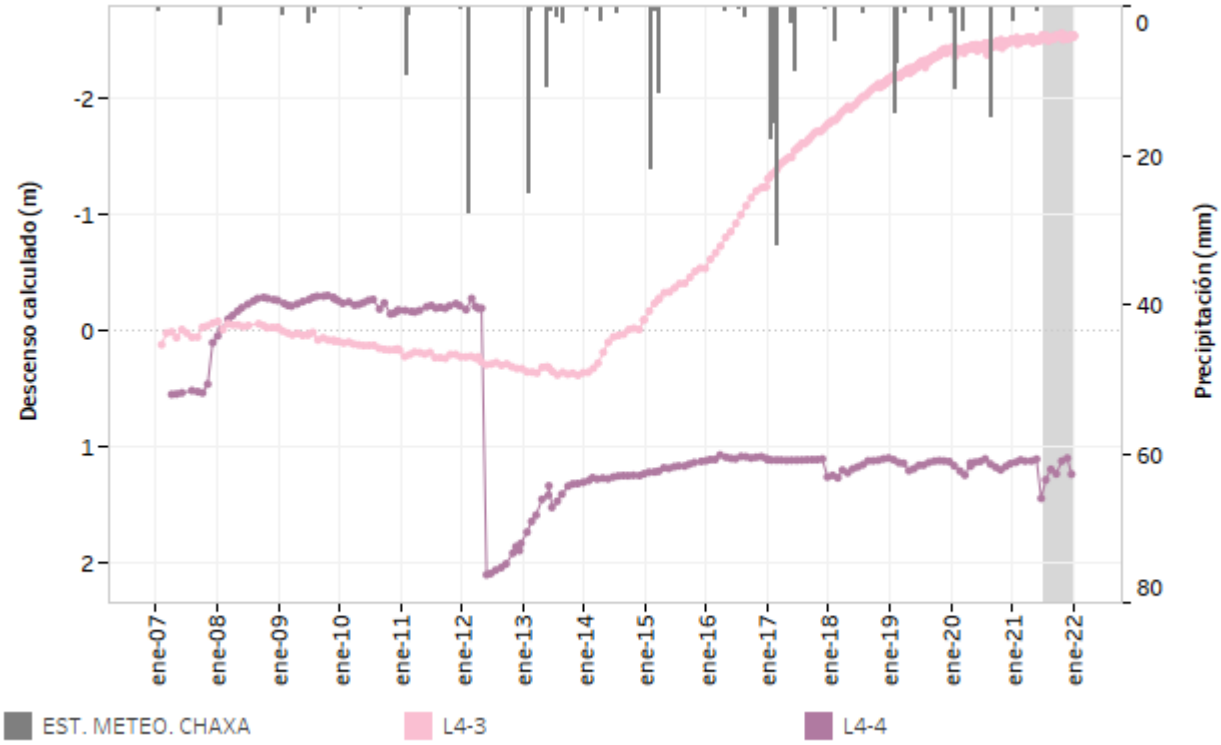
Fuente: Elaboración propia.

En el entorno de los puntos descritos anteriormente, se encuentran el L4-3 y el L4-4 que muestran un comportamiento singular si se compara con el resto de los pozos vecinos. En la Figura 6-53 se muestran los niveles de estos puntos. El pozo L4-4 sufrió un golpe por terceros, hecho reportado en el Informe Nº11 del PSAH. Esto provocó un cambio en los niveles medidos, lo que se aprecia como un descenso abrupto el año 2012. Posteriormente, el punto mostró una recuperación del nivel hasta alcanzar en 2016 una cota más o menos estable alrededor de los 2.304,55 m s.n.m. En el mes pasado de junio (primer semestre 2021) se registró un nivel 31 cm con respecto la medida del mes anterior. Se desconoce el motivo que haya llevado a este escalón no obstante, puede verse que, durante el segundo semestre de 2021, el nivel ha mostrado recuperación (ascenso) alcanzando en noviembre (2021) de nuevo el nivel en la cota promedio previa. Sin embargo, la medida de diciembre (2021) vuelve a registrarse un escalón, esta vez de 14 cm con respecto el mes anterior. Es posible que este punto esté cambiando su patrón, empezando a reproducir oscilaciones de mayor amplitud a

las registradas anteriormente. Pero es imprescindible disponer de una serie más larga de mediciones para poder verificar esta hipótesis.

Por su lado, el L4-3 cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular, aunque la pendiente se hay ido suavizando desde entonces (pendiente de 8,5 cm/año calculada para el periodo entre enero de 2019 y diciembre de 2020) y que se mantiene también durante el segundo semestre 2021.

Figura 6-53: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El siguiente grupo de pozos que se analiza en esta sección son los que se encuentran alrededor de la interfaz salina y que por tanto muestran el comportamiento esperado en la zona marginal; se caracterizan por mostrar una tasa de descenso casi nula y una fuerte estacionalidad. Se trata de gran número de puntos situados de norte a sur y entre el límite del acuífero aluvial y la zona de la surgencia de los cuerpos de agua objeto de protección del sistema Aguas de Quelana, por lo que se muestran directamente los descensos calculados que permiten visualizar mejor el comportamiento característico. Se presentan agrupados en distintas figuras de norte a sur:

- Series L2 (L2-27) y L13 (L13-2, L13-3 y L13-4) en la Figura 6-55.
- Serie L3 (L3-5, L3-6 y L3-7) en la Figura 6-56
- Serie L14 (L14-3 y L14-4) en la Figura 6-57 **Error! Reference source not found.**.
- Serie L4 (L4-7, L4-8, L4-9 y L4-10) en la Figura 6-58.
- Serie L5 (L5-3, L5-7, L5-8 y L5-G3 Reglilla y Pozo) en la Figura 6-59

Puede notarse que, en esta agrupación de puntos, con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana, se encuentran las reglillas pertenecientes al monitoreo de agua superficial de este sector: L13-4, L14-4, L3-7, L4-10 y L5-G3 Reglilla y Pozo. Como puede verse en las figuras, no muestran un comportamiento diferenciado con respecto el resto de los puntos incluidos en este grupo. Esto es debido a que el sistema Aguas de Quelana tiene una dinámica distinta al sistema de Soncor, en donde existe una interacción entre los cuerpos lagunares superficiales y el acuífero del sector. En el caso del sistema de Aguas de Quelana, los cuerpos de agua dispersos sobre la superficie del terreno tienen como origen la surgencia del acuífero procedente de la zona aluvial, que al encontrarse con el acuífero del núcleo produce la llamada interfaz salina. Esta diferencia de densidades, junto con el relieve llano de la zona (en comparación con las cotas topográficas del aluvial) son las responsables de que exista este sistema de humedales en el borde este del Salar de Atacama.

Volviendo al comportamiento de los niveles, de la misma manera que se describía para los pozos también asociados a la interfaz salina del sistema de Soncor, estos puntos muestran una marcada oscilación estacional y, en general, tendencia de pendiente prácticamente nula (ni ascenso ni descenso); es posible que estos puntos respondan de forma distinta al efecto del bombeo de los pozos de agua industrial debido a que las condiciones hidráulicas del acuífero en este sector son heterogéneas, como ya se ha visto anteriormente, por lo que depende de lo transmisible que sea el material litológico existente entre el campo de pozos de agua y cada punto la respuesta podrá ser más fuerte o más débil independientemente de la distancia entre ambos.

Las amplitudes de oscilación son variables (entre 1 y 12 cm) y la respuesta a los eventos de lluvia también varía en función del evento y de la ubicación del punto (está relacionado con la amplitud de la zona no saturada, la pendiente del terreno y la litología y sus características transmisibles). Observando las respuestas registradas con mediciones manuales de todos los

puntos analizados en este grupo, el evento que mayor impacto ha generado en los niveles es el de febrero 2019 y, en segundo lugar, el evento de febrero 2012.

Respecto los datos medidos en el segundo semestre de 2021, todos los pozos de este grupo que se ubican dentro de la reserva (RNF) cuentan con mediciones para este segundo semestre 2021 en todo el semestre a excepción del mes de noviembre. Lo cual es positivo considerando que estos puntos llevan sin medirse regularmente desde mayo de 2019.

Respecto de la Figura 6-55 (series L2 y L13, al norte del sistema), se destaca el punto L2-27 que ha venido registrando mínimos históricos consecutivamente los años 2020, 2021 y 2022[66]. Para el segundo semestre de 2021, los niveles reproducen el máximo estacional esperado para esta época del año. No obstante, se destaca que la cota alcanzada es 8 cm menor que el máximo estacional el año anterior.

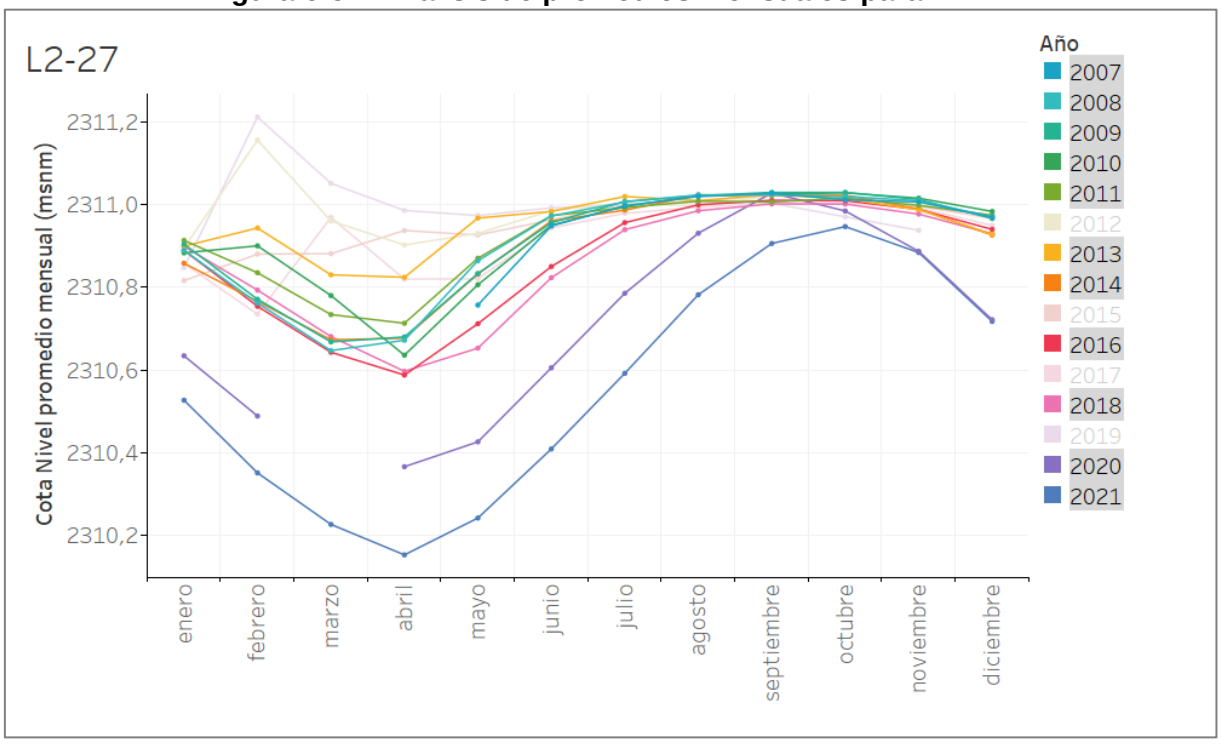
Adicionalmente, se presenta un análisis de los promedios mensuales para cada año de mediciones del punto L2-27, en la Figura 6-54. Siendo que este punto presenta un comportamiento estacional, de esta forma se busca representar la curva anual resultante que permite identificar el mes y la cota promedio que alcanzan los mínimos y máximos anuales, para cada año. En la figura se destacan los años en donde no se han registrado eventos de lluvia destacables, ya que éstos condicionan temporalmente los máximos del mismo año. Puede verse que entre los años 2008 a 2018 el patrón estacional es similar y posteriormente, en el año 2020 y luego 2021, el mínimo anual se registra a menor cota gradualmente. No obstante lo anterior, en todos los casos el mínimo se reproduce en el mes de abril. Por otro lado, el máximo estacional de los años 2008 a 2018 se registran en los meses de septiembre mediante una suave oscilación de amplitud 44 cm. En el año 2020 aumenta la amplitud a 66 cm, pero se mantiene la cota del máximo estacional histórica, así como también que ésta se registre en el mes de septiembre. Por el contrario, destaca el máximo medido del año 2021 en que, no solo aumenta la amplitud a 79 cm, sino que también ha resultado ser el primer año

[66] Posterior al cierre del segundo semestre de 2021, el indicador L2-27 activó la Fase II, concretamente el día 6 de febrero de 2022. Lo que supuso la entrega del informe de investigación correspondiente el día 8 de marzo de 2022 mediante la carta conductora GMPL 038/2022. Adicionalmente, el análisis y las conclusiones resultantes serán abordadas en el próximo informe PSAH Nº 31, que contempla el reporte del primer semestre 2022.

en que el máximo se encuentra 8 cm por debajo de los anteriores máximos y además éste se registra por primera vez también en el mes de octubre.

Los informes de investigación que han analizado el reciente comportamiento del L2-27 (elaborados por Flow en 2020, 2021 y 2022) concluyen que el cambio en el patrón de este pozo viene dado por el efecto (posiblemente tardío) de la extracción de agua en el acuífero del Borde Este. Por lo que es necesario ver cómo los niveles responderán en el futuro al nuevo escenario de extracción de agua industrial definido en el Plan de Sustentabilidad (EIA, 2022), que contempla reducciones de extracción.

Figura 6-54: Análisis de promedios mensuales para L2-27

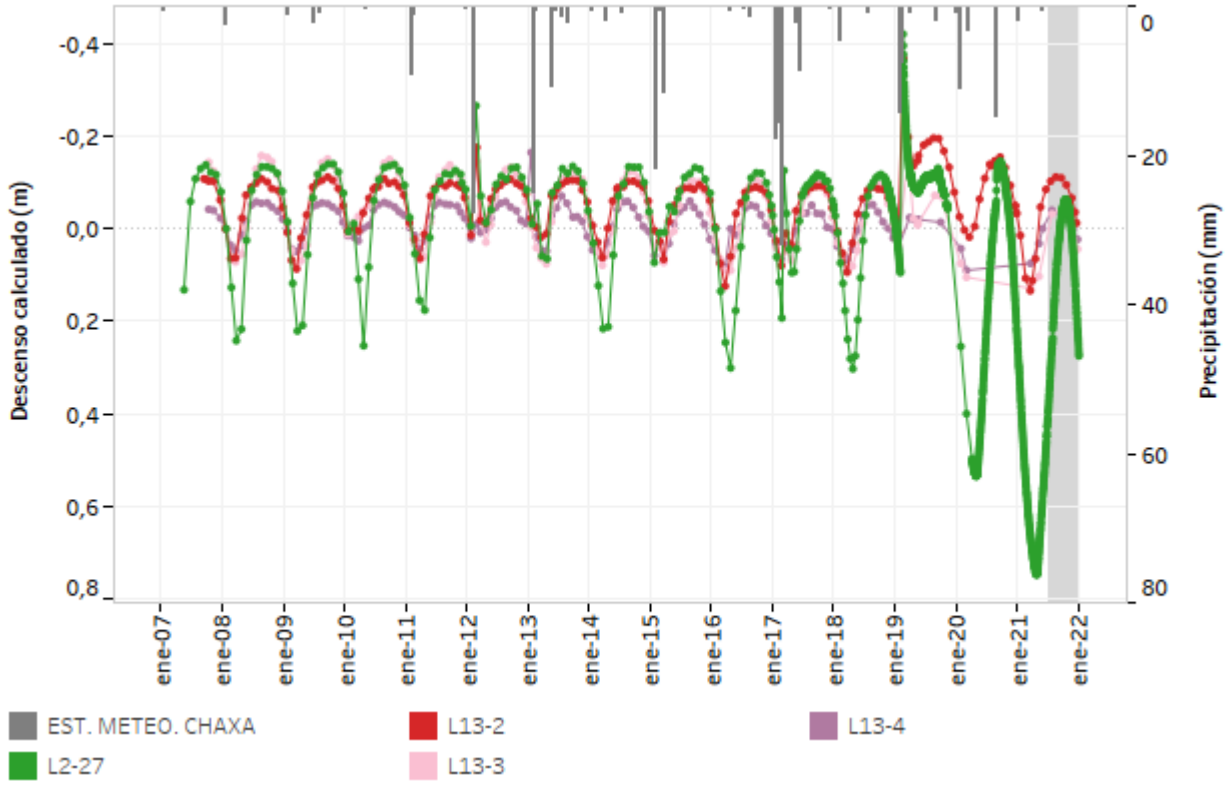


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Del resto de puntos de la Figura 6-55 se destaca el L13-2; este punto registró máximos y mínimos posteriores al evento de precipitación de 2019 levemente superiores (en cota) a los correspondientes de los años previos (unos 10 cm). Observado el máximo estacional que ha registrado durante el segundo semestre 2021, puede verse que éste ha correspondido a una menor cota que el máximo del año anterior (4 cm menor), pero ha alcanzado una cota similar a la que se registraban los máximos históricos previos. Es posible que este pozo esté reproduciendo su habitual oscilación estacional a la vez que un descenso promedio (también

descenso de las cotas de los máximos y los mínimos) por encontrarse recuperando los niveles hacia las cotas habituales previas al evento de lluvia de 2019, el que claramente elevó los niveles en este sector; será necesario ver las mediciones de los próximos meses para para concluir si el pozo ha retornado a su comportamiento previo o bien está empezando a mostrar cambios en su patrón.

Figura 6-55: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13)



Fuente: Elaboración propia.

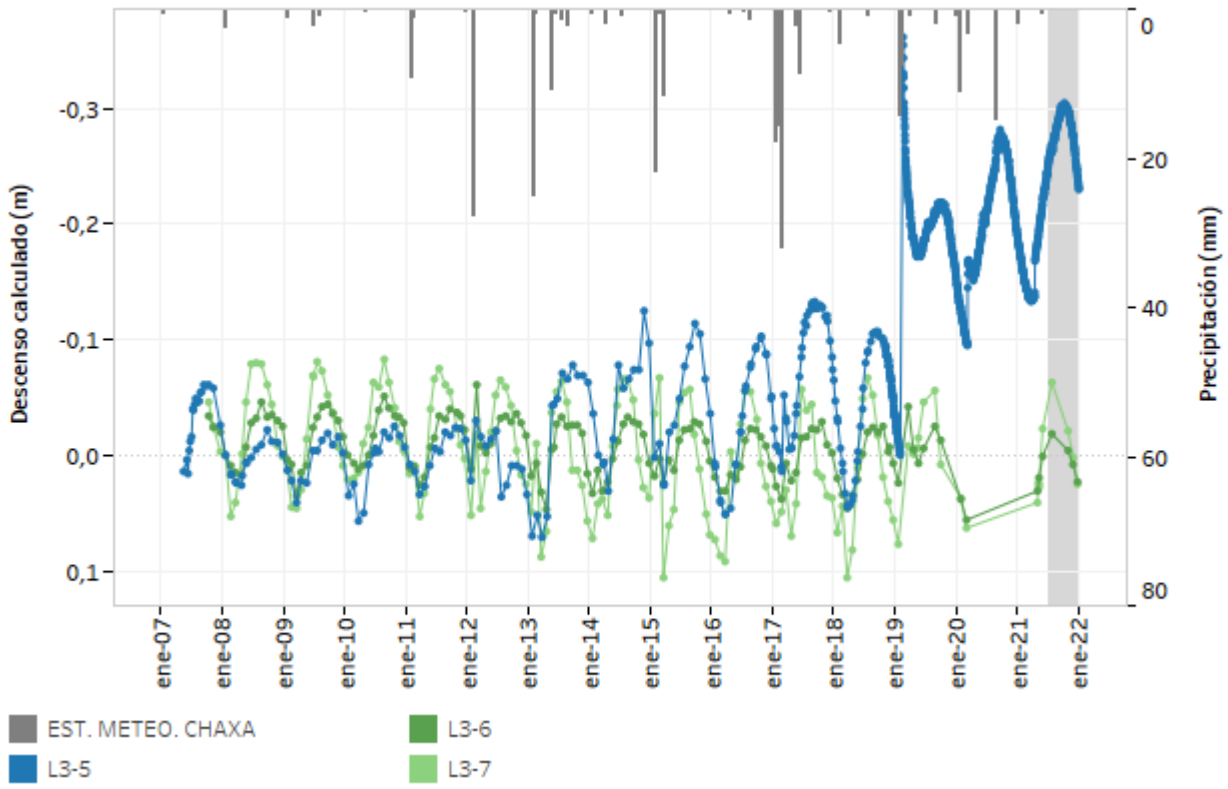
Respecto del siguiente subgrupo (serie L3 en la Figura 6-56), se inicia el análisis con el pozo L3-5; durante el periodo 2007-2013, se observa una leve tendencia promedio de descenso, con una amplitud de la oscilación de unos 8 cm. A partir de mediados de 2013 y previo a la lluvia de febrero 2019, puede verse como la tendencia se vuelve ligeramente ascendente y aumenta la amplitud de la oscilación al doble (alrededor de los 16 cm). Este cambio, posiblemente se deba a la sucesión de eventos de precipitación por lo que se caracteriza este periodo. El impacto que genera la lluvia de 2019 es el levantamiento del nivel en unos 36 cm y que ocurre de forma inmediata, registrando un máximo histórico. A partir de entonces, el nivel recupera el comportamiento oscilante, pero alrededor de una mayor cota que en los años

previos y, junto con las mediciones del segundo semestre 2021, parece intuirse que se mantiene una tendencia ascendente de 0,8 cm/año.

Es posible que este cambio en el comportamiento del L3-5, no solo se deba a la recarga proveniente del aluvial producto de la lluvia de 2019, si no que se vea añadido el efecto producido por el paro del Camar-2, ya que así se observa en los puntos L3-3 y L3-15 (descritos en el grupo de comportamiento transicional aluvial-marginal) y que se encuentran cercanos (1 Km), aguas arriba y más próximos al Camar-2.

El resto de los puntos de la transecta L3 con comportamiento tipo Marginal (L3-6 y L3-7) se encuentran más alejados del acuífero aluvial y, según puede observarse en la Figura 6-56, éstos no están mostrando respuesta frente los cambios producidos por el paro del Camar-2. De las mediciones realizadas en el segundo semestre 2021, se ve como los niveles se encuentran en cotas similares al registro histórico, reproduciendo el máximo estacional esperables para esta época del año.

Figura 6-56: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3)



Fuente: Elaboración propia.

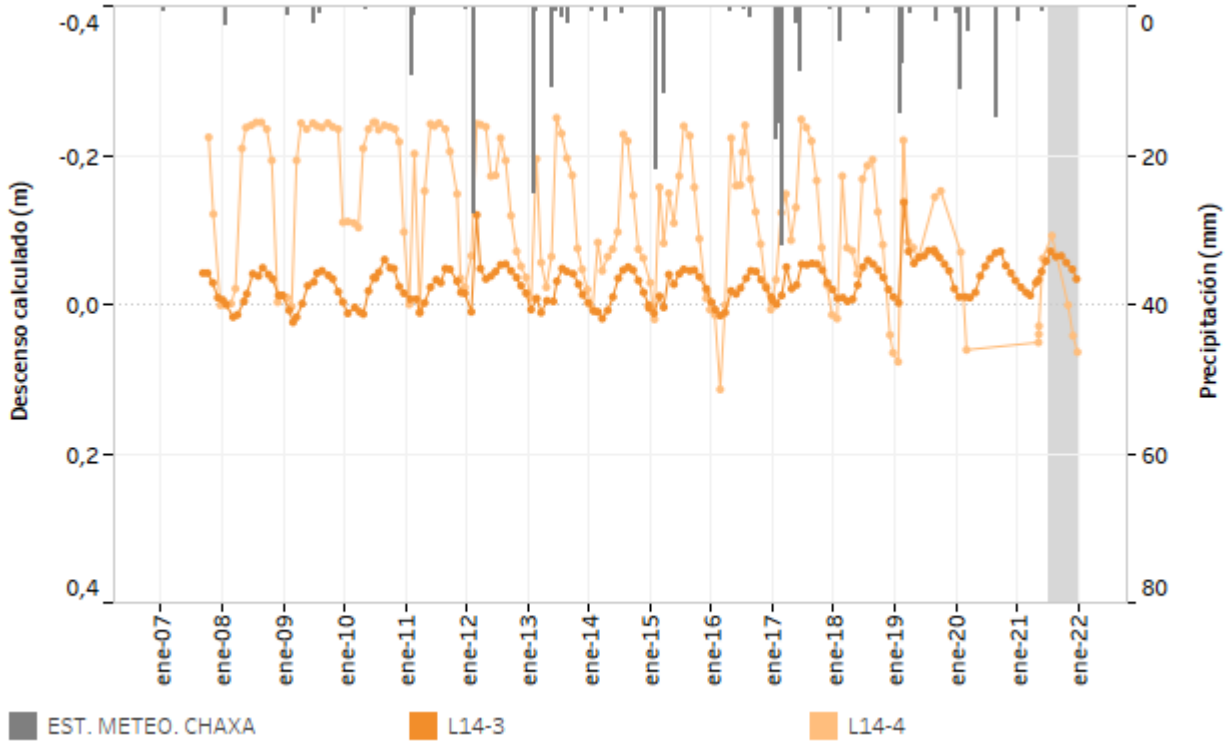
La transecta L14 (Figura 6-57) se ubica ligeramente al norte del pozo Socaire-5 y el punto más próximo al acuífero aluvial es el L14-3. Este punto viene mostrando una oscilación constante en amplitud (unos 7 cm) y también en pendiente (levemente ascendente en 0,2 cm/año). Si bien este punto respondió a la lluvia de febrero 2019, lo hizo elevando los niveles igual que cuando lo hizo para la lluvia de 2012. Posterior al evento de lluvia de 2019 y teniendo en cuenta el registro de mediciones del segundo semestre 2021, este punto no parece haber modificado su comportamiento desde el inicio de los registros.

Aguas abajo del L14-3, en la misma transecta y a una distancia de 780 m se encuentra el L14-4, que es una de las reglillas del sistema Aguas de Quelana. Este punto muestra una mayor amplitud de oscilación (unos 24 cm), respecto de su vecino el L14-3. En el periodo comprendido entre el inicio de los registros y hasta 2012, este punto mostraba unos niveles máximos que se sostenían (mantenían la misma cota) durante varios meses y oscilaba alrededor de una cota similar sin mostrar una tendencia de ascenso o descenso. Posteriormente, este punto mantuvo la amplitud de la oscilación, pero con una leve tendencia

de descenso promedio (0,5 cm/año). Este punto dejó de visitarse de forma regular en febrero 2020 y recién en el primer semestre 2021 se volvió a medir, lo que se ha mantenido regular durante el segundo semestre 2021; se observa que el pozo ha registrado un máximo estacional a una cota inferior a los máximos de años anteriores, así como también, al cierre del periodo reportado (diciembre 2021), la cota de la medición es casi un mínimo histórico (solo superado por valores mínimos de los años 2016 y 2019).

Como puede verse, se trata de puntos muy cercanos, pero que están mostrando patrones bien dispares entre ellos. Esto daría cuenta de nuevo de la relación que existe entre la fuerte heterogeneidad del suelo y el comportamiento de los niveles en este sector.

Figura 6-57: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L14)



Fuente: Elaboración propia.

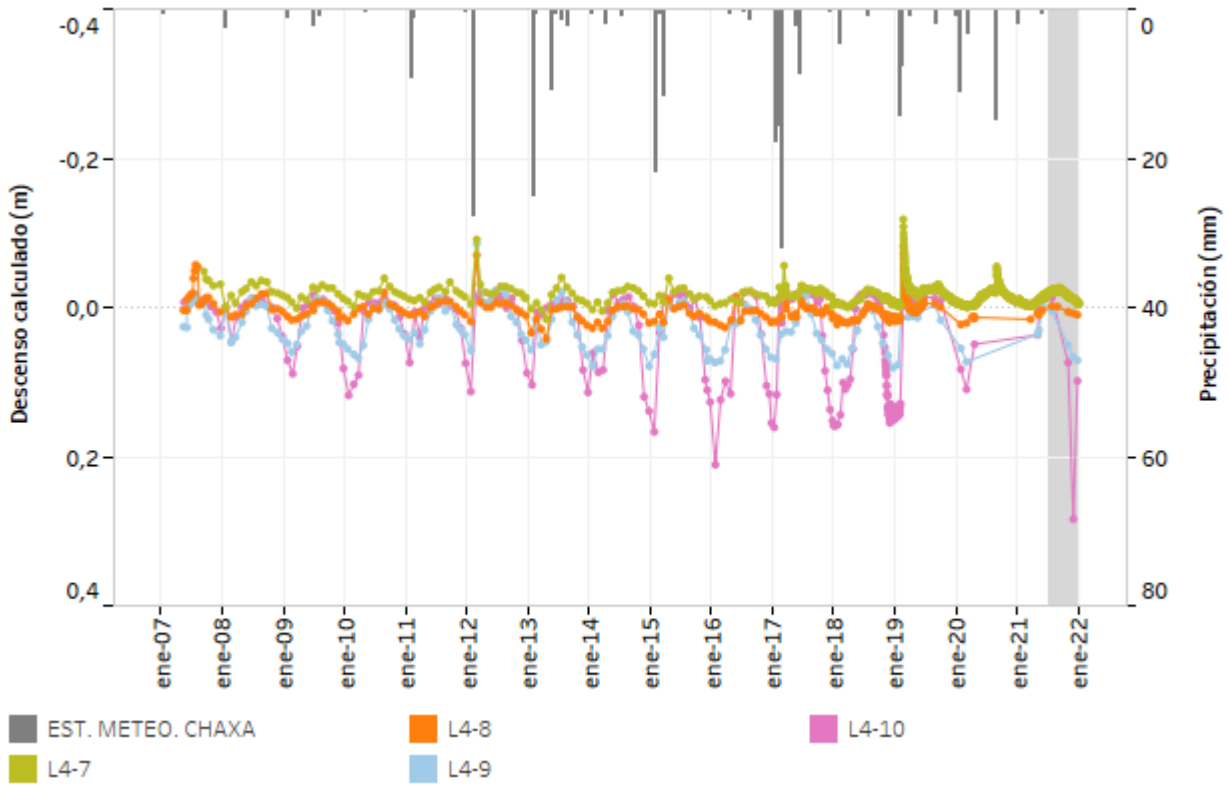
En la Figura 6-58 se muestran los puntos de la transecta L4, que se encuentra a la misma altura que el pozo Socaire-5. Los puntos L4-8 y L4-7 son los que se ubican más cercanos al acuífero aluvial, oscilan de forma estable y sin tendencia (de ascenso o descenso) y con una amplitud pequeña (unos 3 cm). La lluvia que ha generado mayor impacto es la de febrero

2019 aunque la respuesta no ha sido tan fuerte como en otros casos de este grupo, vistos anteriormente.

Por otro lado, el L4-10 es otra de las reglillas de este sistema. Este punto, junto al L4-9, muestran una oscilación con una amplitud mayor respecto de los anteriores puntos de la serie L4 (unos 7 cm). En el caso del L4-9, la amplitud se mantiene constante en el tiempo durante el periodo que se tiene registro, pero en el caso del L4-10 puede observarse que, mientras que los máximos se han mantenido a una misma cota, a partir del año 2015 los mínimos empezaron a alcanzar menores cotas haciendo así que la amplitud de la oscilación llegara a los 23 cm en 2016 por ejemplo. Este cambio de comportamiento en la reglilla es equivalente al descrito en la anterior reglilla L14-4.

Respecto del segundo semestre de 2021, se destaca la medición del L4-10 en el mes de noviembre (2021), que ha resultado estar 21 por debajo de la medición de octubre (2021). No obstante, parece anómala considerando que el mes de diciembre resultó de nuevo a una cota similar a las mediciones históricas previas. Será necesario revisar si las mediciones de los próximos meses pudieran dar cuenta de algún cambio en el comportamiento o bien se mantiene ésta como *outlier*.

Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L4)



Fuente: Elaboración propia.

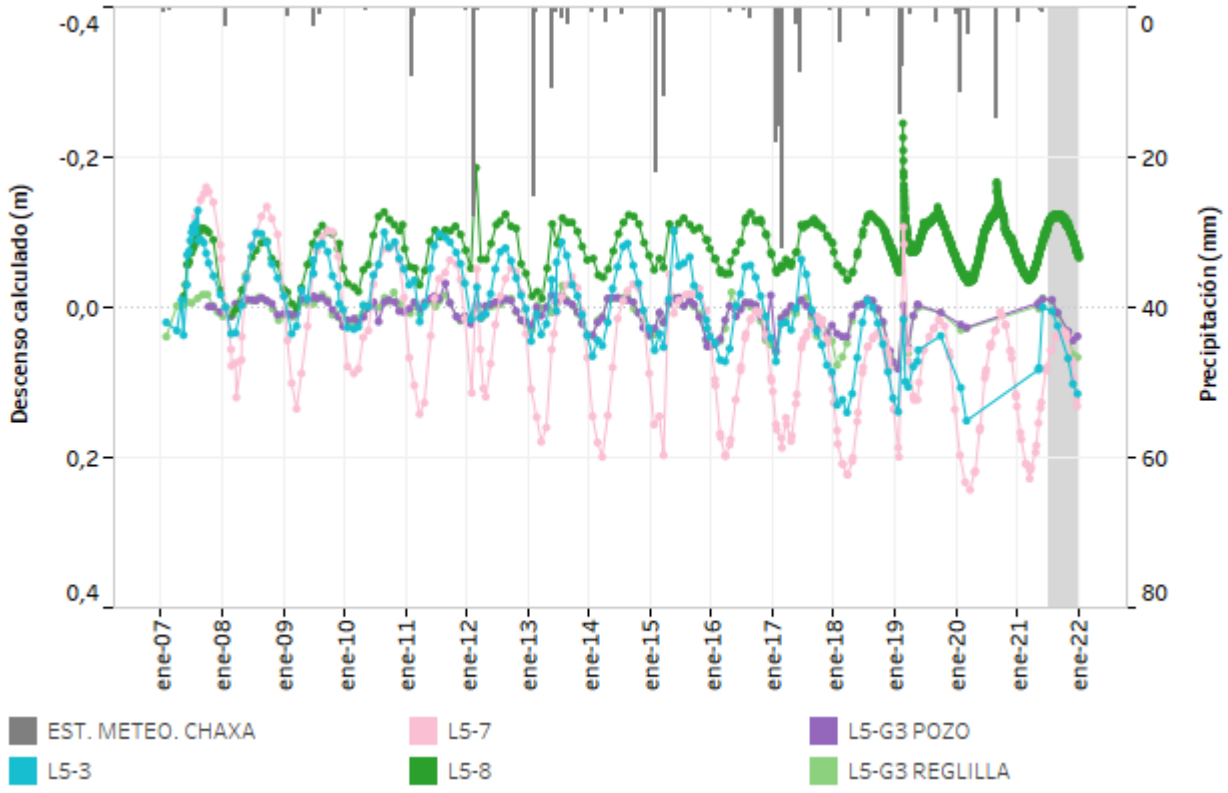
En la Figura 6-59 se muestran los descensos de los puntos de la transecta L5, que se ubica al sur del pozo Socaire-5. El punto más cercano al acuífero aluvial es el L5-7 y muestra un comportamiento oscilante con clara tendencia de descenso desde el inicio de los registros (2007) y con una pendiente de 1 cm/año. Sin embargo, en dirección aguas abajo, el siguiente punto de la transecta es el L5-8 y viene mostrando una menor amplitud y con una leve tendencia ascendente desde el año 2009 (pendiente promedio de 0,05 cm/año). A continuación, también en dirección aguas abajo, se encuentra el L5-3 que se muestra con una tendencia descendente desde el año 2010 (pendiente promedio de 1,2 cm/año) y con una amplitud más similar al L5-7. Finalmente, la reglilla L5-G3 (Reglilla y Pozo) se muestra con una oscilación poco regular, de menor amplitud que el resto de los puntos de este grupo y con una leve tendencia de descenso (0,14 cm/año).

La amplia variedad de comportamientos descritos para esta transecta estaría reflejando de nuevo que en esta zona la heterogeneidad de los materiales esté jugando un papel importante, por lo que es complicado el análisis que relacione el objeto de protección con la actividad de

los pozos de agua industrial. Por otro lado, esta transecta se encuentra al sur del Socaire-5, que ha mantenido un régimen de extracción estable, y no sería esperable que los efectos de la detención del pozo Camar-2 puedan verse en estos puntos.

De las mediciones realizadas para el segundo semestre 2021 puede verse como el comportamiento antes descrito se mantiene, por lo que no se observan cambios que en el patrón de este subgrupo que deba destacarse.

Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5)



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente grupo, desde los cuerpos de agua en superficie y en dirección al oeste, presenta un comportamiento transicional entre lo observado en la zona marginal y el núcleo (que se describe con más detalle en el siguiente apartado). Se trata de un gran número de puntos, por lo que se muestra el descenso calculado distribuido en varios gráficos, de manera que permita identificar mejor las respuestas de norte a sur:

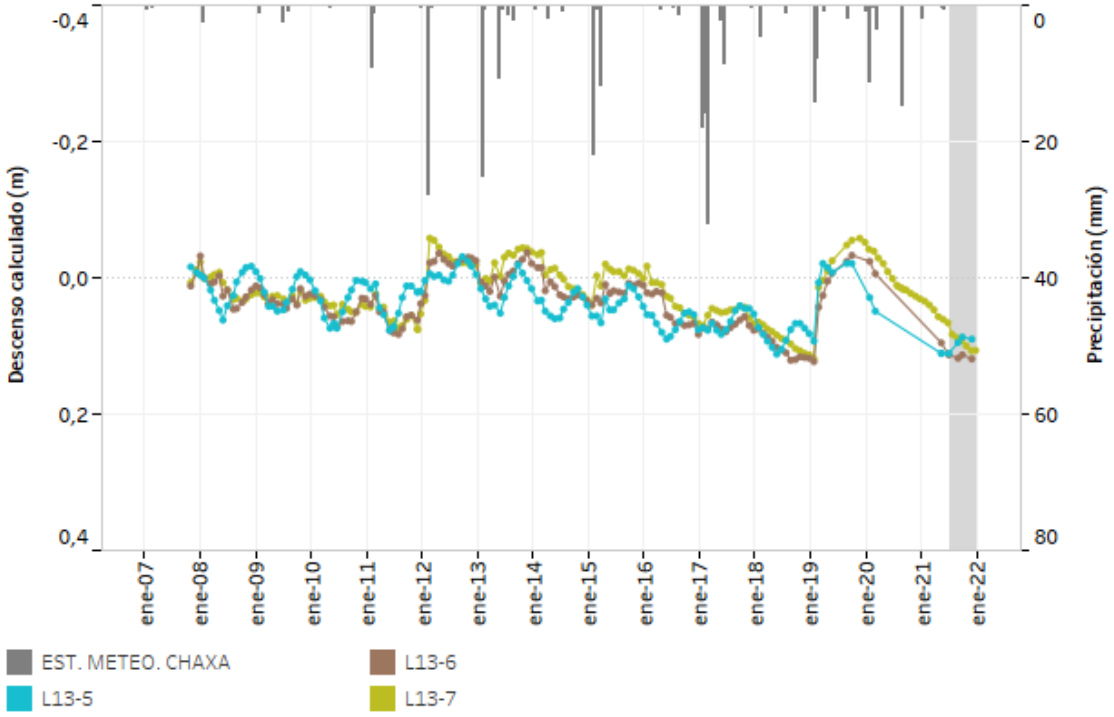
- **Serie L13** (L13-5, L13-6, L13-7) en la Figura 6-60
- **Serie L3** (L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14) en la Figura 6-61

- **Serie L14** (L14-5, L14-6, L14-7) en la Figura 6-62
- **Serie L4** (L4-5, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14, L4-15) en la Figura 6-63
- **Serie L5** (L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15) en la Figura 6-64

En general, estos puntos muestran oscilaciones estacionales residuales; menor amplitud, menor regularidad que las observadas en la zona marginal, e incluso en ocasiones se muestra desfasado unos meses. Además, todos los puntos muestran tendencias de descenso, cuya pendiente aumenta en la medida que el punto se encuentra más cercano al núcleo. La serie de pozos que se muestra más reactiva a las lluvias, y que recuerda al comportamiento de la zona Núcleo (ver siguiente apartado), son los pozos de la transecta L4 (Figura 6-63).

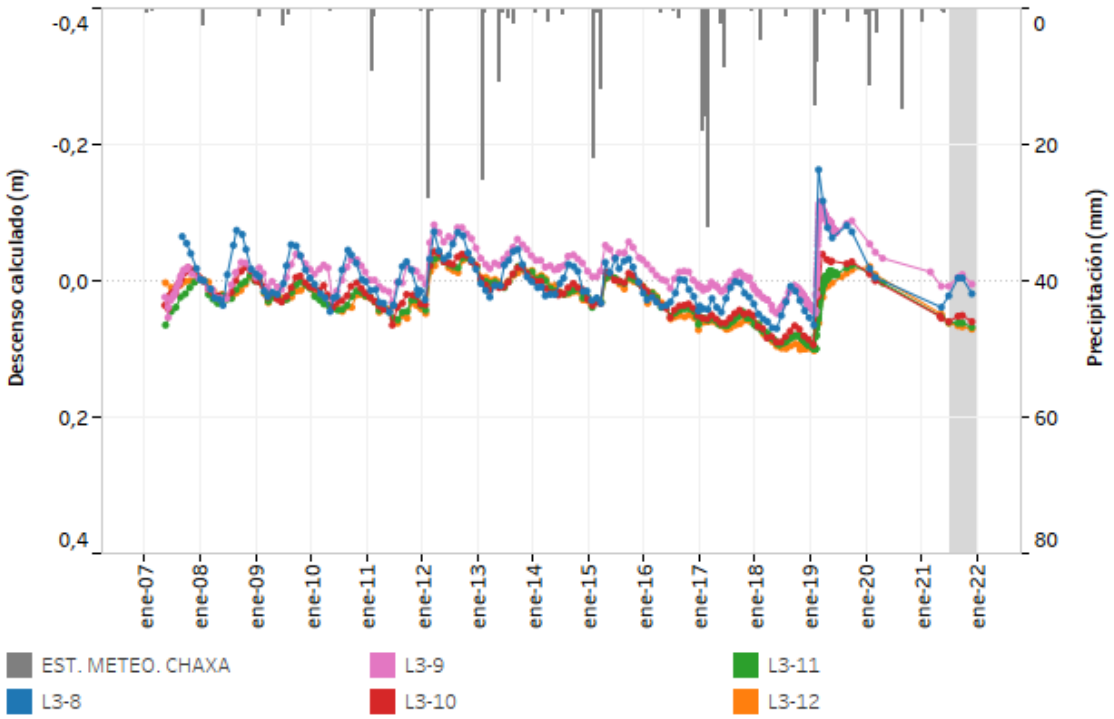
Solo los puntos L13-7, L3-14, L4-15 y L4-5 disponen de datos de forma continua, el resto de este grupo venía sin poder ser visitados desde febrero-abril 2020. Recién en el primer semestre 2021 se retomaron las mediciones, y éstas se han mantenido regularmente durante el segundo semestre de 2021. En casi todos los casos, en mayor o menor medida según lo indicado anteriormente, los pozos han registrado un máximo estacional durante el presente semestre reportado.

Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13)



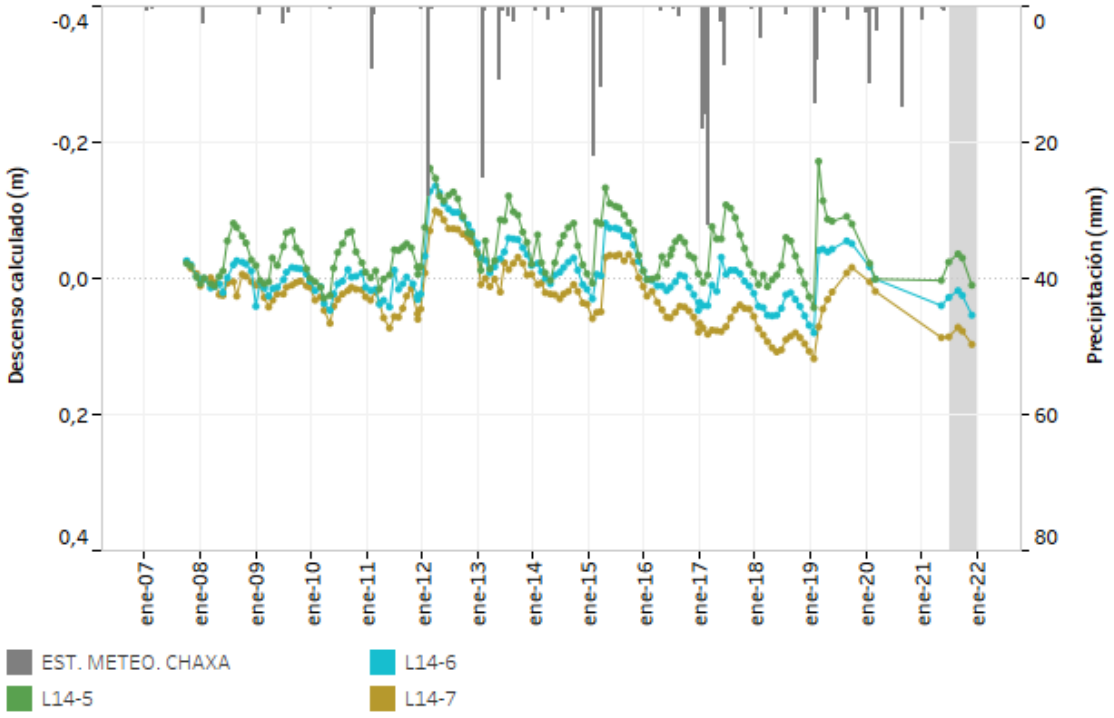
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3)



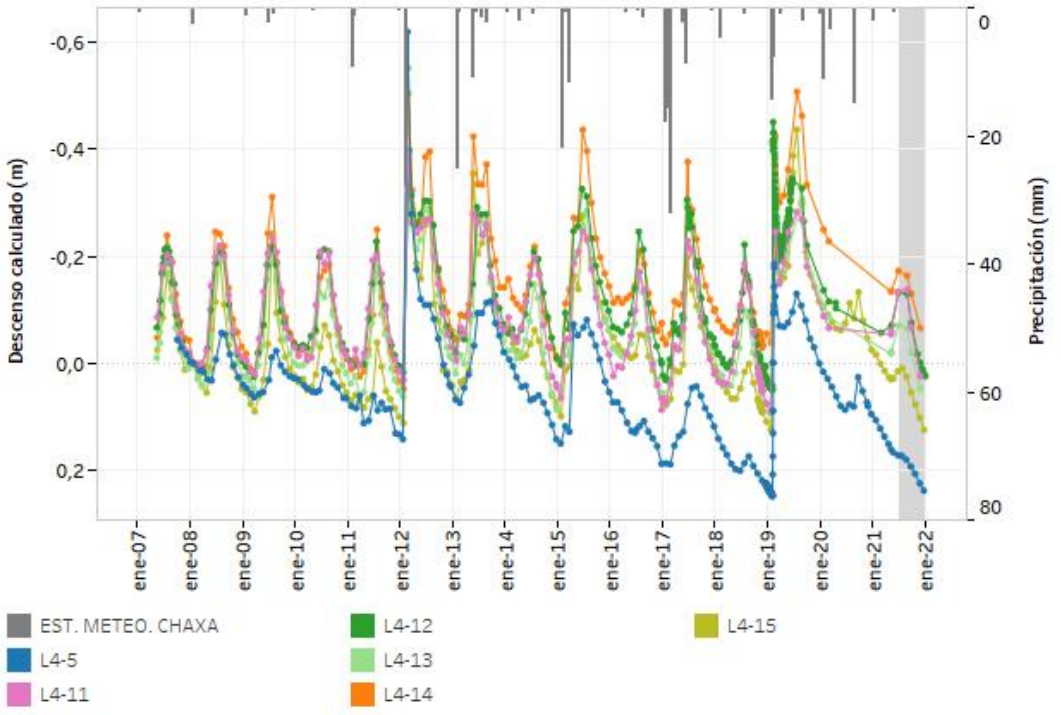
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14)



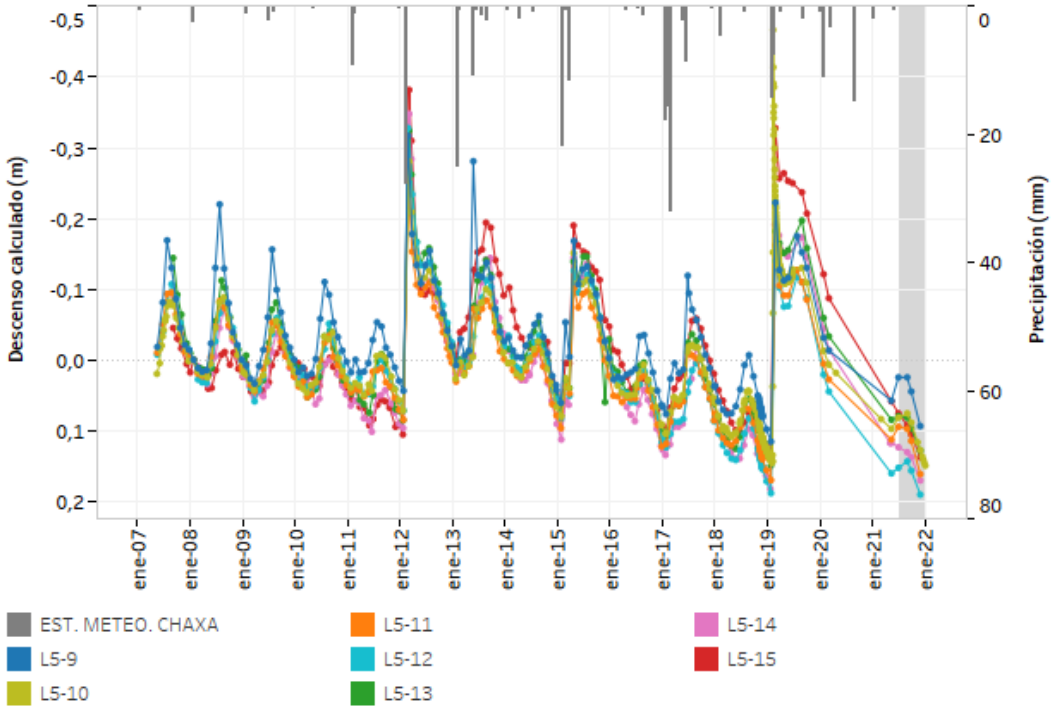
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5)



Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se ha descrito, en la zona marginal es donde se encuentran los objetos de protección definidos para el sistema Aguas de Quelana. En este sentido, una vez analizados los niveles históricos junto con la nueva información del segundo semestre 2021, puede concluirse que el sistema se mantiene con las variaciones esperadas según el tipo de comportamiento, por lo que los objetos de protección también se mantienen fluctuando dentro de comportamiento estacional esperado. La detención del pozo Camar-2 ha supuesto la recuperación (ascenso) de algunos puntos en el arco cercano al mismo pozo, pero no se observa que esta respuesta haya llegado al objeto de protección, al menos en términos de nivel en las reglillas. Cabe decir, no obstante, que se observa ser un sector muy heterogéneo en cuando a sus parámetros hidráulicos, por lo que resulta en respuestas distintas a los efectos de la extracción de agua, independiente de la distancia al mismo pozo de bombeo. En el capítulo 6.2 Análisis del Plan de Contingencia se analiza el estado de los objetos de protección a través de la revisión de los indicadores de estado, por lo que puede encontrarse más detalle.

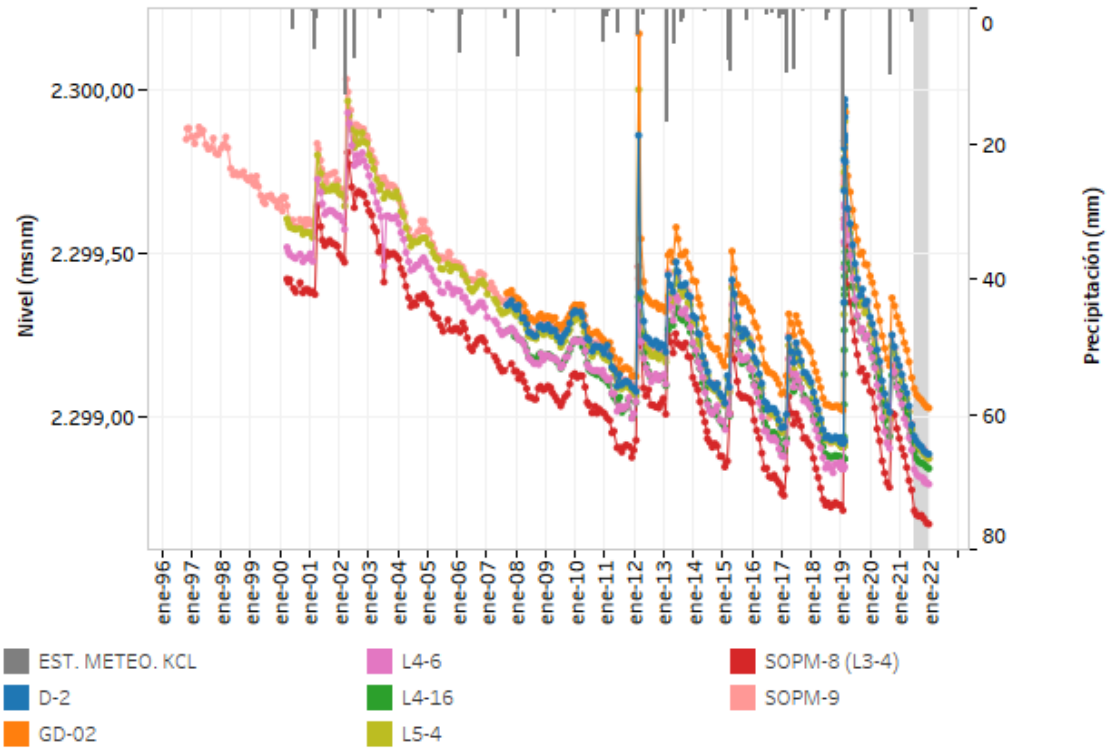
6.1.2.1.4 Pozos en el sector del núcleo

Cerrando el análisis de los puntos del sistema Aguas de Quelana, el último grupo de puntos son los que se encuentran sobre el núcleo del Salar y que, por tanto, están mostrando un comportamiento asociado a este. Se trata de los pozos L3-4 (SOPM-8), L4-16, L4-6, GD-02, L5-4, D-2 y SOPM-9, de los que se muestran sus niveles en la Figura 6-65.

De la misma forma que en el sistema Soncor, estos puntos no presentan estacionalidad, responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso característica de esta zona (entre 4,5 y 5,2 cm/año). Como ya se ha visto en el sistema Soncor, los puntos del núcleo muestran poca diferencia entre las cotas piezométricas, por lo que resulta una zona de bajo gradiente hidráulico.

De las medidas tomadas en el segundo semestre de 2021, se observa un cambio en la pendiente de descenso con respecto el que venía registrando en el anterior semestre, ya que venían mostrando el descenso producto de la recuperación (descenso) después de la lluvia de 2019. En el presente semestre se observa una pendiente que se asemeja a la tasa de descenso característica del acuífero de salmuera, de menor pendiente que la anterior

Figura 6-65: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana



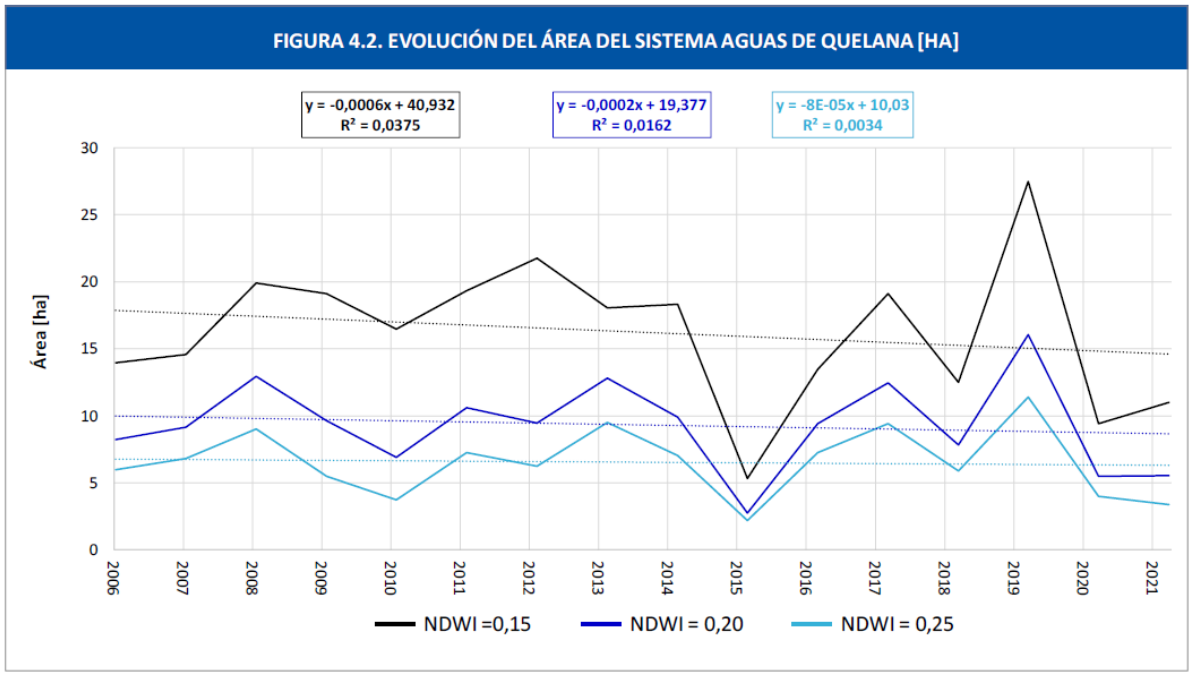
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.2.2 Superficie de los sistemas lacustres

El sistema Aguas de Quelana es un conjunto de cuerpos de agua ubicados en el Borde Este del Salar. La Figura 6-66 muestra de forma gráfica la evolución temporal resultante del trabajo de GEM (2022) sobre las superficies de los cuerpos de agua del sistema Aguas de Quelana. Se observa un máximo histórico el año 2019, producto del evento inetnso de precipitación que caracterizó ese año.

Cabe mencionar que el el trabajo de Gem propone varios umbrales factibles para la determinación del índice de agua (NDWI). Lo que se extrae, por tanto, es más bien la tendencia estable que se muestra en todos los casos.

Figura 6-66: Superficie histórica del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: GEM (2022)

6.1.2.3 Caudal bombeado

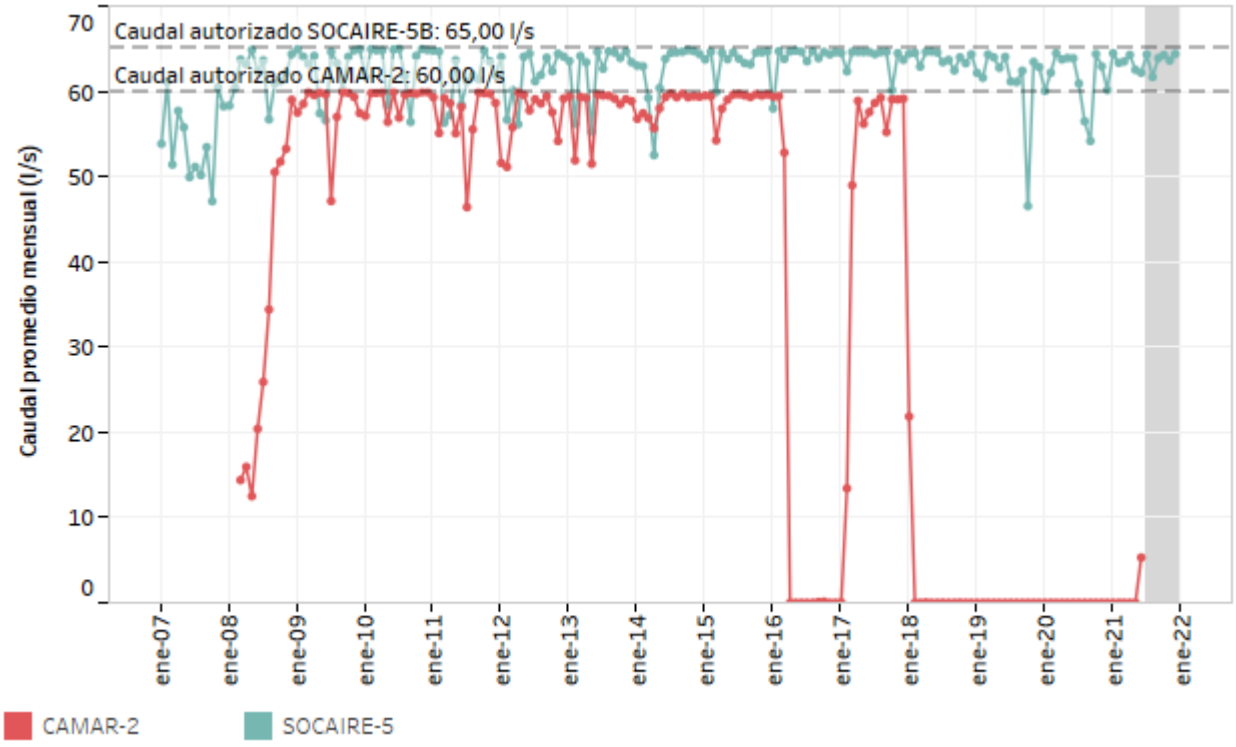
En la Figura 6-67 se muestran los caudales de agua industrial que se extraídos desde los pozos Camar-2 y Socaire-5 históricamente. Durante el periodo de funcionamiento, Camar-2 no sobrepasó los derechos de aprovechamiento autorizado; del mismo modo Socaire-5 tampoco ha sobrepasado sus derechos de aprovechamiento otorgados y autorizados (60 y 65 L/s respectivamente).

El pozo Camar-2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008, estuvo entre abril de 2016 y enero de 2017 detenido, retomó el caudal cerca de los 60 L/s autorizados y finalmente, detuvo sus operaciones en enero de 2018. Durante el primer semestre de 2021, en junio, se procedió a las labores de desmontaje de la bomba, por lo que este pozo ya no dispone de mediciones de flujómetro desde este semestre[67]. Ahora bien, con respecto al pozo Socaire-5, en el

[67] Esta acción fue incorporada en la propuesta de programa de cumplimiento refundido, ingresado con fecha 30 de noviembre 2020 en el proceso F-041-2016, conforme al trabajo desarrollado en conjunto con la Comunidad de Camar, en el marco del relacionamiento establecido entre SQM Salar S.A. y la comunidad.

presente semestre reportado, los caudales medios mensuales han fluctuado entre los 61,68 y 64,38 L/s.

Figura 6-67: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.4 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el segundo semestre de 2021 en el agua superficial y subterránea del Sistema Aguas de Quelana, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados.

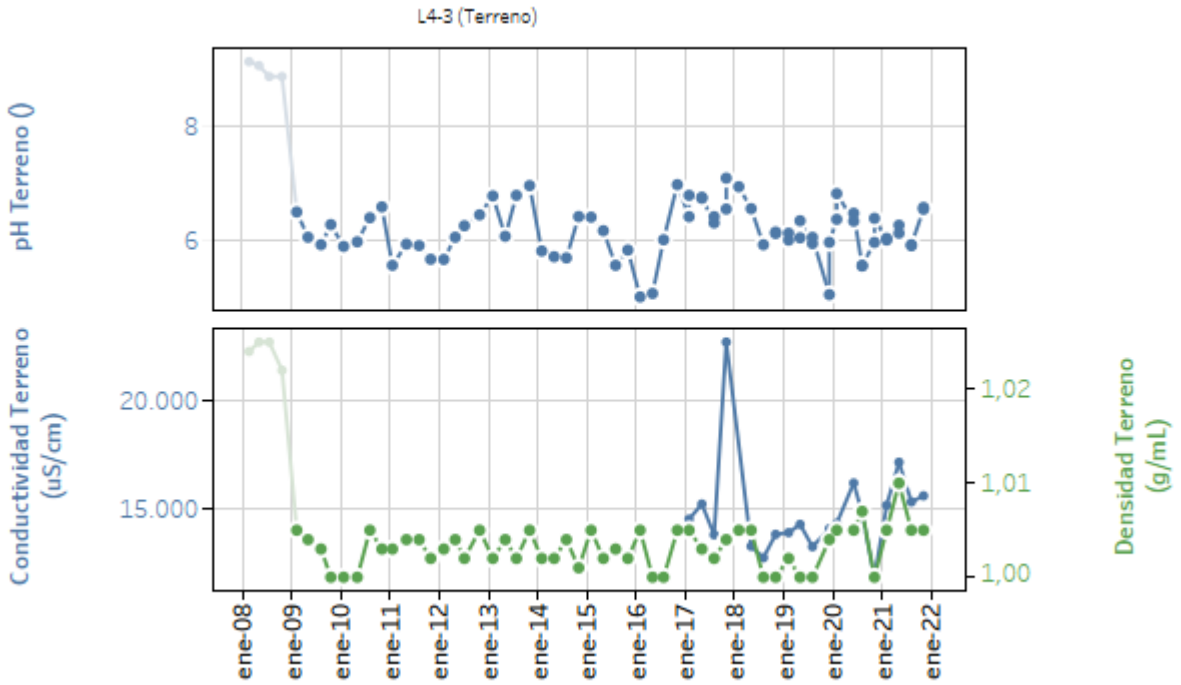
El análisis se presenta dividido en dos subsecciones que agrupan los puntos de monitoreo de acuerdo a su tipo: (i) pozos y reglillas de monitoreo y (ii) pozos de extracción de agua industrial.

6.1.2.4.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

Los registros históricos de calidad del agua en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana se presentan en la Figura 6-68, Figura 6-69, Figura 6-70, Figura 6-71,

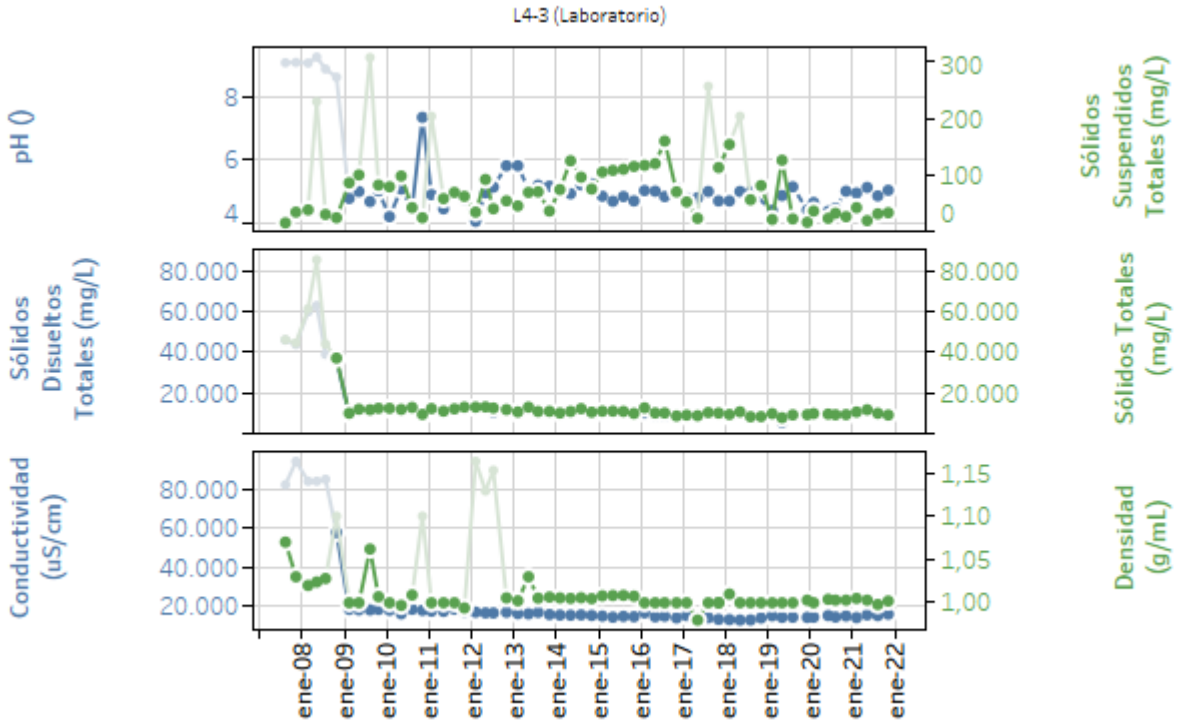
Figura 6-72, Figura 6-73 y Figura 6-74 (L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10, respectivamente)[68, 69].

Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3



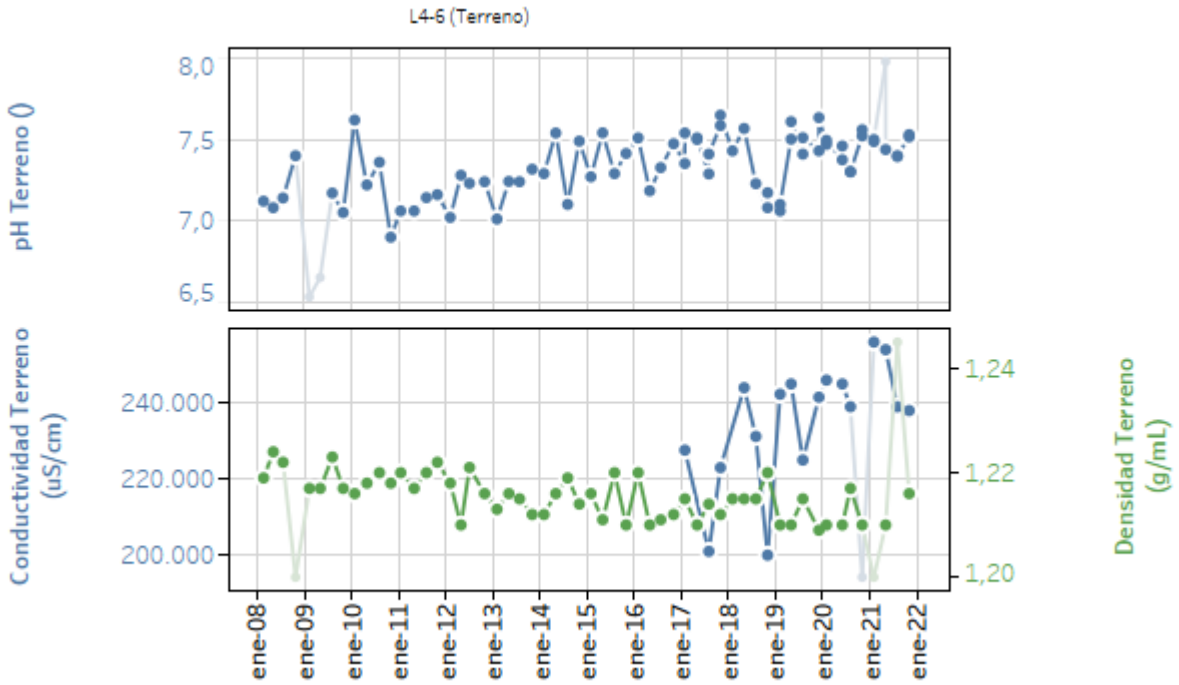
[68] En el informe Nº 5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

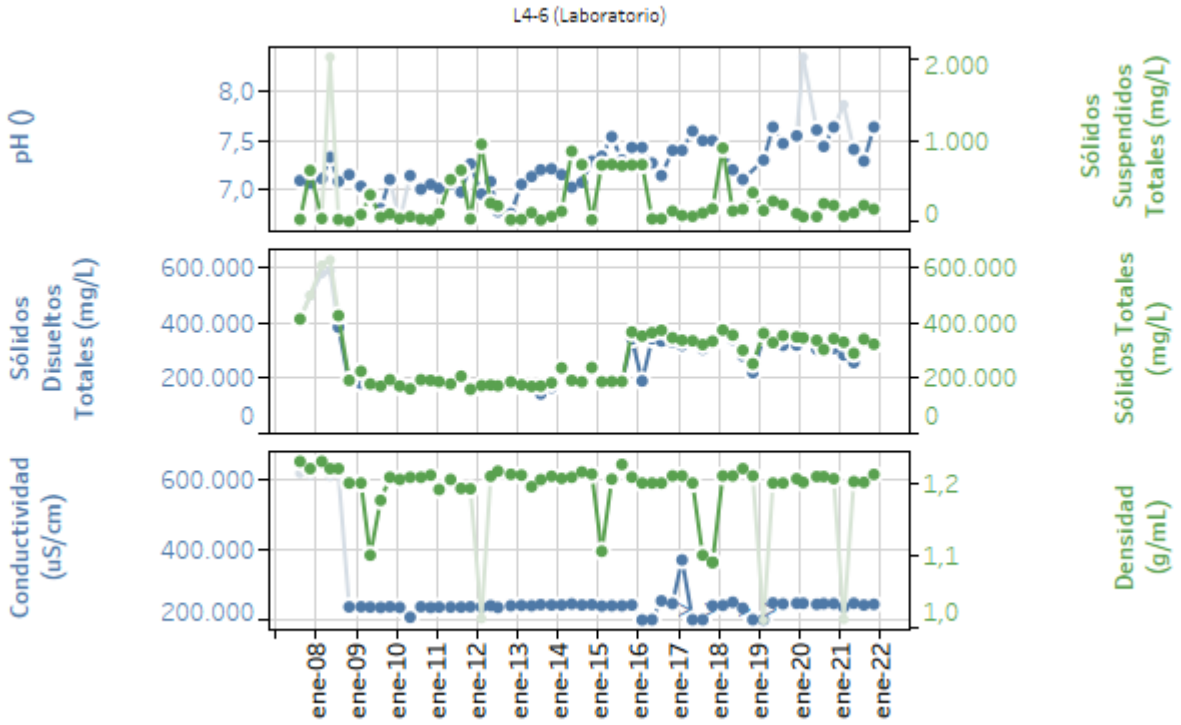
[69] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder. (Esta carta se presentó en el Anexo 10.2 del informe 27).



Fuente: Elaboración propia En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

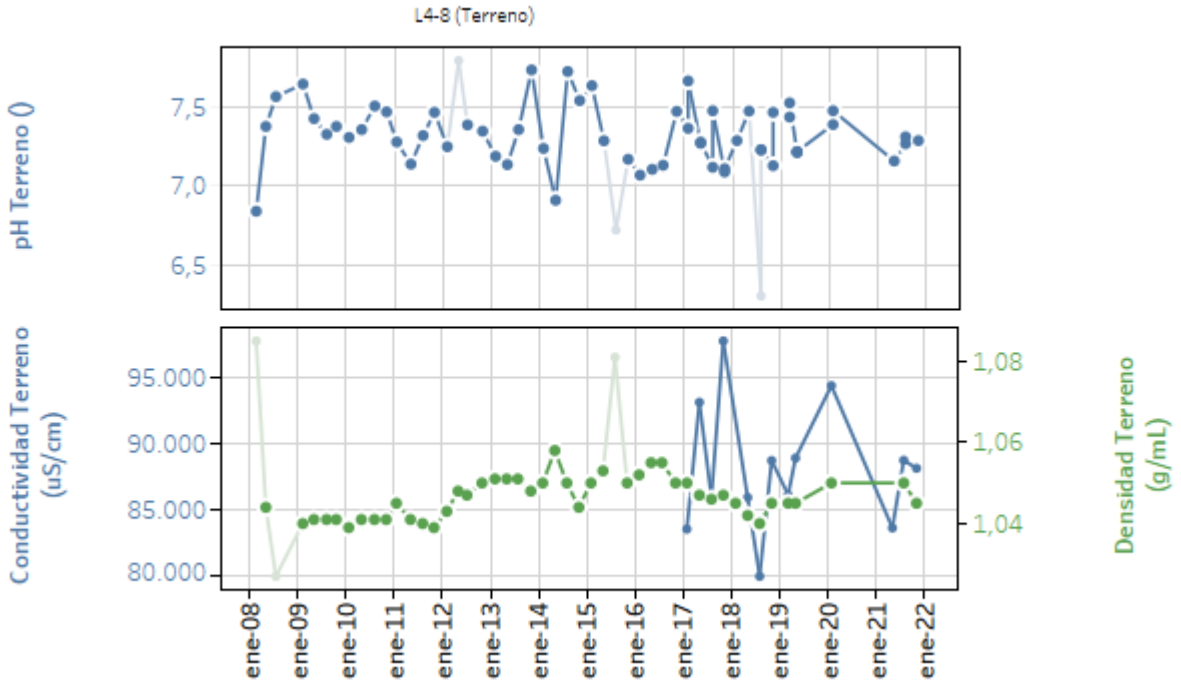
Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6

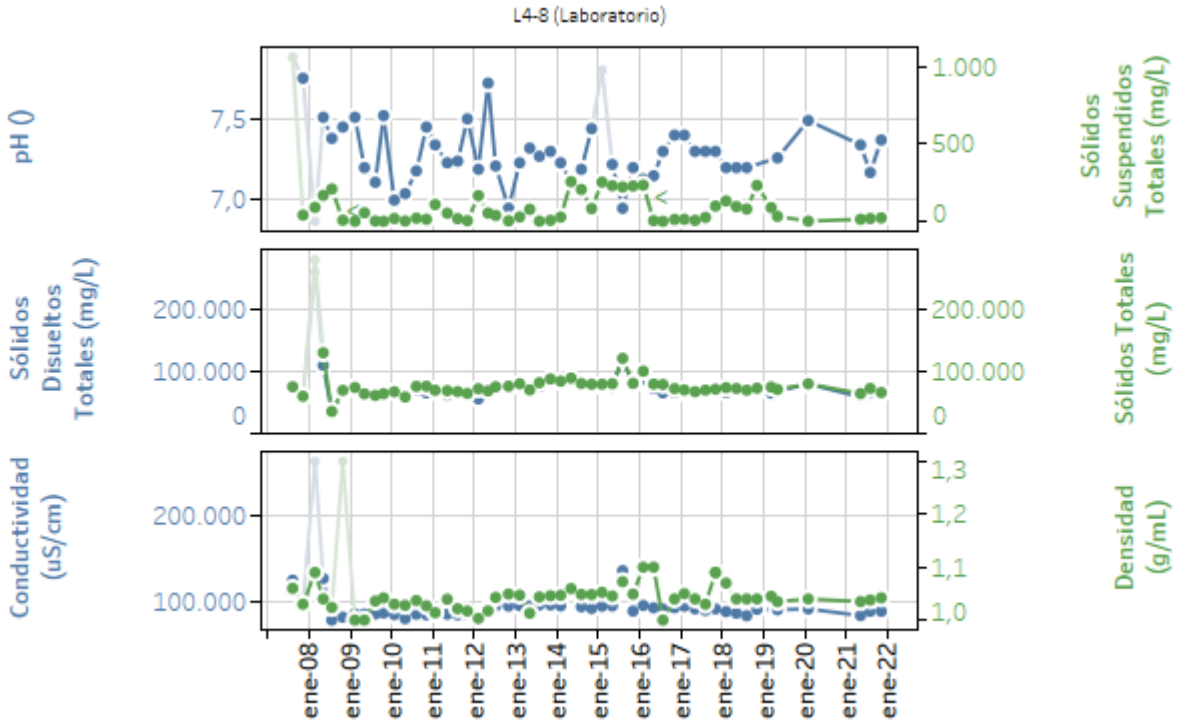




Fuente: Elaboración propia Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

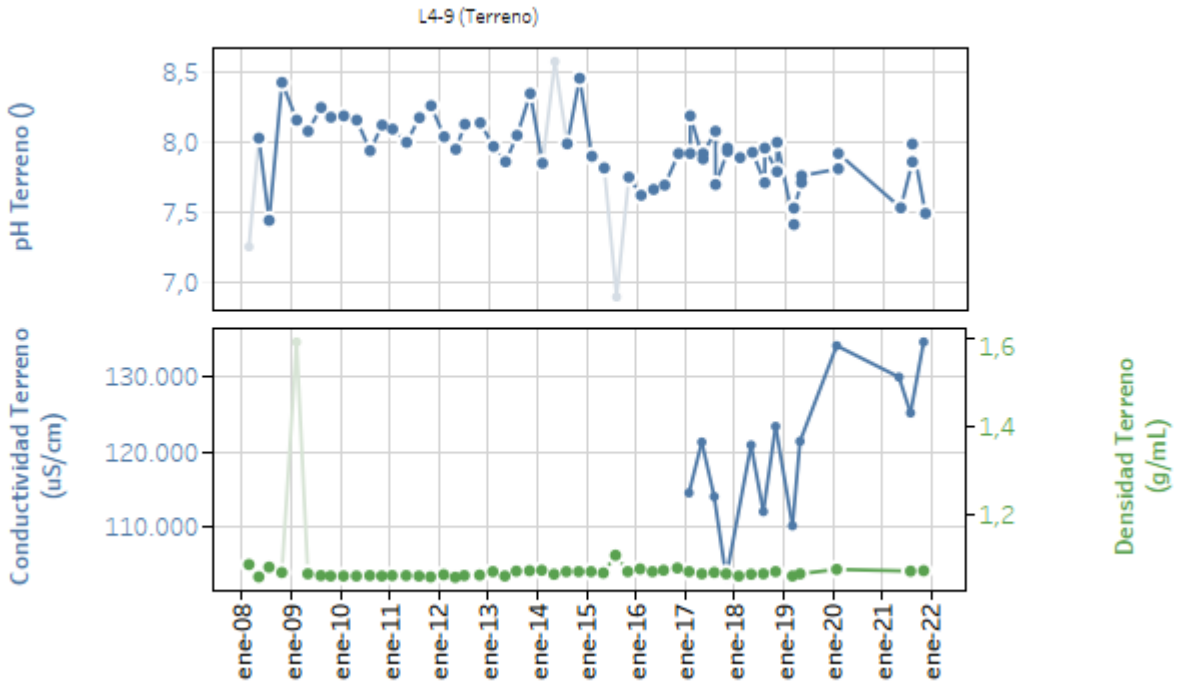
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8

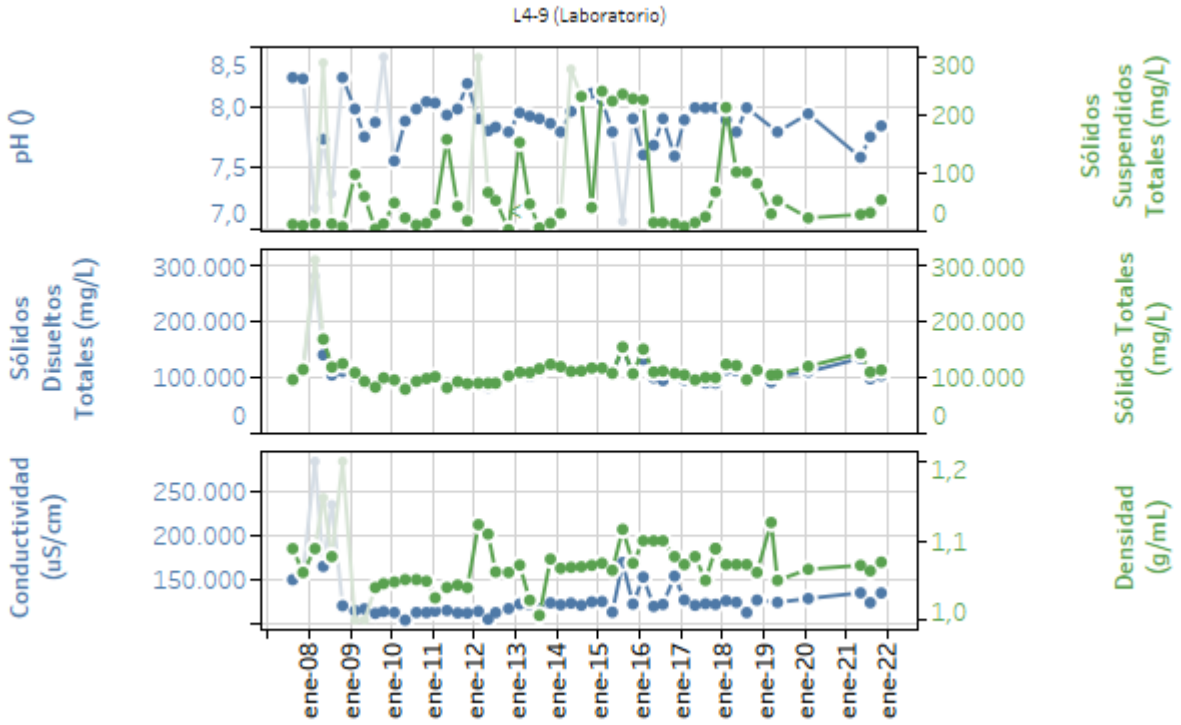




Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

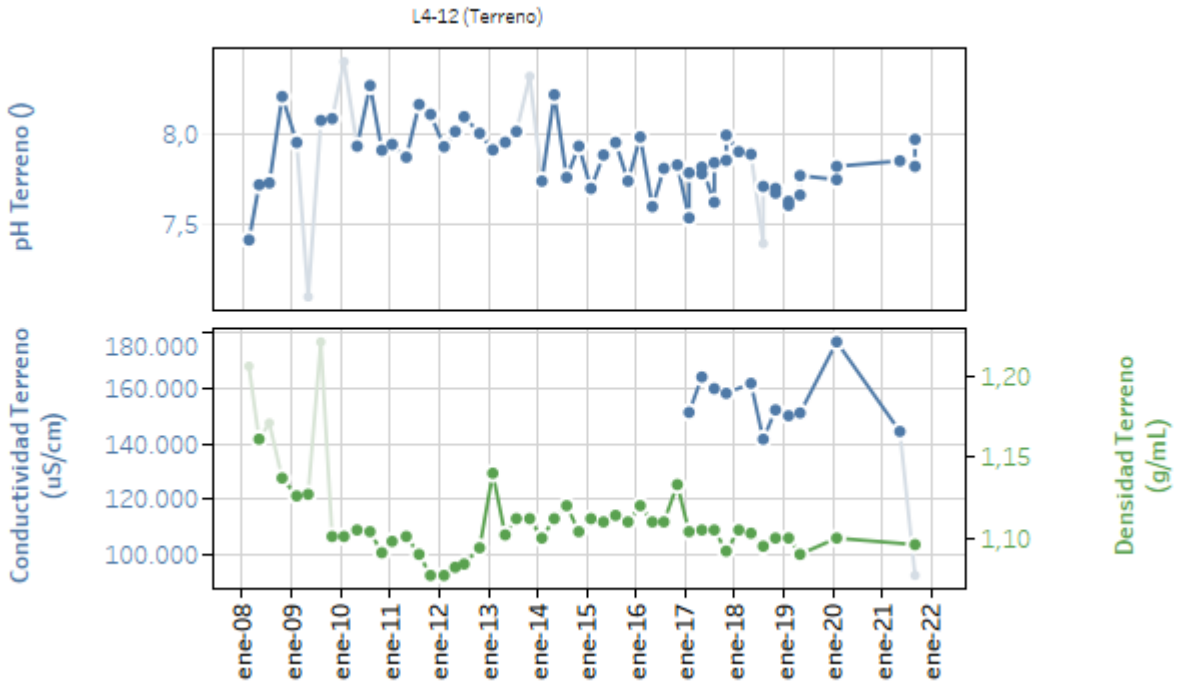
Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9

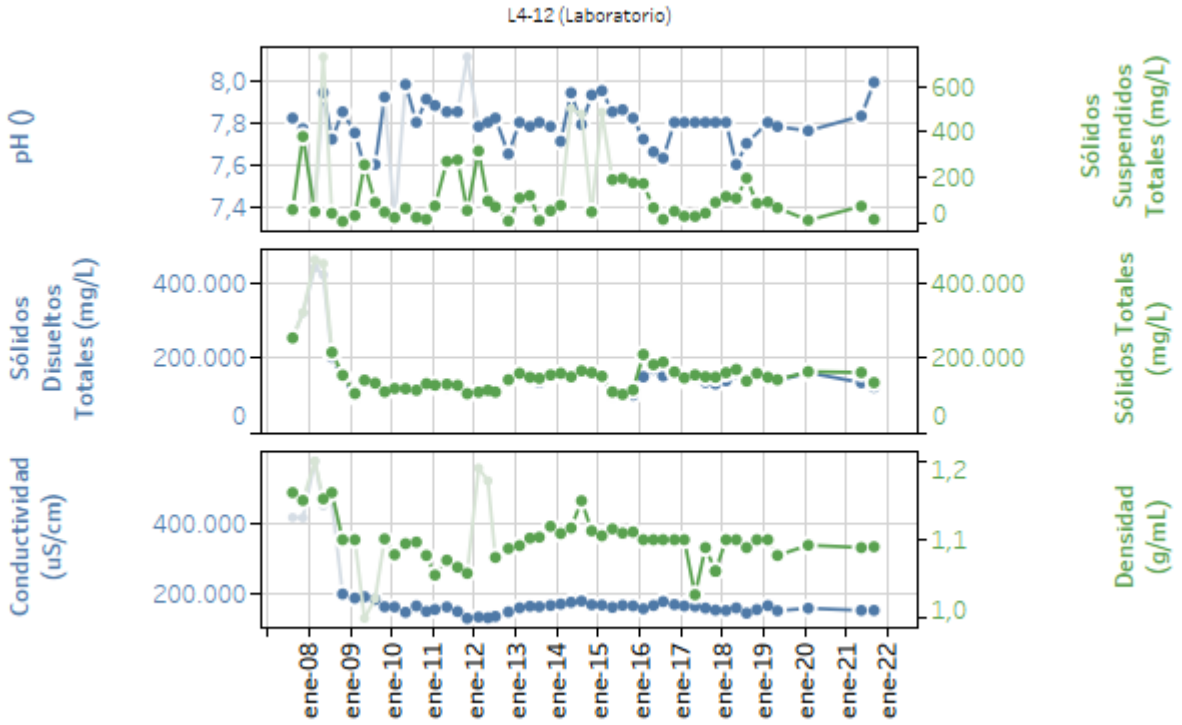




Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

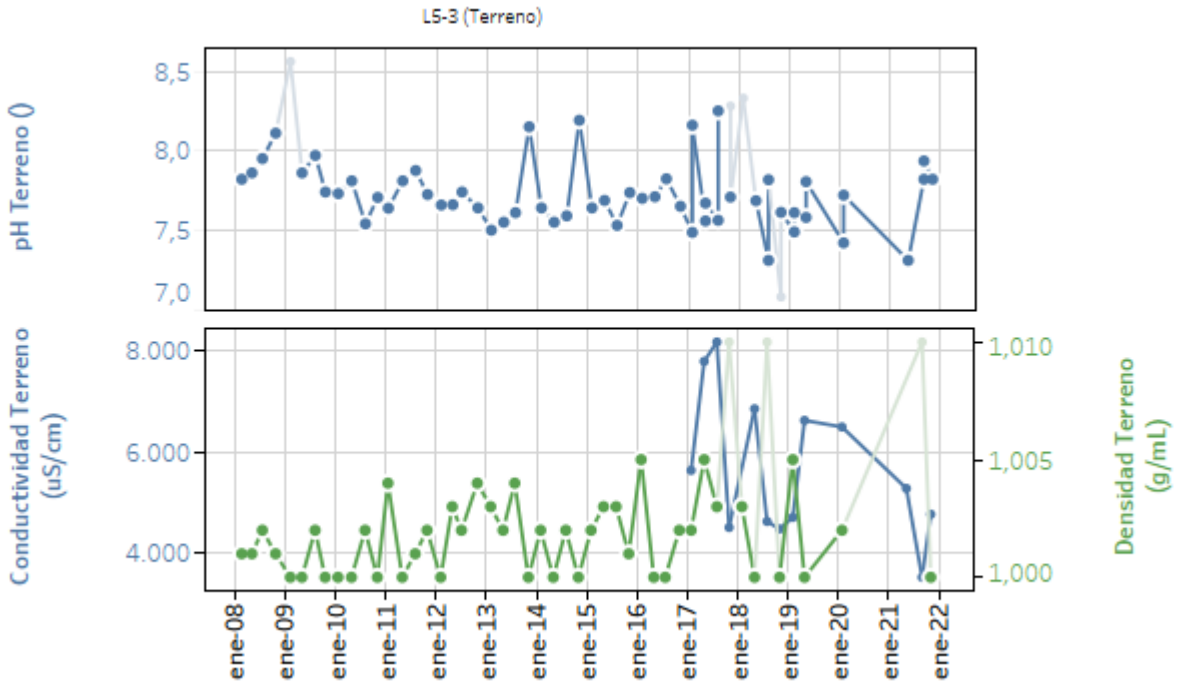
Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12

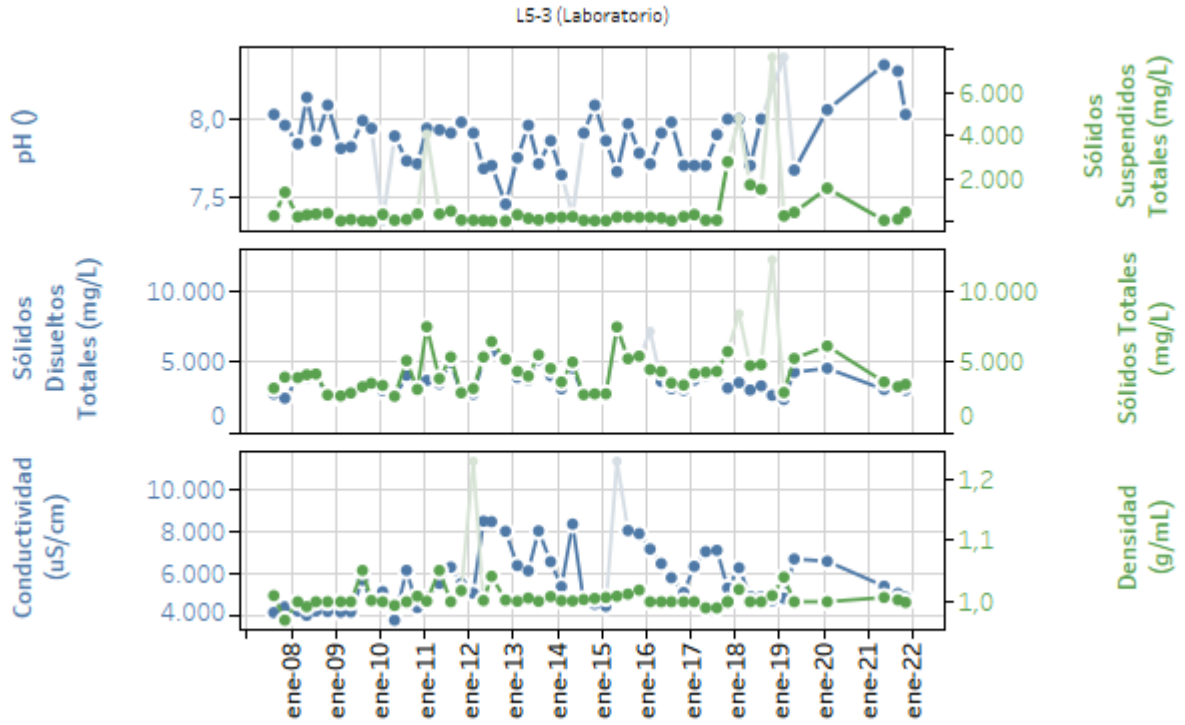




Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

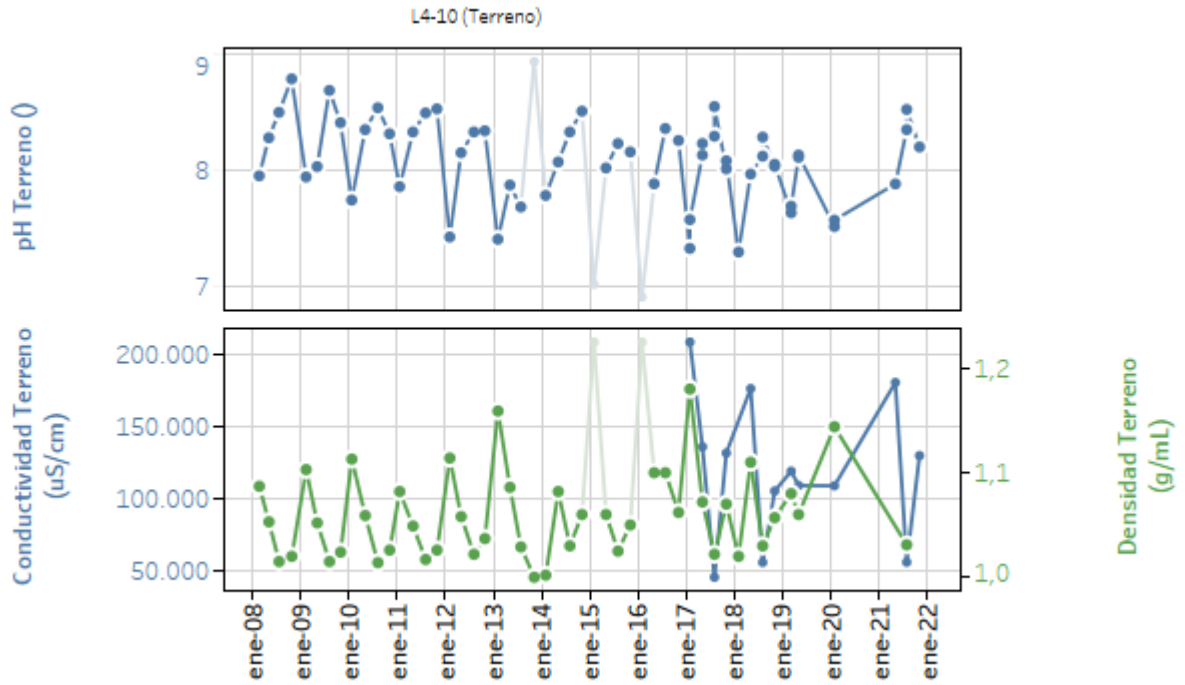
Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3

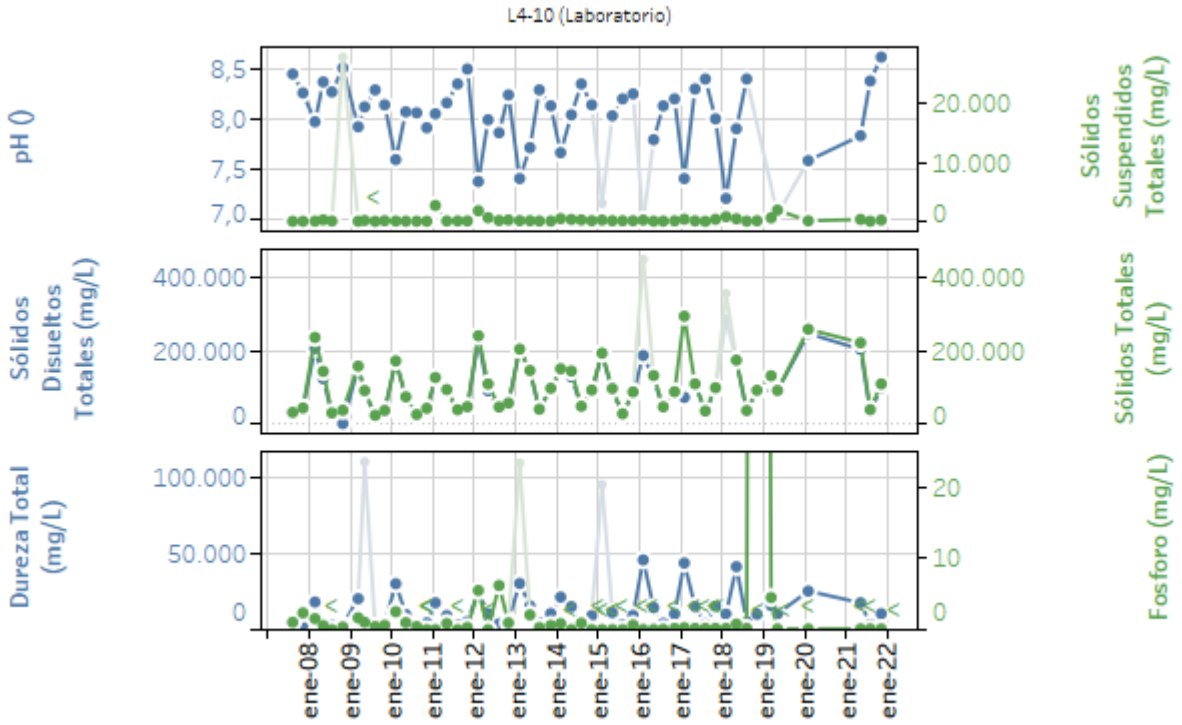


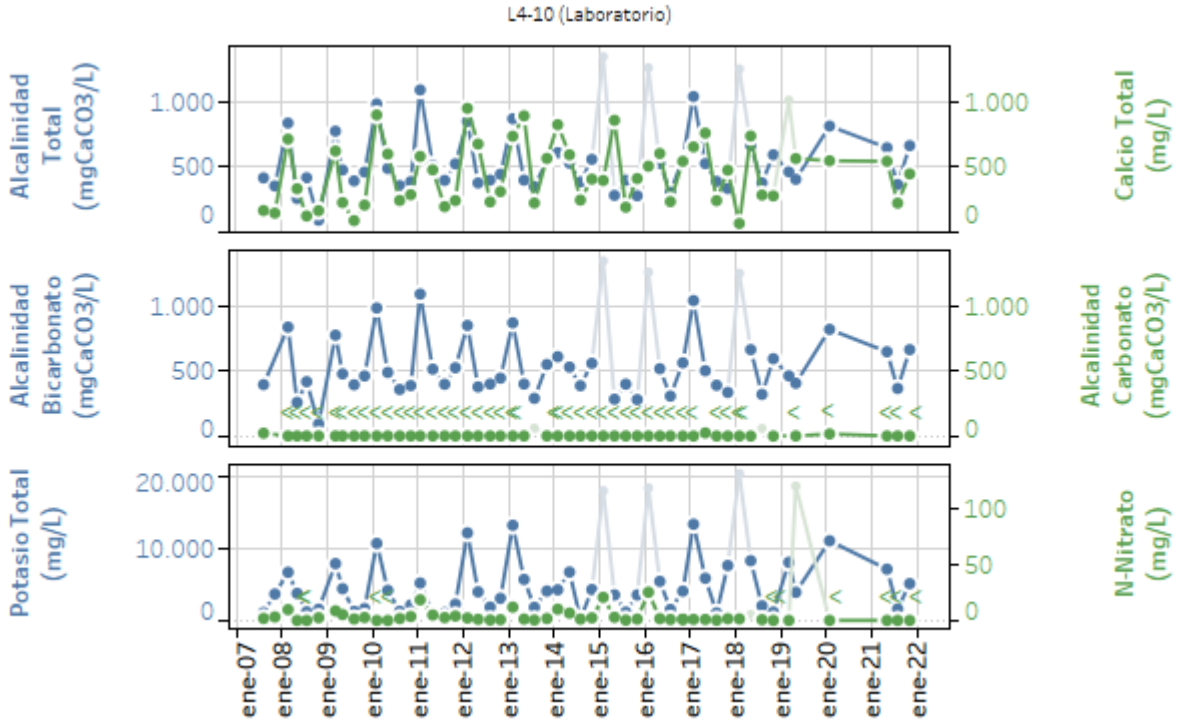


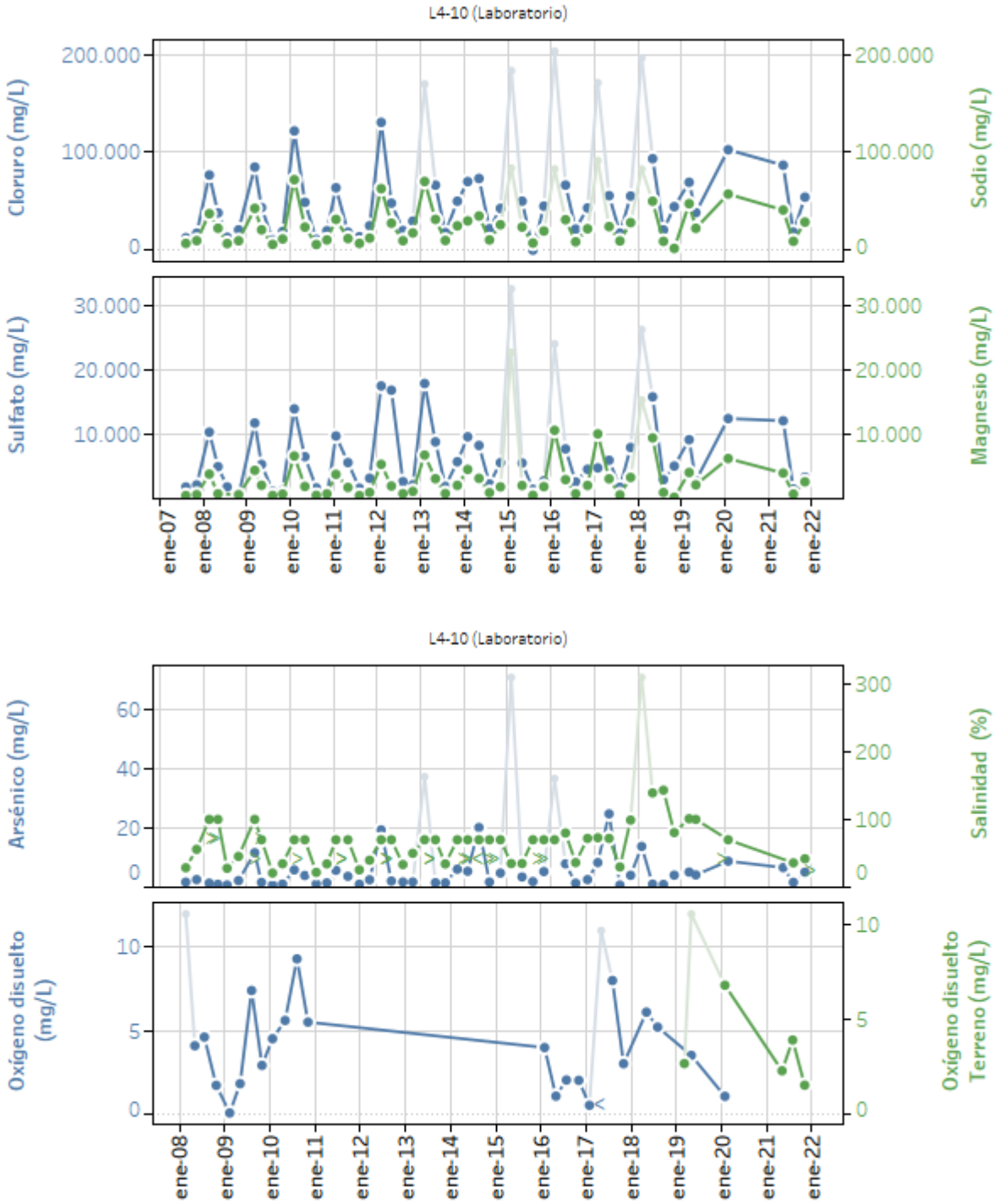
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-74: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10




L4-10 (Laboratorio)
pH ()
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)
Sólidos Totales (mg/L)
Dureza Total (mg/L)
Fosforo (mg/L)
8,5
8,0
7,5
7,0
20.000
10.000
0
400.000
200.000
100.000
50.000
20
10
ene-08
ene-09
ene-10
ene-11
ene-12
ene-13
ene-14
ene-15
ene-16
ene-17
ene-18
ene-19
ene-20
ene-21
ene-22


L4-10 (Laboratorio)
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)
Calcio Total (mg/L)
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)
Potasio Total (mg/L)
N-Nitrato (mg/L)
1.000
500
0
20.000
10.000
100
50
ene-07
ene-08
ene-09
ene-10
ene-11
ene-12
ene-13
ene-14
ene-15
ene-16
ene-17
ene-18
ene-19
ene-20
ene-21
ene-22



Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, concentración de fosfato de octubre de 2018 no se muestra (Valor anómalo reportado por CESMEC, 1.800mg/L). Los valores < LD y > LM, se presentan como = LD o LM, en símbolos < y > con el color que corresponde al parámetro. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Los menores valores de conductividad se encuentran en el punto más al sur, L5-3, en torno a 8.000µS/cm. El resto de los puntos se alinean según una transecta E-W en la cual los valores de conductividad aumentan a medida que se avanza hacia el núcleo, los valores al comienzo de la zona marginal (L4-8) son en torno a 95.000 µS/cm y aumentan a medida que se avanza al W hasta valores cercanos a 240.000 µS/cm para el punto L4-6. El pH para estos puntos tiene valores entre 7 y 8.

En cuanto al comportamiento histórico general de este sistema, el pozo L4-3, ubicado en la zona aluvial, presenta valores de CE del sector con valores en torno a 20.000 µS/cm, respectivamente y pH de terreno en torno a 6, lo que sugiere que este pozo capta aguas de un acuífero confinado.

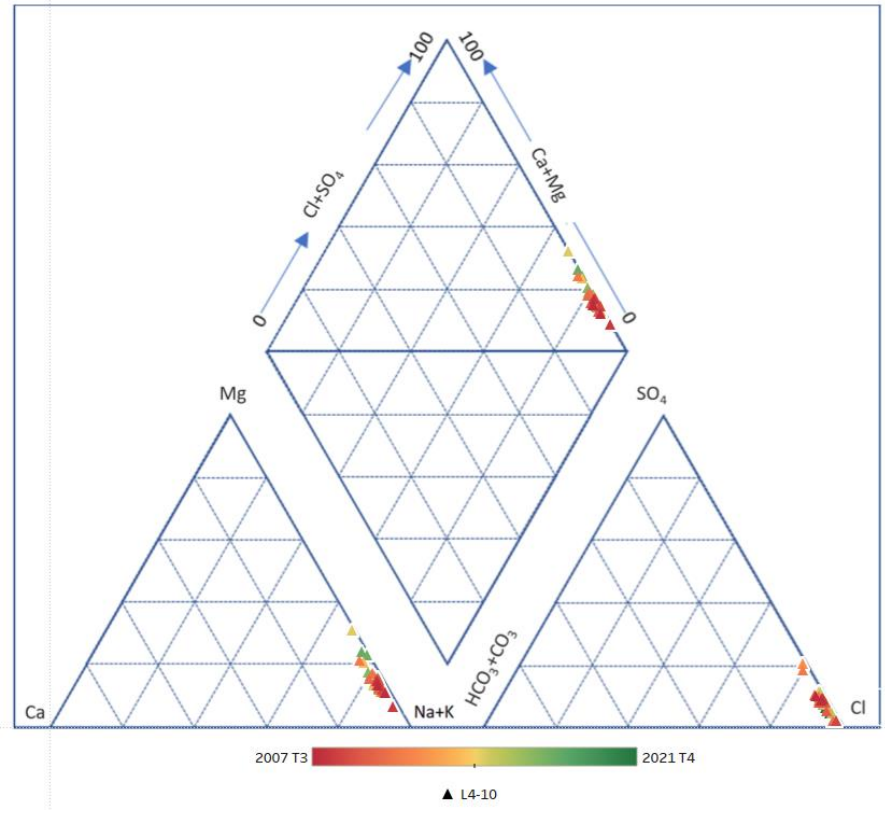
La Reglilla L4-10 presenta como principal característica una marcada estacionalidad, como consecuencia de la evaporación, oscilando su conductividad entre valores en torno a 50.000 y 220.000 µS/cm, entre invierno y verano, respectivamente.

En el segundo semestre de 2021, los puntos monitoreados presentan resultados para todos los parámetros dentro del registro histórico. Únicamente se detectan 2 valores *outlier*, la densidad de terreno para julio en L4-16 (con un valor de 1,245 g/mL) que no se condice con la medición de laboratorio y la CE terreno en L4-12 en agosto, con un valor de 92.350µS/cm frente a un promedio histórico próximo a 170.000 µS/cm. El valor de laboratorio y la medición complementario de SQM entregaron valores acordes al histórico.

En la Figura 6-75 se observa el diagrama de Piper para las muestras de la reglilla L4-10 con valores de BI inferiores al 10%. Puede observarse que todas las muestras son cloruradas sódicas no mostrando ninguna tendencia temporal marcada.

En relación con la evolución temporal, el punto L4-3 presenta una leve tendencia descendente para conductividad y densidad de terreno, conductividad, densidad, sólidos disueltos y sólidos Totales.

Figura 6-75: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.4.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

La evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial Camar-2 y Socaire-5 se presenta en la Figura 6-76 y Figura 6-77 respectivamente.

En cuanto al comportamiento histórico general, tanto Camar-2 como Socaire-5 se encuentran en el acuífero aluvial, el cual alimenta a la zona marginal. Ambos puntos presentan un pH neutro (en torno a 7) y valores de CE <5.000 µS/cm.

Para el punto Camar-2 los parámetros de hierro y manganeso mostraron un aumento en julio de 2019 hasta valores nunca alcanzados y que posteriormente han descendido, mostrando tendencia al descenso para el hierro y en menor medida para el manganeso. En el primer semestre de 2019 el punto fue afectado por un aluvión y las muestras posteriores han sido colectadas con bailer, por lo que no resulta extraño encontrar algunas anomalías. En octubre 2021 se observan valores bajo para los resultados de sulfato en Camar-2 y Socaire-5, ambos valores se confirman como resultados *outlier* ya que no se produce un cambio en ningún otro

parámetro asociado al sulfato (Mg o Ca) y los resultados de enero 2022 se encontraron nuevamente dentro del rango histórico.

Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2

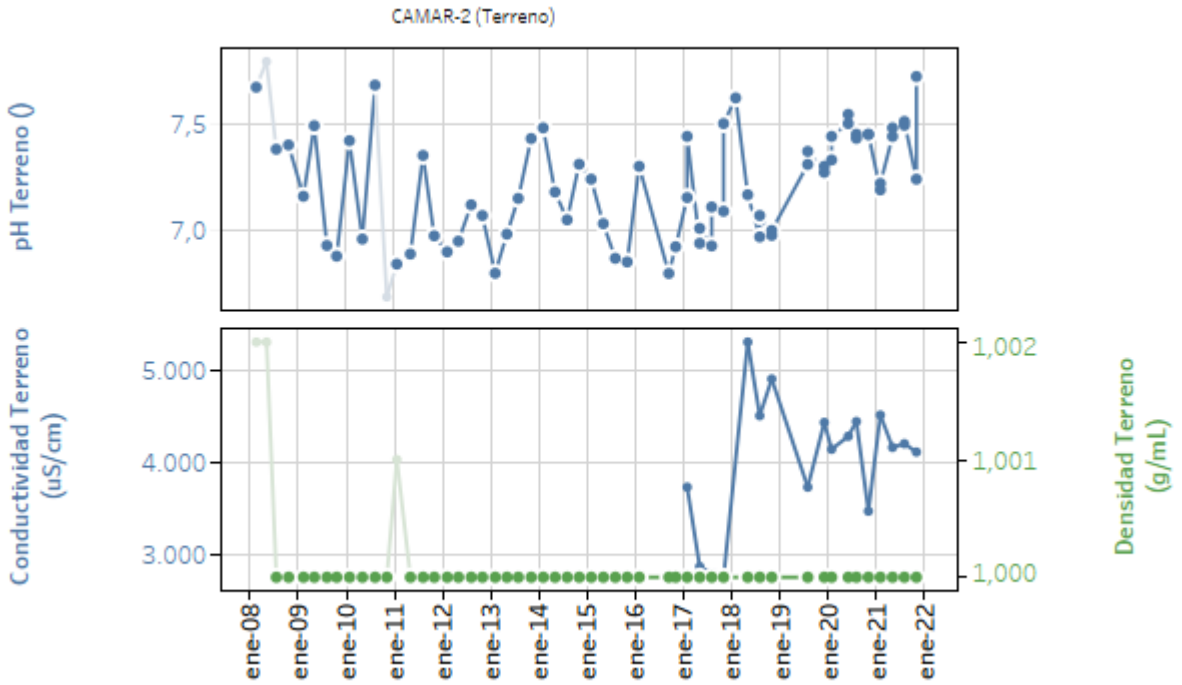


Figura 6-76 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Camar-2

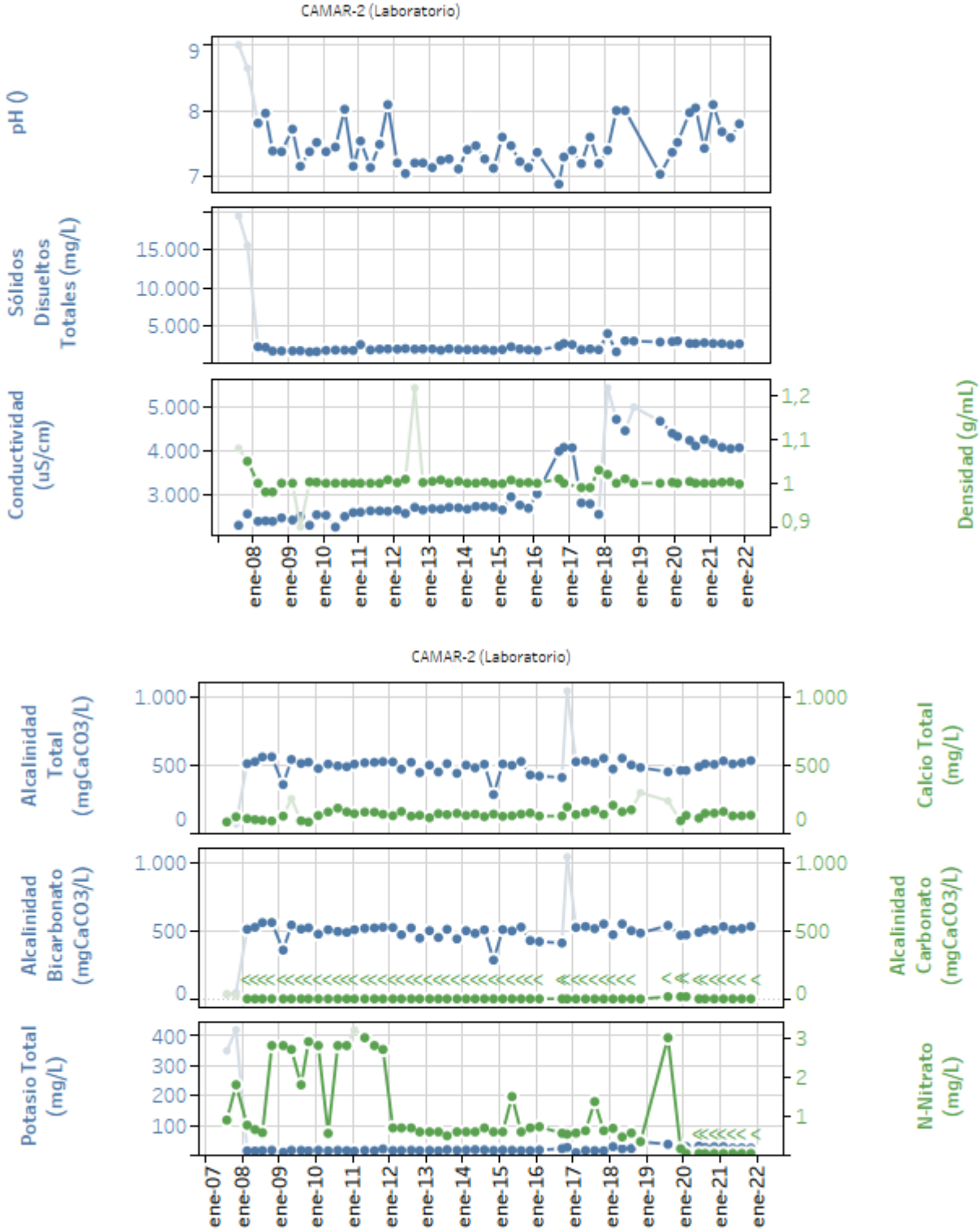


Figura 6-76 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Camar-2

Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta"<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

Figura 6-77 Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5

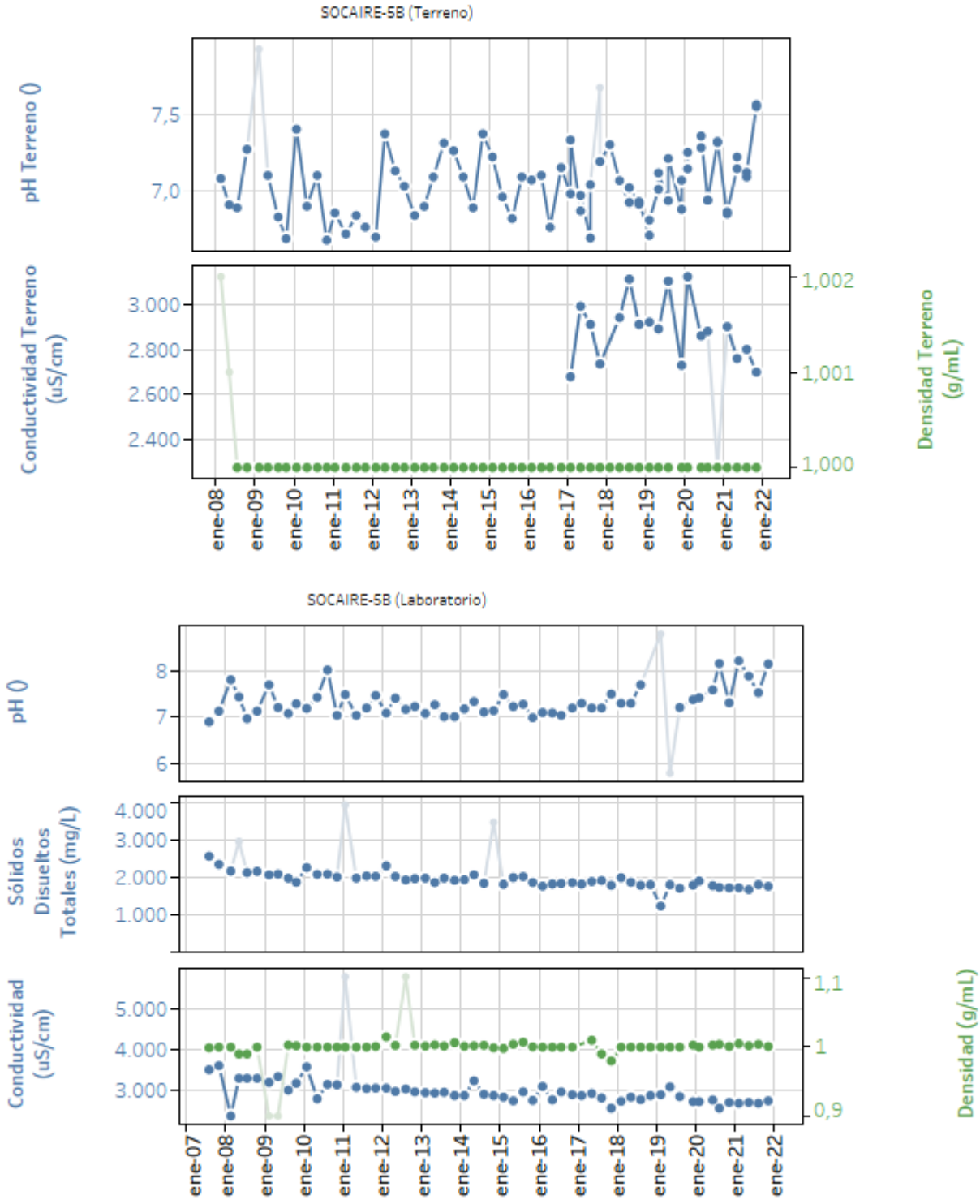


Figura 6-77 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Socaire-5

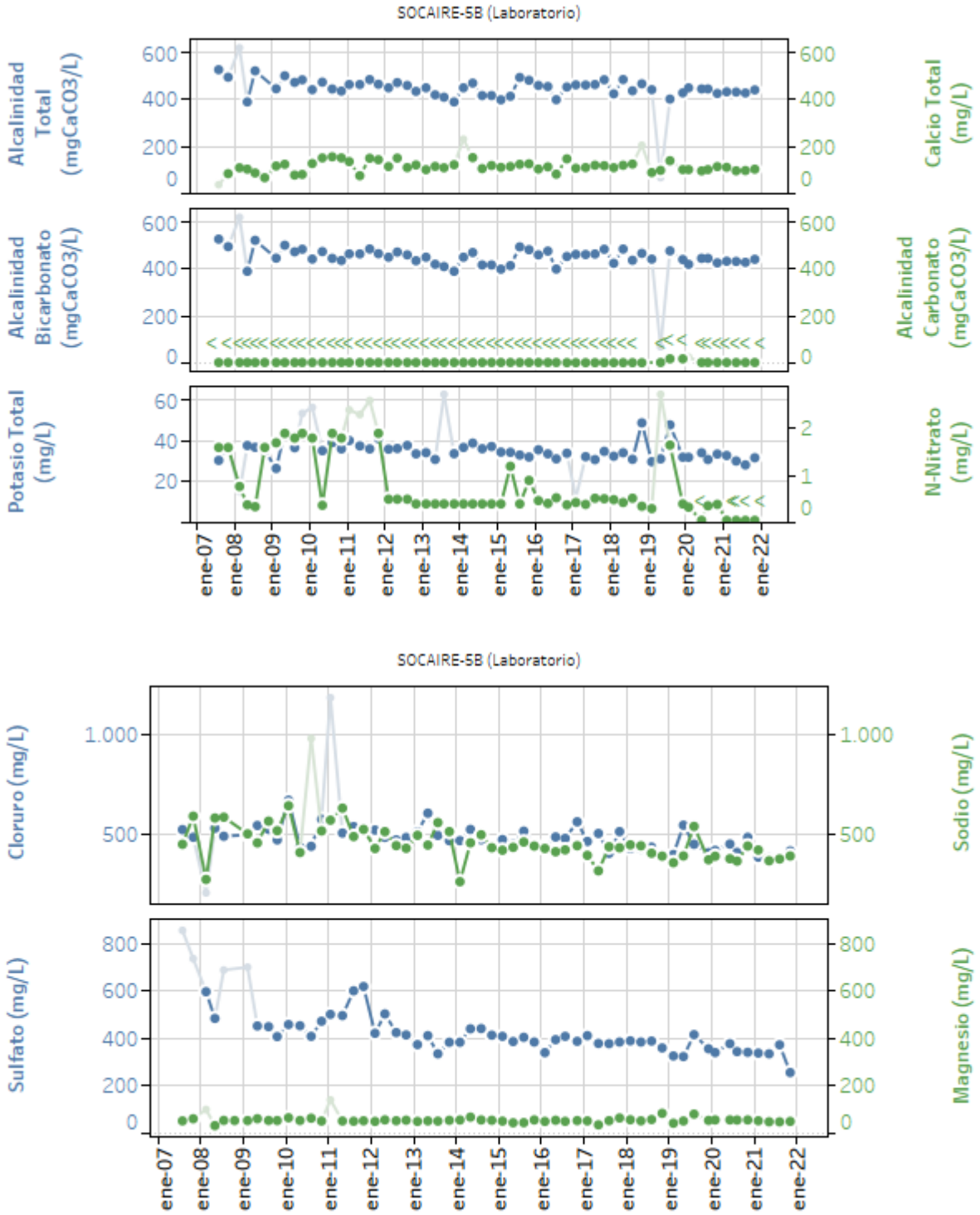
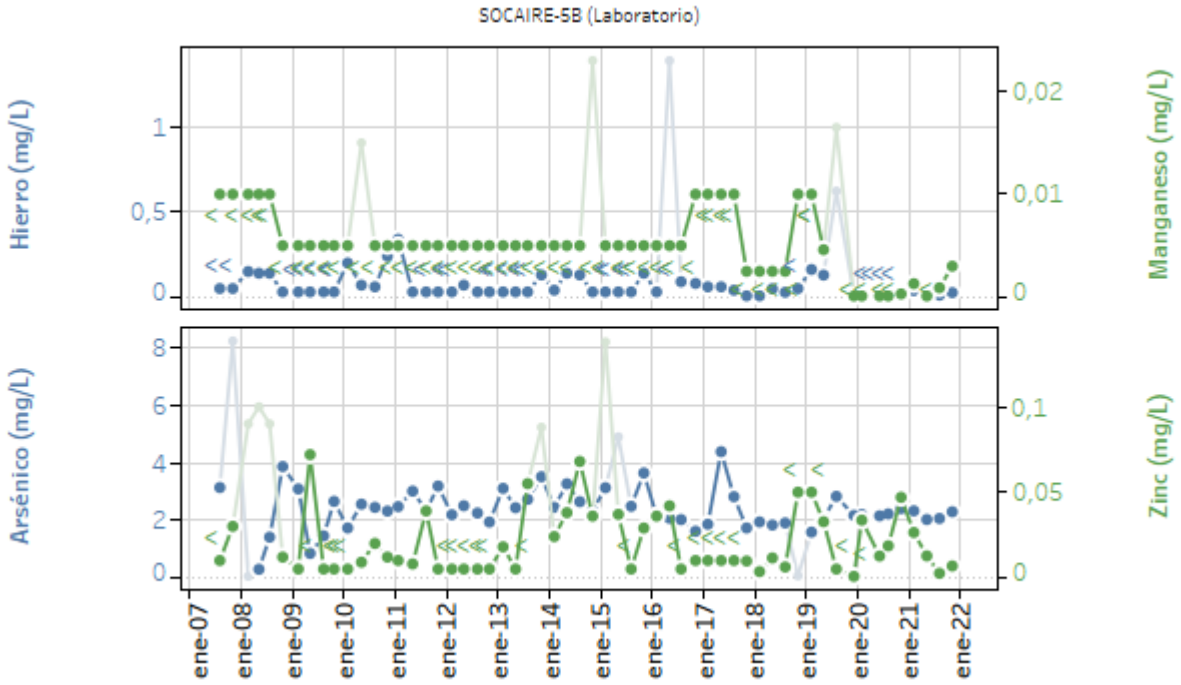


Figura 6-77 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Socaire-5



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

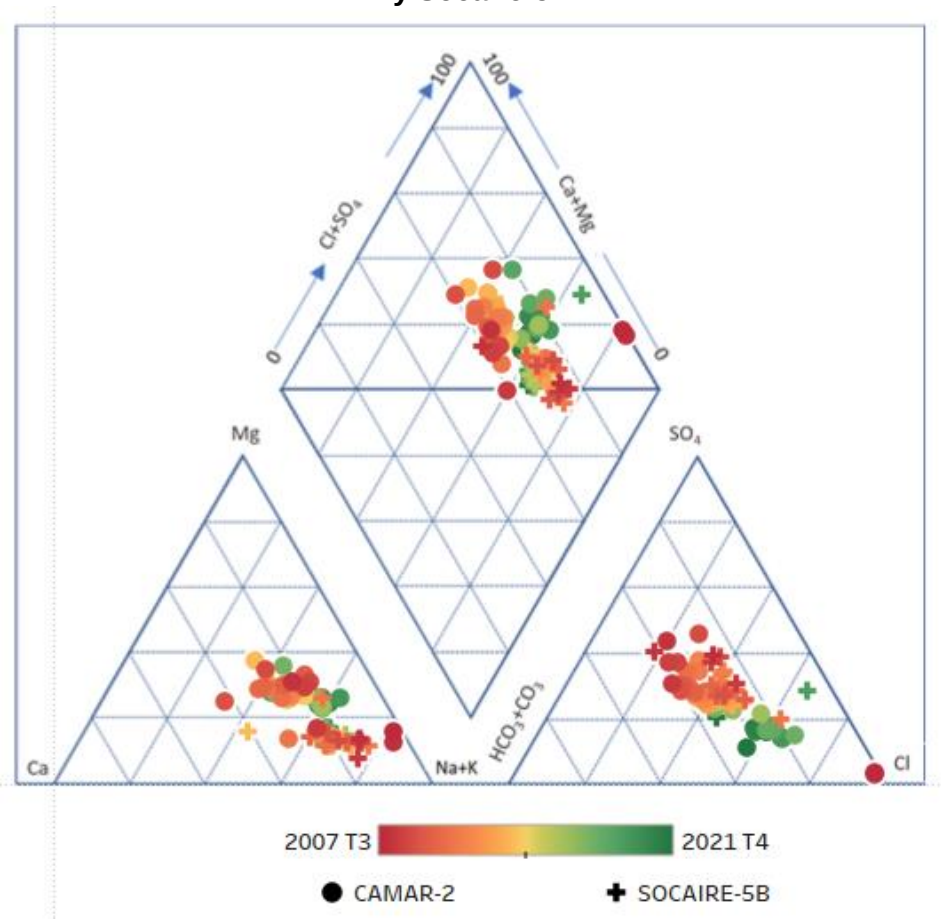
En la Figura 6-78, se observa que el punto Camar-2 presenta facies entre cloruradas cálcicas y magnésicas, y cloruradas sódicas y Socaire-5 se encuentra dentro de sulfatadas-cloruradas y sulfatadas sódicas. Estas aguas representan la recarga que alcanza a la zona marginal y sistema lagunares por lo que las concentraciones en estos puntos son menores a las observadas en los pozos y reglillas de la zona marginal y el núcleo. La mayor parte de esta agua será evaporada en la zona marginal.

Respecto a tendencias temporales en Camar-2, existen tendencias al alza en la concentración de Ca, Na, cloruro, CE y SDT mientras que se observa una tendencia a la baja en el pH. Estas tendencias en Camar-2 parecen haberse estabilizado desde el cese de su bombeo. Además, desde 2020 el SO4 en Camar-2 mostró un descenso en sus registros de unos 50mg/L. Para el punto Socaire-5 se observa leve tendencia a la baja en CE, STD, Cl, Na y SO4.

Ambas tendencias pueden verse en el diagrama de Piper en la Figura 6-78, en la que se observa que los valores de Camar-2 han evolucionado a una composición más clorurada

sódica y los de Socaire-5 muestran una leve evolución a menos clorurado sódico, desplazándose hacia el centro del diagrama.

Figura 6-78: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5

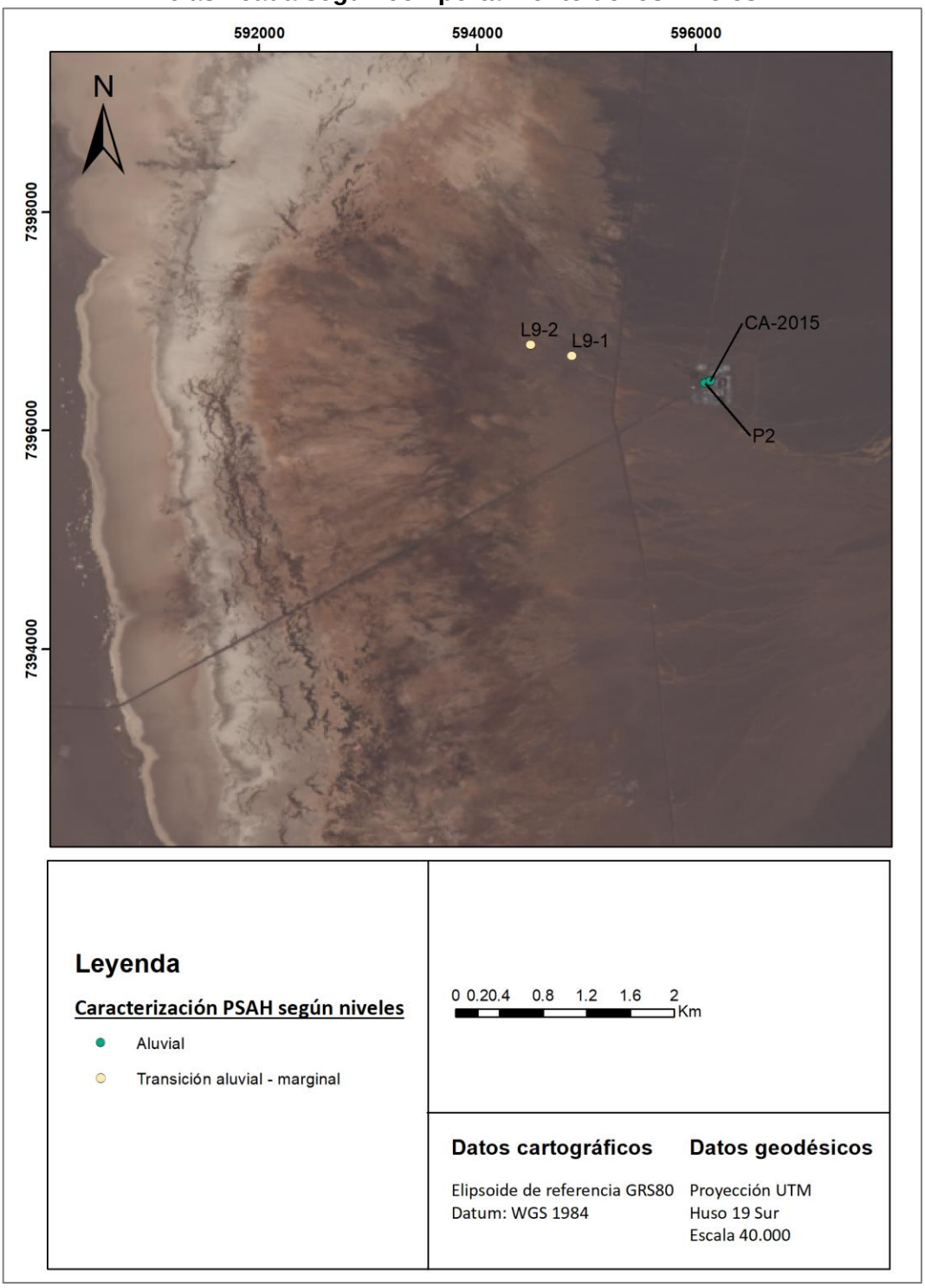


Fuente: Elaboración propia

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) (ver Figura 6-79). Esto ha permitido poder describir y entender mejor 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 6-79: Infraestructura englobada en el sistema Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles



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

6.1.3.1 Niveles de agua subterránea

6.1.3.1.1 Nivel en pozo de bombeo de agua industrial

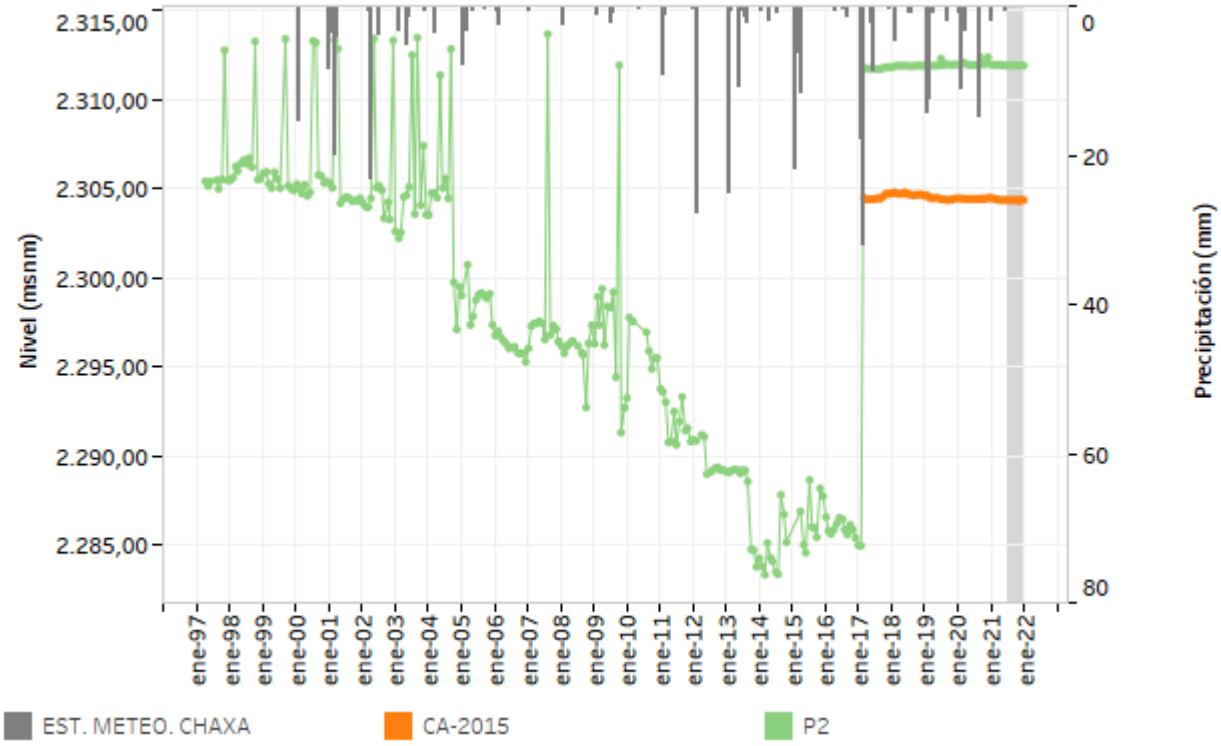
Como se ha mencionado, el sistema de Vegetación Borde Este cuenta con el pozo de agua industrial CA-2015, que remplazó al pozo P2 a partir de febrero de 2017 (según Res. 296/2016 de la DGA), en la Figura 6-80 se muestran los niveles de ambas infraestructuras y en la Figura 6-81[70] se muestra el detalle del CA-2015, lo que permite ver las variaciones de nivel recientes.

Según se ve en la Figura 6-80, en el momento en que se detuvo el P2, éste alcanzó un nivel sobre los 2.311,70 m.s.n.m. generando un ascenso repentino de más de 26 m. Después de varios meses, en enero 2018, alcanzó un nuevo nivel de 2.311,90 m.s.n.m. (20 cm más alto) y que ha mantenido estable durante todo el periodo de mediciones posteriores, incluso al cierre del semestre reportado.

Por su parte, el CA-2015 ha mantenido su caudal debajo y cercano a los 35 L/s, durante este periodo de explotación, alcanzó un nivel máximo en los meses de enero y mayo de 2018 (de 2.304,81 m.s.n.m. (ver Figura 6-81), pero que no se relaciona con un cambio en el régimen de extracción del pozo ya que éste se mantuvo relativamente estable en estos meses con respecto el resto. Posterior a mayo 2018, el nivel del pozo mostró una tendencia de descenso hasta que en el mes de agosto 2019 alcanzó un mínimo de 2.304,37 m.s.n.m. Entre los meses de noviembre 2019 y diciembre 2020 el nivel se mostró alrededor de los 2.304,45 m.s.n.m. y durante el primer semestre de 2021, el nivel ha descendido 11 cm (fluctuando alrededor de la cota 2.304,37 m.s.n.m.) y en el segundo semestre de 2021 se ha mantenido estable en la misma cota durante todo el periodo.

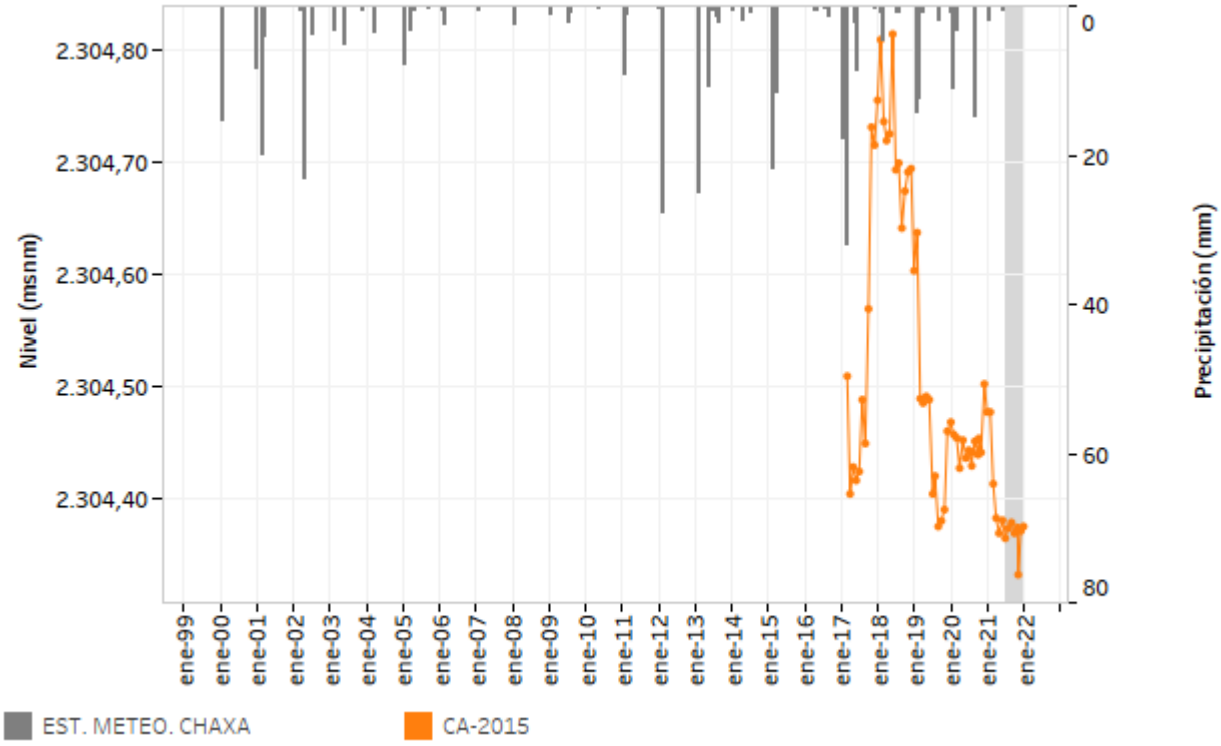
[70] Para la Figura 6-80 se ha eliminado la medida del 19 de junio 2019, ya que corresponde a 2.311,85 m s.n.m., que son 7 metros más que el siguiente máximo registrado. De hecho, el mismo mes se procedió a medir de nuevo, confirmando que esta era una medida fuera de rango. Por lo que esta medida no se muestra en el gráfico, permitiendo así una mejor visualización del comportamiento histórico del pozo.

Figura 6-80: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-81: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este



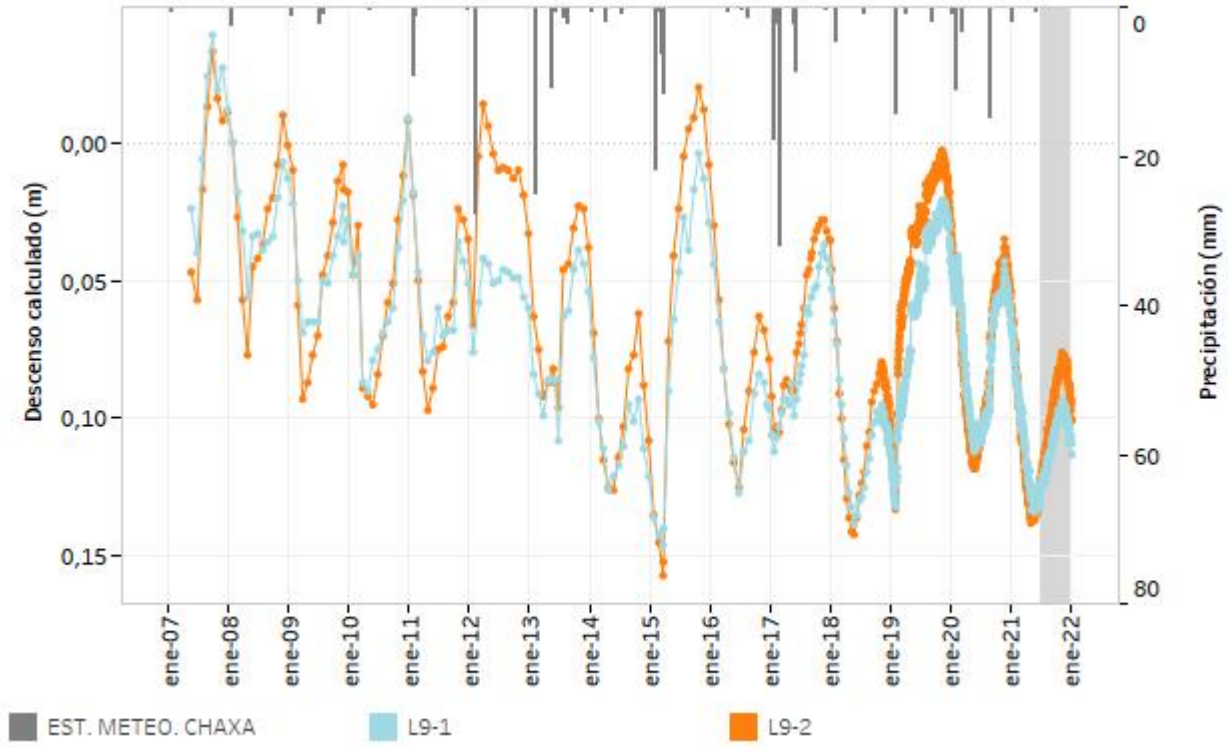
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.3.1.2 Pozos en zona aluvial y marginal

El resto de los puntos que quedan por analizar para el sistema de Vegetación Borde Este, son los puntos L9-1 y L9-2. En este sector se encuentra una menor densidad de puntos de control (en comparación con el resto de los sistemas, sobre todo, Soncor y Aguas de Quelana), por lo que no se pueden observar todos los comportamientos que se han identificado en los anteriores apartados. En este caso, los niveles de los puntos L9-1 y L9-2 (ver descensos calculados en la Figura 6-82) muestran un comportamiento que se ha identificado en los sistemas anteriores como transicional entre la zona marginal y el acuífero aluvial, ya que muestra una oscilación poco regular. La tendencia de descenso se observa más evidente en el periodo entre 2007 y 2015, con pendientes promedio de 0,9 cm/año L9-2 y 1,3 cm/año el L9-1. A partir de marzo 2015, ambos puntos empiezan a oscilar con máximos y mínimos a distintas cotas cada año y con una tendencia estable, lo que le confiere un comportamiento distinto respecto del periodo anterior.

De los niveles medidos en el segundo semestre de 2021, se observa cómo se ha reproducido el máximo estacional. Este máximo ha alcanzado una cota similar a la registrada en el año 2018, lo que confirma el comportamiento antes descrito.

Figura 6-82: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este

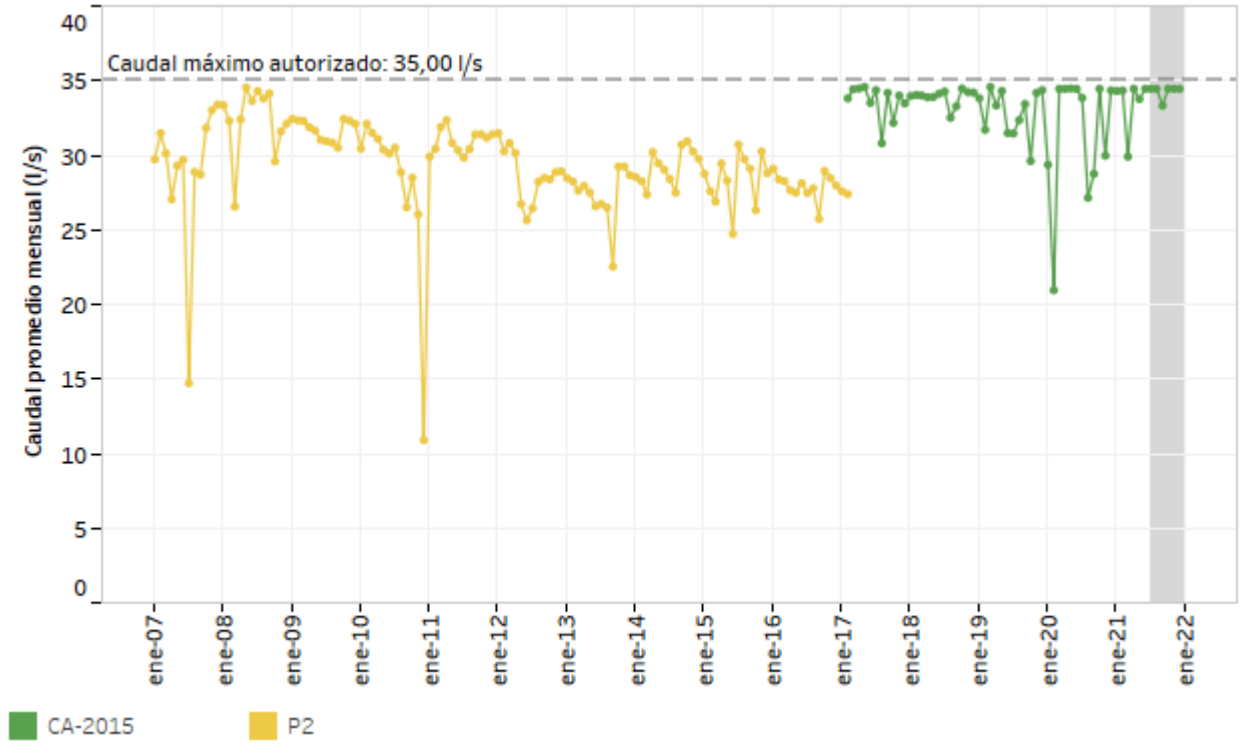


Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.2 Caudal bombeado

En la Figura 6-83 se muestran los caudales extraídos históricos, desde el pozo P2 y posteriormente de su pozo de reemplazo CA-2015. El derecho otorgado en este caso es de 35 L/s. Durante el presente periodo de reporte el caudal ha fluctuado entre los 33,32 y los 34,45 L/s.

Figura 6-83: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 2021 en el Sistema Vegetación Borde Este, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base). Por lo anterior, en esta sección solo se discute su comportamiento y evolución histórica a partir del inicio del periodo de registro.

El monitoreo de este sistema se realiza en los pozos L2-4, L4-3, L7-3 y en el pozo de extracción de agua industrial P2 (actual CA-2015). Los tres pozos de monitoreo de agua subterránea (L2-4, L4-3, L7-3) corresponden también a puntos de monitoreo de otros sistemas y fueron presentados en las secciones anteriores (ver pozos L2-4 y L7-3 en Sistema Soncor y pozo L4-3 en Sistema Aguas de Quelana). De esta manera, en esta sección solo se presenta gráficamente la evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial P2 y CA-2015 (Figura 6-84).

Ambos puntos, P2 y CA-2015 presentan aguas de baja conductividad (menor a 5.000 µS/cm y 20.000 µS/cm, respectivamente) y concentraciones en general también bajas, al encontrarse en el acuífero aluvial que representa las aguas de recarga a la zona marginal y proveniente de las aguas infiltradas en los Altos Andinos.

En este semestre todas las variables analizadas se han mantenido dentro de los rangos de variación histórica.

Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)

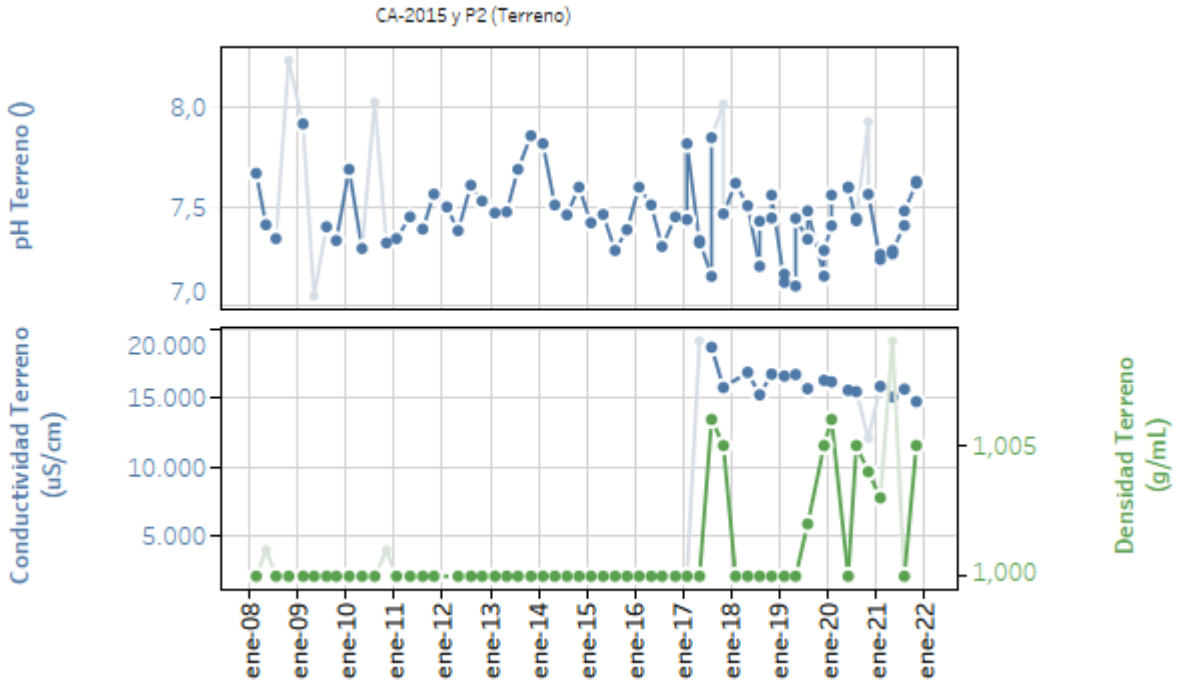


Figura 6-84 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)

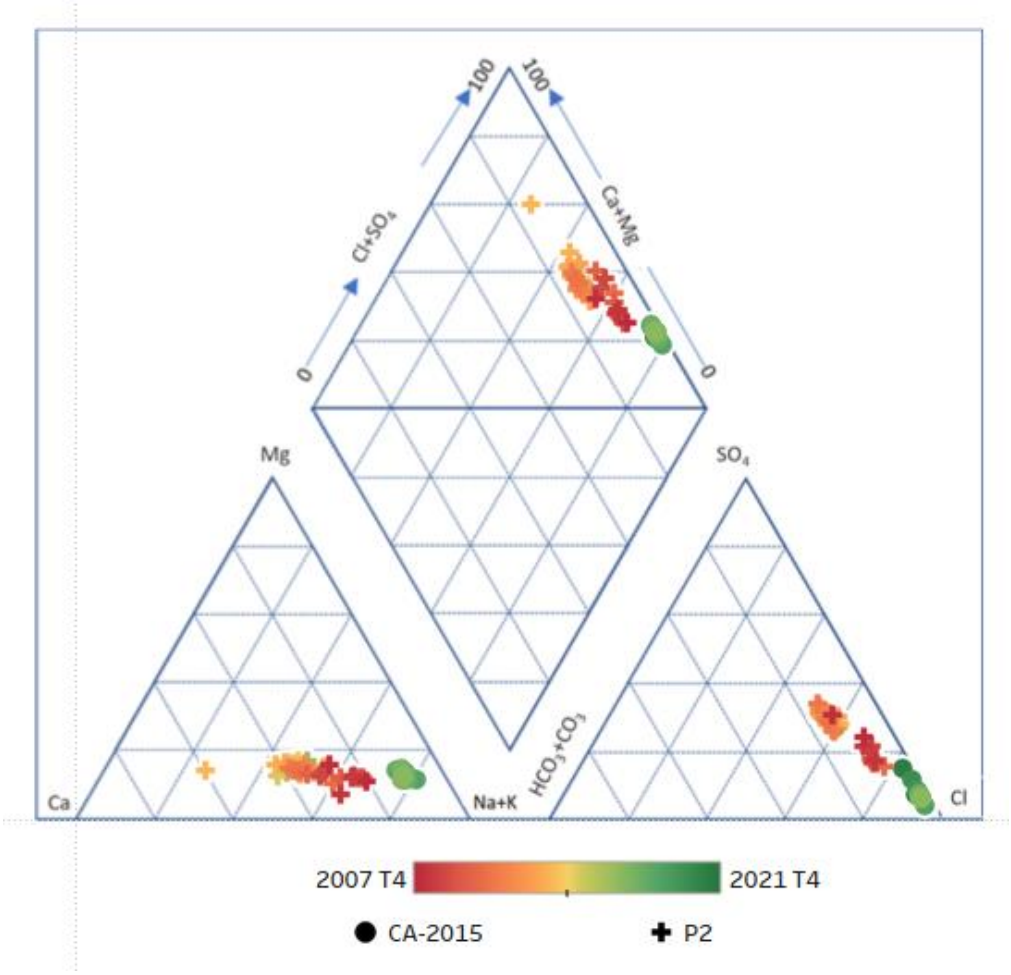
Figura 6-84 (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)

Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.9) se muestran con resalte.

La Figura 6-85 muestra el diagrama de Piper para las muestras colectadas en P2 y CA-2015, con un BI inferior al 10%. Nótese que, aunque ambos puntos presentan facies cloruradas sódicas, el punto CA-2015 presenta unas características cloruradas sódicas notablemente más acusadas que P2. La explicación a este hecho reside en que el punto CA-2015 está colectando aguas más profundas que el P2 y, por tanto, con una mayor influencia de la interfaz salina que se encuentra en profundidad como consecuencia del encuentro entre las aguas de recarga a la zona marginal y la salmuera del núcleo en profundidad.

Respecto a las tendencias en este sector, en el diagrama de Piper, Figura 6-85, se observa que el P2 mostró una tendencia a concentraciones más sulfatadas cálcicas, en detrimento de las concentraciones cloruradas sódicas. Respecto al punto CA-2015, en el diagrama de Piper con las últimas muestras comienza a verse una tendencia similar a la que mostraba el punto P2. En la Figura 6-84, se observan algunos parámetros con leve tendencia a la baja como pH terreno, conductividad de terreno, sólidos disueltos totales, calcio y cloruro, lo que indicaría una tendencia similar a la que presentaba el P2.

Figura 6-85: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017)

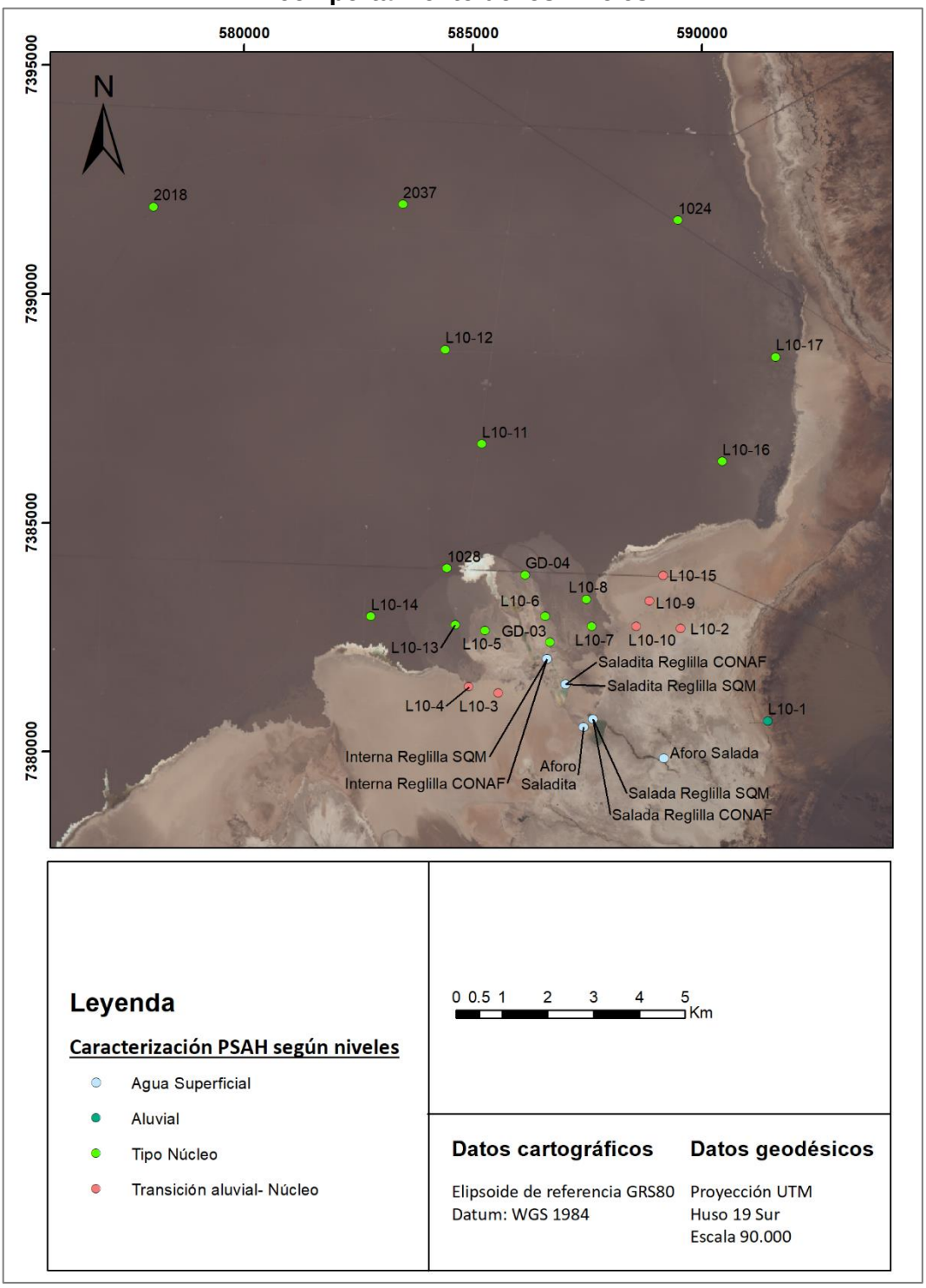


Fuente: Elaboración propia

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 e Interna (ver Figura 6-86). Cabe recordar que esta última unidad corresponde al desborde terminal de este sistema de lagunas y, por lo tanto, presenta un comportamiento variable distinto de un cuerpo lagunar estable.

Figura 6-86: Infraestructura englobada 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

6.1.4.1.1 Pozos en zona aluvial

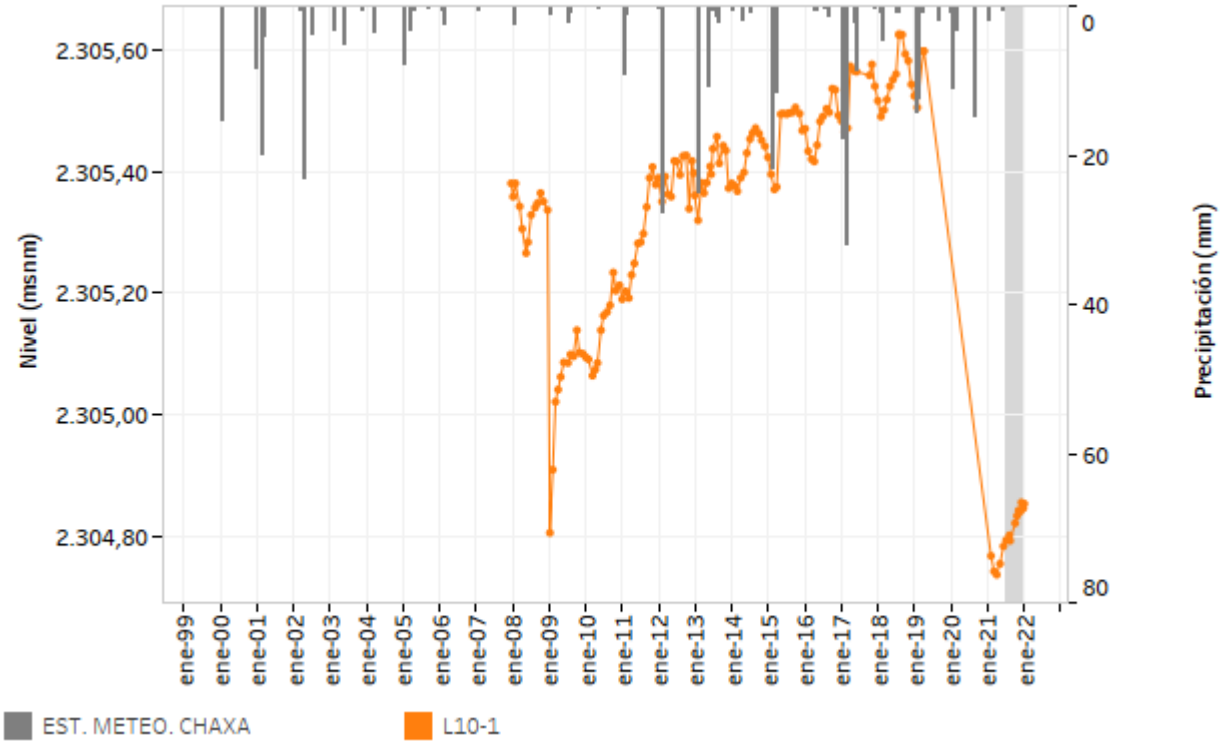
En el Sector de Peine el único punto situado en la zona aluvial es el punto L10-1, que concretamente se encuentra en el límite entre las zonas marginal y aluvial. Este punto está asociado al monitoreo de la zona marginal del sistema Peine, pero se le observa un comportamiento singular y poco relacionado a lo que cabría esperar para la zona marginal, donde los niveles muestran una estrecha relación con los ciclos de evaporación estacionales. En la Figura 6-87 se muestran los niveles históricos medidos y se puede ver como presentaba oscilaciones irregulares, por lo que debían estar asociadas a los eventos de recarga subterránea. La tendencia general era ascendente desde enero de 2009 y con tasa promedio de 2,85 cm/año (calculada en el período comprendido entre junio de 2011 y 30 de diciembre de 2018). Otro aspecto que destacable es que no muestra una respuesta evidente a los eventos de precipitación.

De este punto no se disponía de datos desde enero de 2019 y recientemente, en el primer semestre de 2021 se pudieron retomar las visitas de nuevo, en enero (2021), las también se han podido mantener regulares durante el segundo semestre 2021.

La medición de enero (2021) registró un nivel a una mínima cota que no se habían registrado anteriormente, con una diferencia de 83 cm desde la última medición en marzo 2019. Aunque se desconoce la forma en que el nivel haya hecho la transición hasta alcanzar estas cotas (en qué momento y si ha sido un cambio brusco o bien, haya sido de forma suavizada), dada la gran diferencia de cota y en el espacio de tiempo transcurrido, es probable que sea debido al manejo extractivo del acuífero aluvial por alguno de los actores que dispone de volúmenes de extracción autorizados en este sector.

Las mediciones del segundo semestre 2021 muestran una tendencia de recuperación (ascenso) del nivel, desde la cota mínima alcanzada en marzo (2021) y elevándose unos 12 cm al cierre del periodo (diciembre 2021).

Figura 6-87: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.4.1.2 Pozos en zona marginal

Desde la zona aluvial y hacia el noroeste, siguiendo la dirección del flujo, se encuentra la zona marginal en donde los niveles muestran un comportamiento mixto entre el observado en el L10-1 y el núcleo. Se trata de los puntos L10-2, L10-3, L10-4, L10-9, L10-10 y L10-15, que se muestran en la Figura 6-88.

Estos puntos tampoco muestran la particular oscilación regular propia de los ciclos estacionales de evaporación, y se observa que mantienen un comportamiento transicional; los puntos más cercanos al aluvial presentan algunos rasgos característicos observados también en el L10-1 (como en el caso del L10-2). En la medida que los puntos se alejan (y se van acercando al núcleo) se van disipando estos rasgos para progresivamente reflejar características más relacionadas con el núcleo.

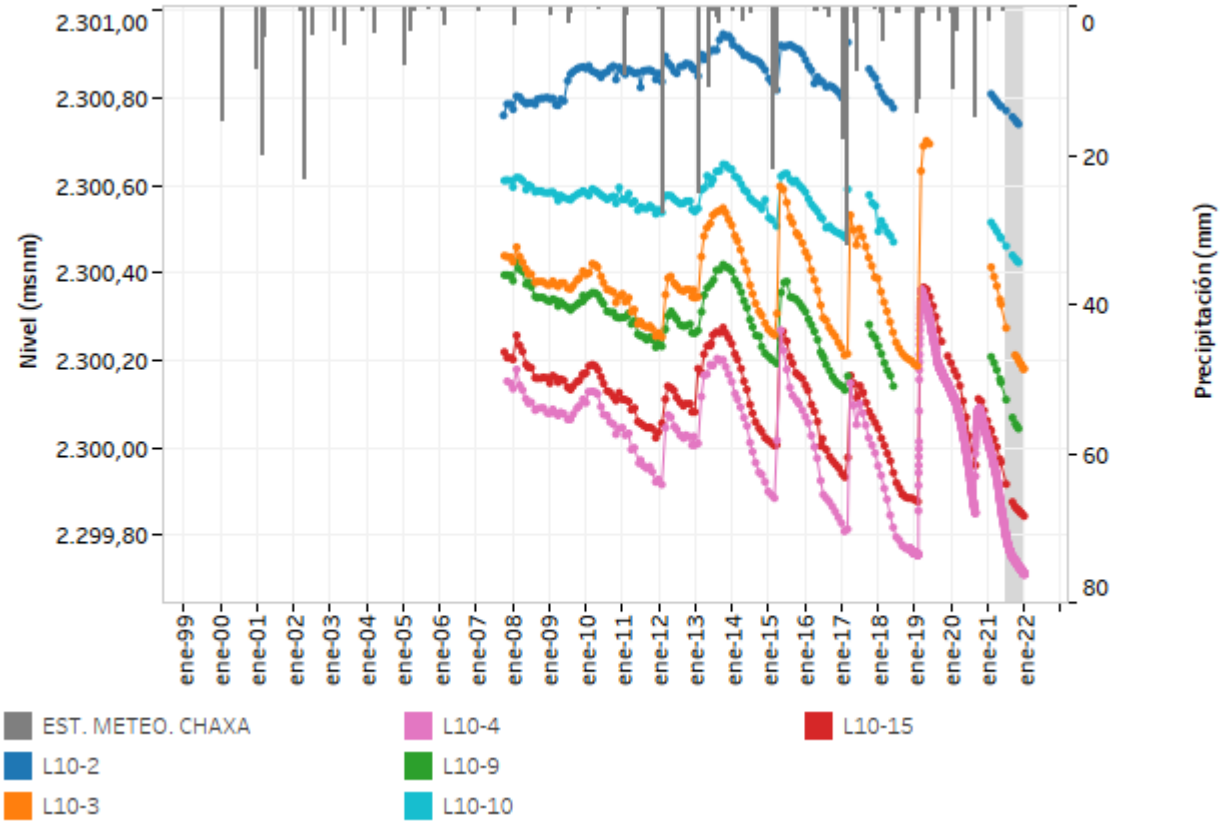
El pozo L10-2 venía mostrando desde el inicio de las mediciones en 2007 y hasta septiembre de 2013 una clara tendencia de ascenso del nivel (0,35 cm/año), la que es coherente con el ascenso descrito en el punto de L10-1 que en este caso era de 2,85 cm/año. No obstante, a partir de septiembre 2013 se observa como el nivel muestra un nuevo patrón, donde la

tendencia promedio se vuelve de descenso y con respuestas a los eventos de lluvia que elevan la cota de forma clara. Este nuevo comportamiento se asemeja más al observado en los pozos del núcleo.

A medida que los puntos se encuentran más cercanos al núcleo (y alejados del aluvial) muestran una mayor tasa de descenso. A diferencia del L10-2, este grupo de pozos han mostrado tendencia de descenso desde el inicio de sus mediciones en octubre 2007, la diferencia entre ellos es la pendiente; el punto L10-3, presenta una tendencia de descenso con una pendiente muy suave (0,01 cm/año), en el punto L10-10 la tasa de descenso aumenta un poco más (0,55 cm/año) y ya los puntos L10-4, L10-9 y L10-15 tienen una tasa de 1,4 cm/año (tasa del orden de magnitud parecida a la de los puntos tipo Núcleo más cercanos a la Zona Marginal; GD-03 y L10-12, ver siguiente apartado). Estos últimos puntos además muestran la misma respuesta a los eventos de precipitación que la observada en los pozos del núcleo.

Las mediciones efectuadas en el segundo semestre 2021 se sitúan en cotas esperables y dentro del rango de valores históricos; en todos los casos (incluyendo el L10-2) se observa un descenso estable de los niveles. La tasa de descenso en este periodo es menor que la se observa al semestre anterior, y esto viene dado porque anteriormente los niveles todavía se encontraban recuperando (desciendo) después del alza producida por el evento de lluvia de 2020. Actualmente, todos los puntos parecen haber retomado la tasa de descenso base que se espera en este sector, influenciada por el comportamiento del núcleo.

Figura 6-88: 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.

6.1.4.1.3 Nivel de agua superficial y lacustre

Para monitorear el nivel de la superficie de las lagunas del Sistema, se observan los registros de las reglillas Salada, Saladita e Interna, medidas históricamente por CONAF en el marco del convenio establecido en la RCA N°226/2006. Como se mencionó en la sección de Resultados (5), a partir de enero de 2019 y en virtud del término del convenio, las mediciones de nivel en el sistema lacustre de Peine pasan a ser responsabilidad de SQM Salar S.A., cuyos resultados se agregan a la data histórica.

Los niveles medidos hasta la fecha se muestran en la Figura 6-89. Como puede verse, la frecuencia de medición trimestral ofrece menos detalle respecto las variaciones estacionales, aunque se aprecia cierta oscilación sobre todo en las reglillas de Salada y Saladita.

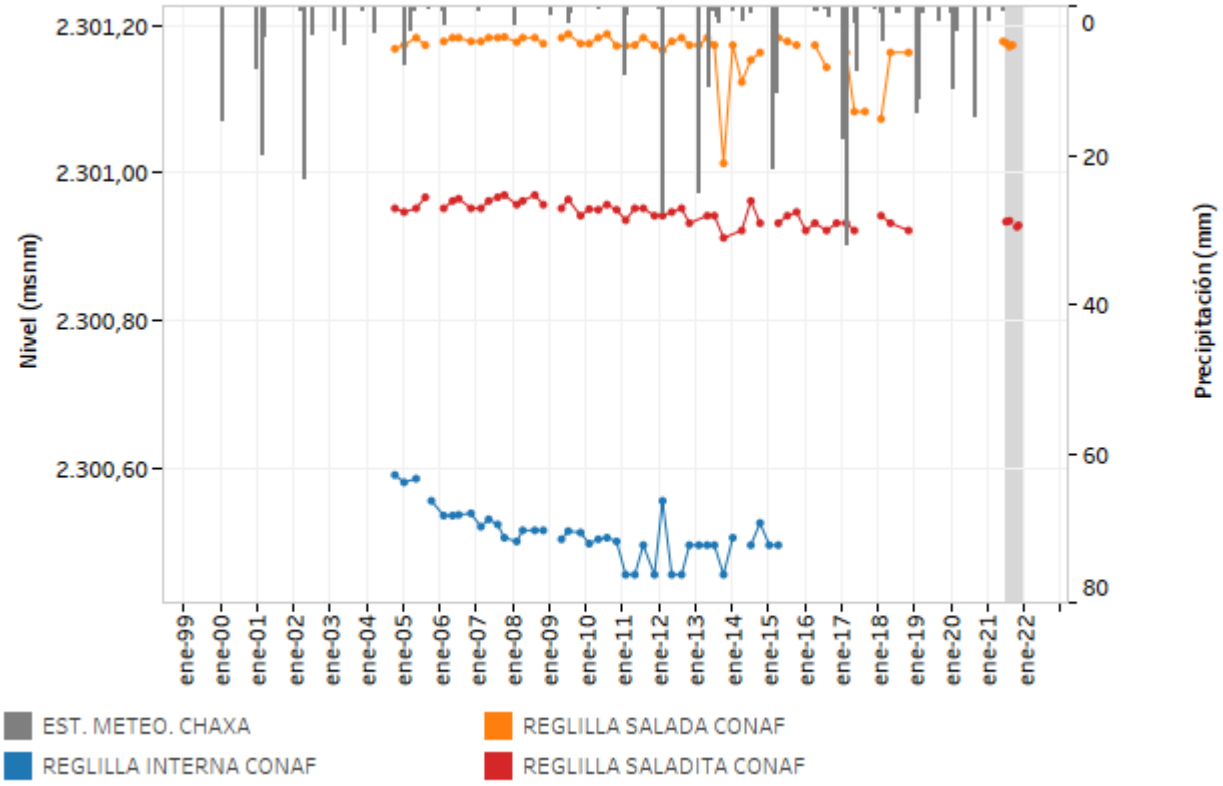
En la reglilla de Salada los registros se presentaron estables hasta el año 2013 con una tendencia estable y una amplitud de oscilación de entre 0,5 a 1,6 cm. A partir de la medición

de julio 2013, en octubre 2013, se reproduce un mínimo histórico (16 cm por debajo de la anterior medición) y partir de esta fecha se observa una mayor oscilación, más irregular y de amplitudes mayores. Cabe decir que, durante esta segunda etapa, las mediciones han tenido menor frecuencia, por lo que es complicado realizar un análisis de la tendencia. No obstante, parece ser descendente. El punto no se volvió a visitar desde octubre de 2018, recién en el primer semestre de 2021 se pudo medir de nuevo (mayo y junio) y en el segundo semestre 2021 se ha medido en julio y agosto. Respecto de estos 4 registros continuos puede decirse que todos se sitúan en cotas similares a las históricas, pero no es posible determinar posibles cambios en el comportamiento de este punto, para ello es necesario revisar los niveles medidos en los próximos meses.

En la reglilla de Saladita se observa una posible oscilación, con amplitudes similares las del periodo 2007-2013 de la reglilla Saladita. En este caso, se mantiene constante durante todo el registro junto con una tendencia permanente de descenso promedio de 0,3 cm/año. De la misma manera que en la reglilla de Salada, este punto llevaba sin ser visitado desde octubre 2008, recién en el primer semestre de 2021 se volvió a medir (en junio) y durante el segundo semestre 2021 se ha medido en julio, agosto y octubre. De esta serie de mediciones más o menos continua, se observa que se encuentran a una cota similar al registro histórico, pero no es posible determinar posibles cambios en el comportamiento de este punto, para ello es necesario revisar los niveles medidos en los próximos meses.

Finalmente, en la reglilla Interna no se han podido medir los niveles desde el año 2015 puesto que el área de descarga no ha cubierto la ubicación del punto de monitoreo.

Figura 6-89: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tal y como se ha descrito, en la zona marginal es donde se encuentran los objetos de protección definidos para el sistema Peine. En este sentido, una vez analizados los niveles históricos junto con la nueva información del segundo semestre 2021 y en base a la descripción de los niveles, puede concluirse que el sistema se mantiene con las variaciones esperadas según el tipo de comportamiento, por lo que los objetos de protección también se mantienen fluctuando dentro de comportamiento estacional esperado. En el capítulo 6.2. Análisis del Plan de Contingencias se analiza el estado de los objetos de protección a través de la revisión de los indicadores de estado, por lo que puede encontrarse más detalle.

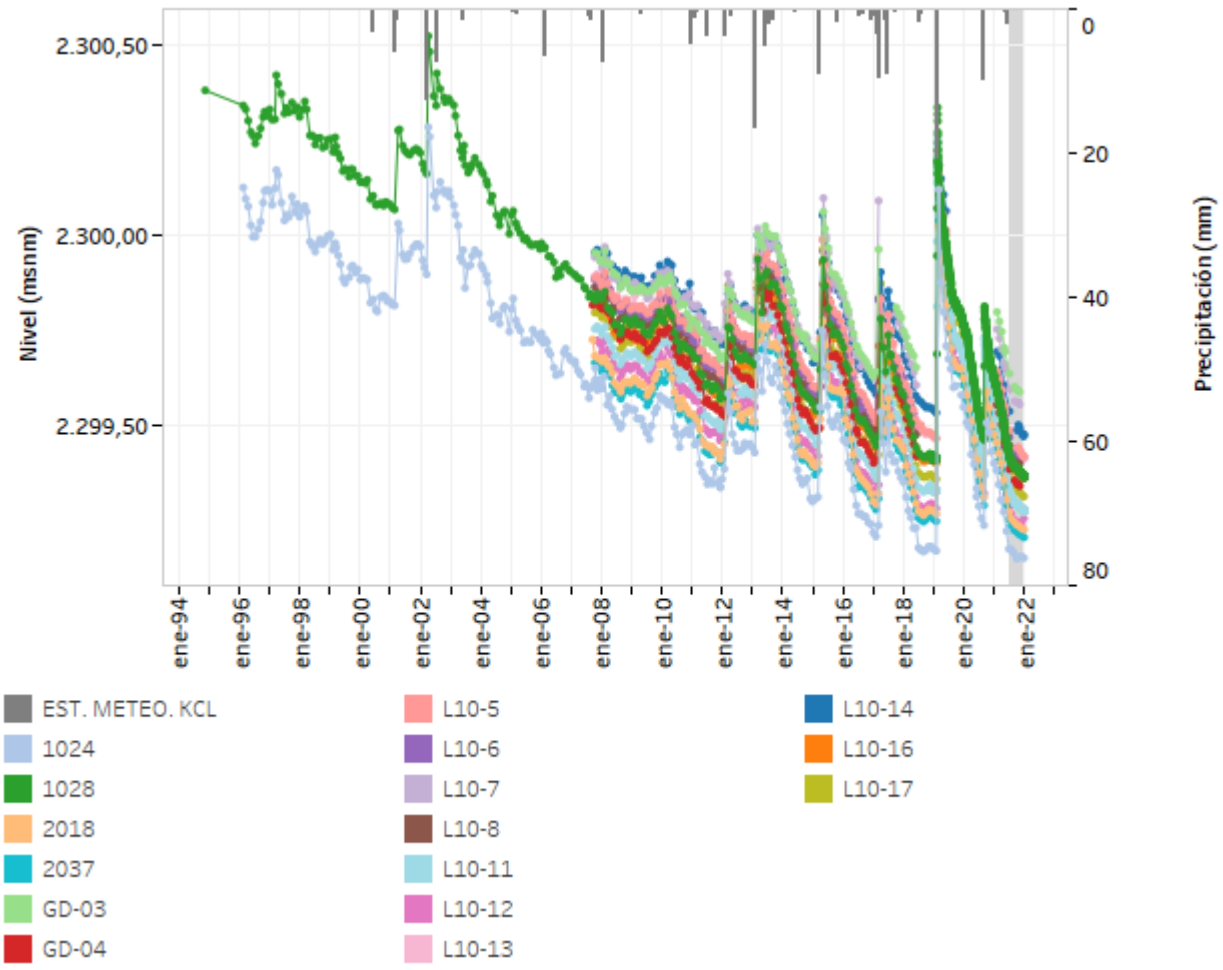
6.1.4.1.4 Pozos en zona núcleo

En el sector del Núcleo se ha observado el mismo patrón Tipo Núcleo identificado en los otros sectores (Soncor, Aguas de Quelana y Tilopozo, éste último se expone más adelante), que consiste en presentar un comportamiento sensible a los eventos de precipitación directa sobre el núcleo del salar, respondiendo de forma inmediata a eventos significativos y recuperando la tendencia original al tiempo de haber sucedido dichos eventos. Muestran también pocas

diferencias de cota piezométrica entre ellos, dando cuenta de lo plana que está la superficie piezométrica en el acuífero del núcleo. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-90 , donde se observa el ya descrito comportamiento sin oscilación estacional y con clara tendencia al descenso. Todos los puntos muestran una tasa de descenso de entre 2 y 2,2 cm/año, exceptuando los puntos GD-03 y L10-7, donde la tasa es de 1,2 y 1,5 cm/año respectivamente. La diferencia en estos dos puntos puede ser debido a que se encuentran más próximos a la zona marginal.

En este segundo semestre 2021 se ha logrado acceder a todos los puntos de este grupo. De lo que se observa en la Figura 6-90, todos están ya no están reproduciendo la etapa de recuperación (descenso) de los niveles posterior al evento de lluvia de agosto 2020, por lo que se observa en este periodo de reporte una nueva pendiente de descenso de menor magnitud, que se estima que corresponda al descenso base del acuífero del núcleo.

Figura 6-90: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine



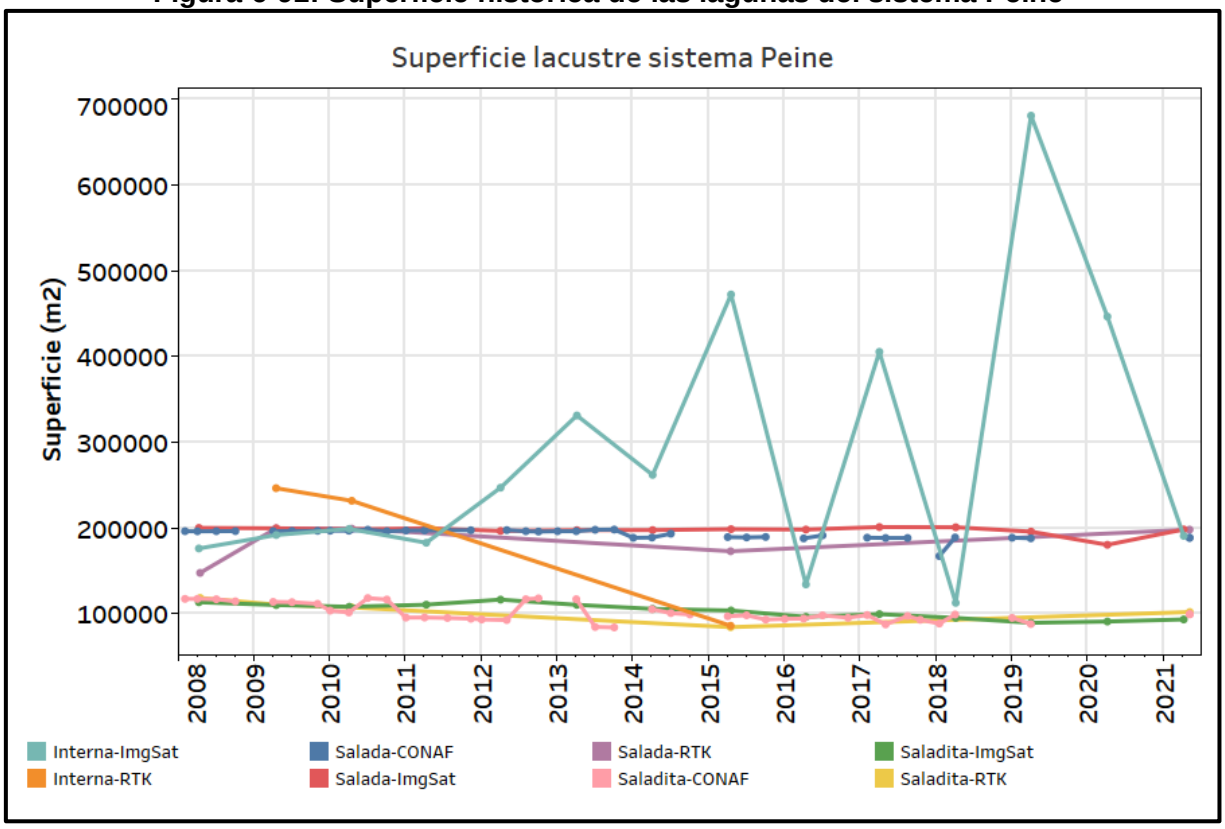
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.4.2 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

Los sistemas lacustres de Peine son alimentados por un canal que es el resultado de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema. Las lagunas que componen este sistema son Salada, Saladita e Interna. Esta última laguna está formada por los desbordes de la Laguna Saladita, y su morfología es muy variable de un año a otro.

En la Figura 6-91 se muestra el nivel histórico de las superficies lacustres de este sistema. En general, las lagunas Salada y Saladita no muestran grandes variaciones de superficie. Mientras que la laguna Interna muestra incrementos de área importantes en los años 2013, 2015, 2017 y 2019, con disminuciones de área en los años 2016 y 2018. Lo anterior, se explica por ser zona de descarga de las lagunas Salada y Saladita ante eventos de precipitación.

Figura 6-91: Superficie histórica de las lagunas del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 2021 tanto en el agua superficial, como en el agua subterránea del Sistema Peine, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los distintos parámetros monitoreados (normativos o de línea de base). Como se ha mencionado en el capítulo 5.2.6, el 30 septiembre 2021, se activó F1 en el pozo L10-11, por lo que, de acuerdo a lo indicado en el Plan de Contingencias provisorio aplicable al sistema Peine conforme a lo comprometido en el programa de cumplimiento F-041-2016, desde octubre se ha realizado el muestreo mensual en los puntos del sistema Peine.

Esta sección se divide en dos subsecciones que agrupan los puntos de monitoreo de acuerdo con sus características: (i) pozos de monitoreo y (ii) sistemas lacustres.

6.1.4.3.1 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 temporal para los distintos parámetros en estos pozos se muestra en la Figura 6-92, Figura 6-93 y Figura 6-94[71, 72] presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos.

En cuanto al análisis histórico, los tres pozos presentan distintas características, de acuerdo con su ubicación. El pozo L10-1, ubicado en el comienzo de la zona marginal, presenta la menor CE con valores en torno a 15.000 µS/cm, así como el mayor pH, cercano a 8. Este pozo tiene cierta mezcla con aguas de la interfaz salina, de manera similar a lo que sucede

[71] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

[72] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder. (Esta carta se presenta en el Anexo 10.2 del informe 27).

en CA-2015. El pozo L10-4, cercano a la parte final de la zona marginal, presenta valores cercanos a la salmuera del núcleo (CE cercana a 150.000 µS/cm y pH alrededor de 7.5). Por último, el pozo 1028 ubicado en el núcleo se caracteriza por un pH menor (~6,9) y mayor CE, alrededor de 230.000 µS/cm.

En los puntos L10-1, L10-4 y 1028, los resultados del segundo semestre para los distintos analitos se encuentran dentro del rango histórico. En el caso del L10-1, con un gap de información desde octubre de 2018, mostró algunos cambios notables en el primer semestre de 2021 (pH, CE, densidad, SDT y ST), los cuales durante el segundo semestre muestran una tendencia a valores similares al histórico anterior.

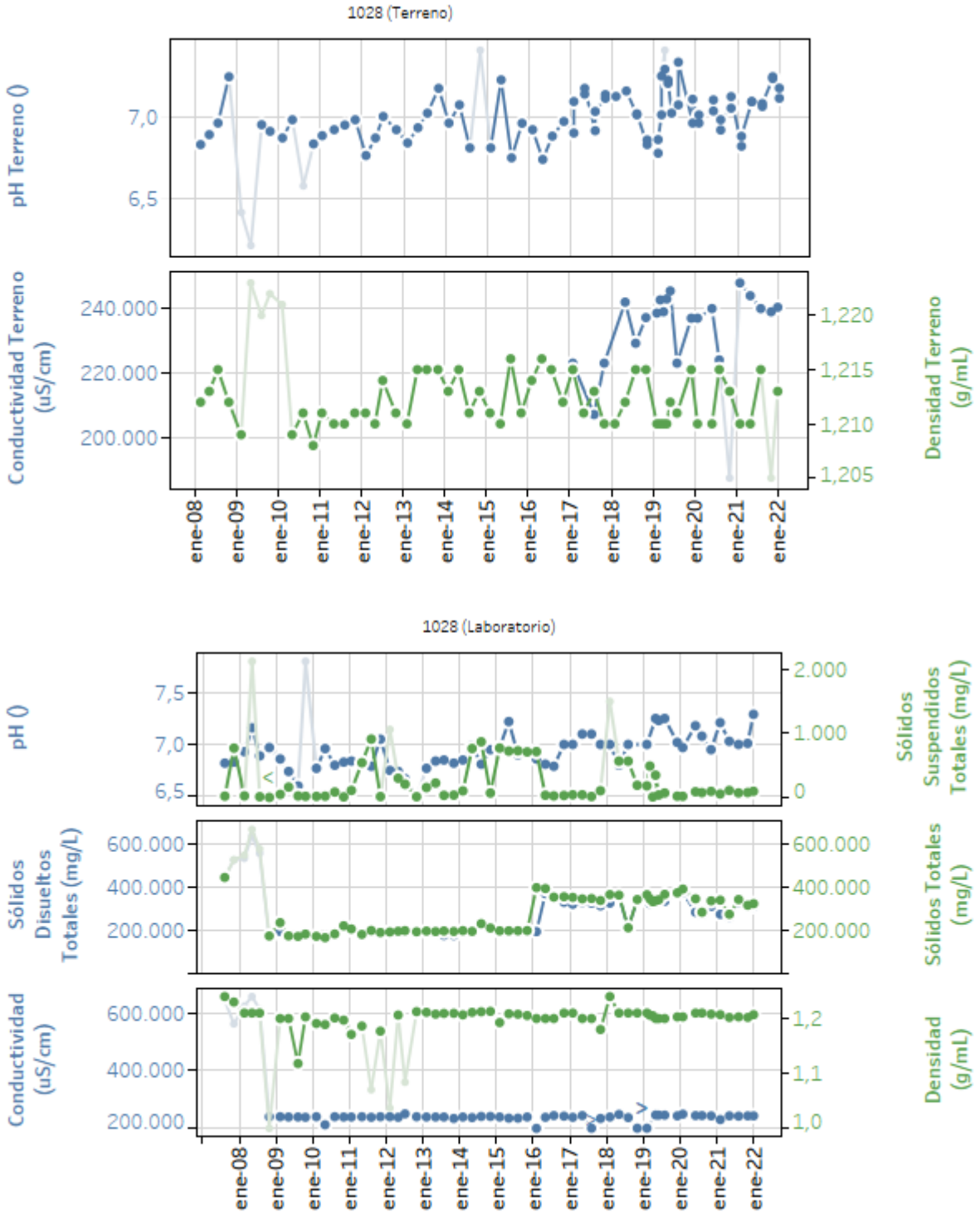
Figura 6-92: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-93: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-94: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028



Fuente: Elaboración propia. Los valores >LM se presentan = LM y con la etiqueta “>” en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Respecto a las tendencias, el punto L10-1 no presenta tendencias para ninguno de los parámetros analizados. En el L10-4 se observa tendencia ascendente para conductividad y densidad de terreno y laboratorio y para sólidos disueltos y totales. El pH muestra tendencia descendente. El punto 1028 se muestra estable en todos sus parámetros, mostrando únicamente una leve tendencia al ascenso para el pH.

6.1.4.3.2 Calidad del agua en sistemas lacustres

Las Figura 6-95, Figura 6-96 y Figura 6-97, presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en las lagunas Salada, Saladita e Interna, respectivamente. Todos los parámetros analizados se encuentran dentro de lo esperable, de acuerdo con el registro histórico.

Al tratarse de agua superficial, se observa en todas las lagunas una marcada estacionalidad, controlada por la evaporación y el régimen de caudales, para casi todos los parámetros, alcanzando valores máximos en verano y mínimos en invierno en concordancia a los ciclos evaporativos y contrario al régimen de caudales.

Figura 6-95: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

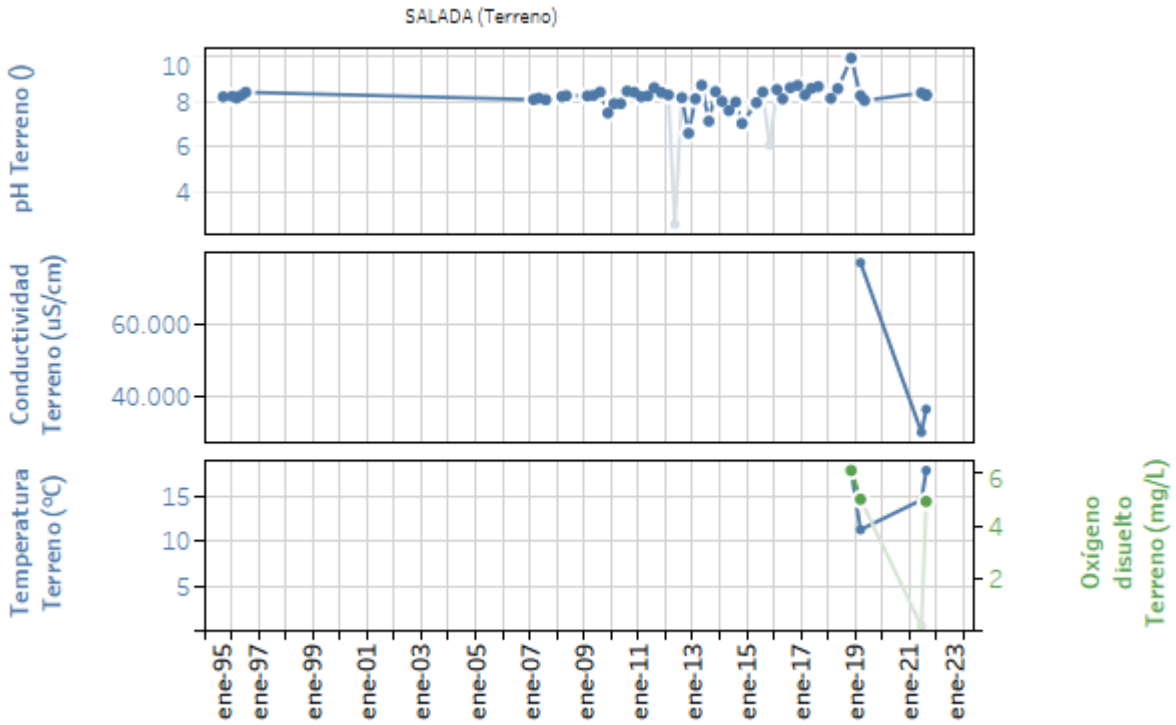


Figura 6-95 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

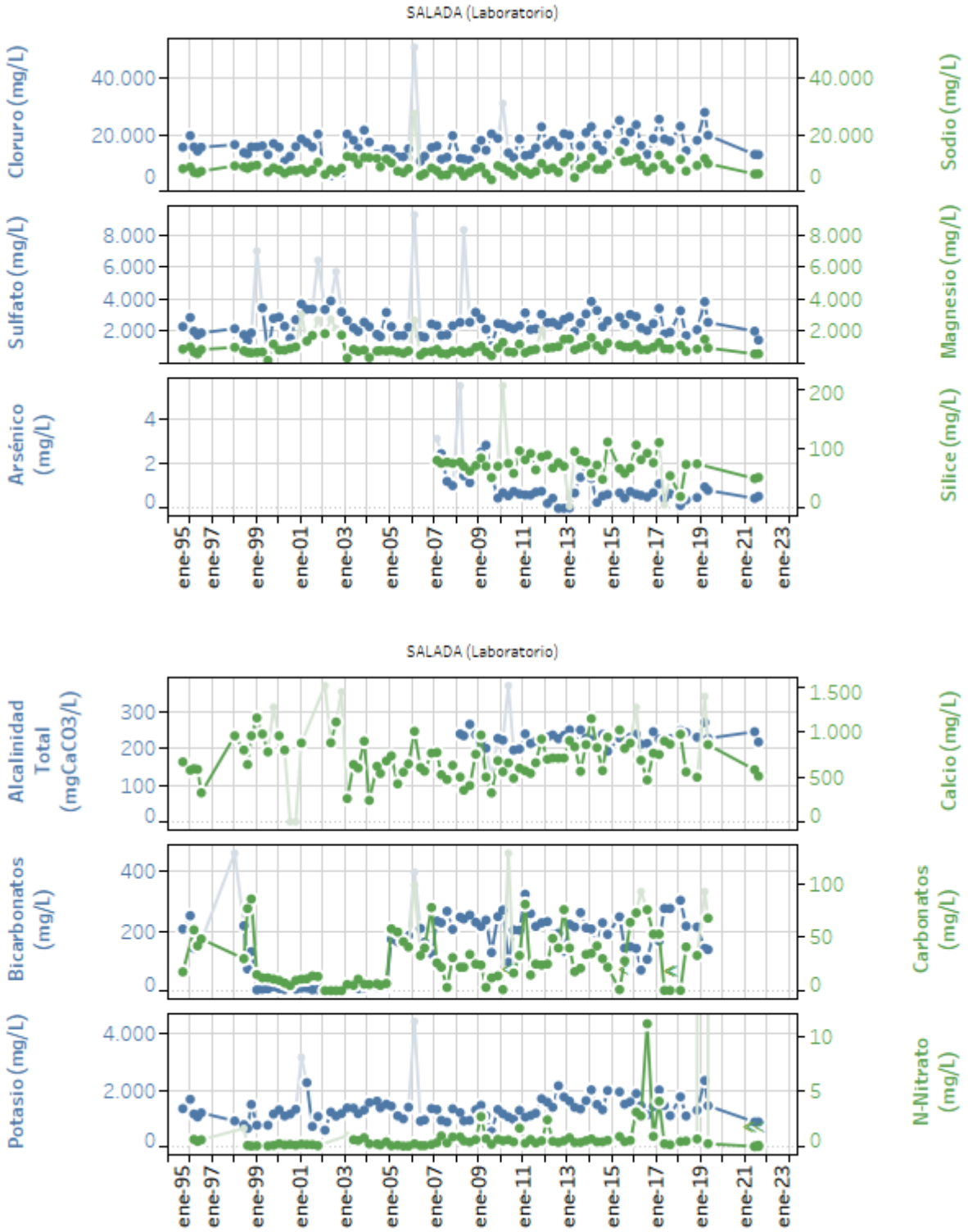
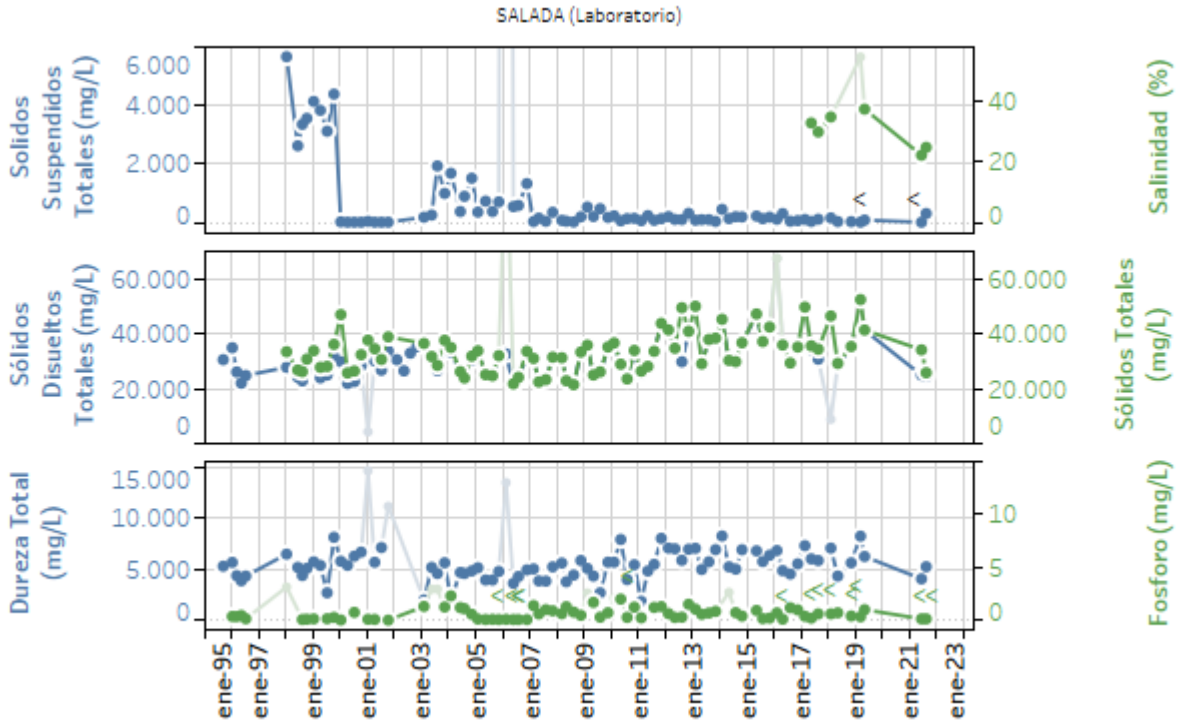


Figura 6-95(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala, se han omitido del gráfico los valores para febrero de 2006 de Sólidos Suspendidos Totales (81.260mg/L) y Sólidos Totales (113.900 mg/L) y el valor de nitrógeno nitrato para febrero de 2019 (657mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita

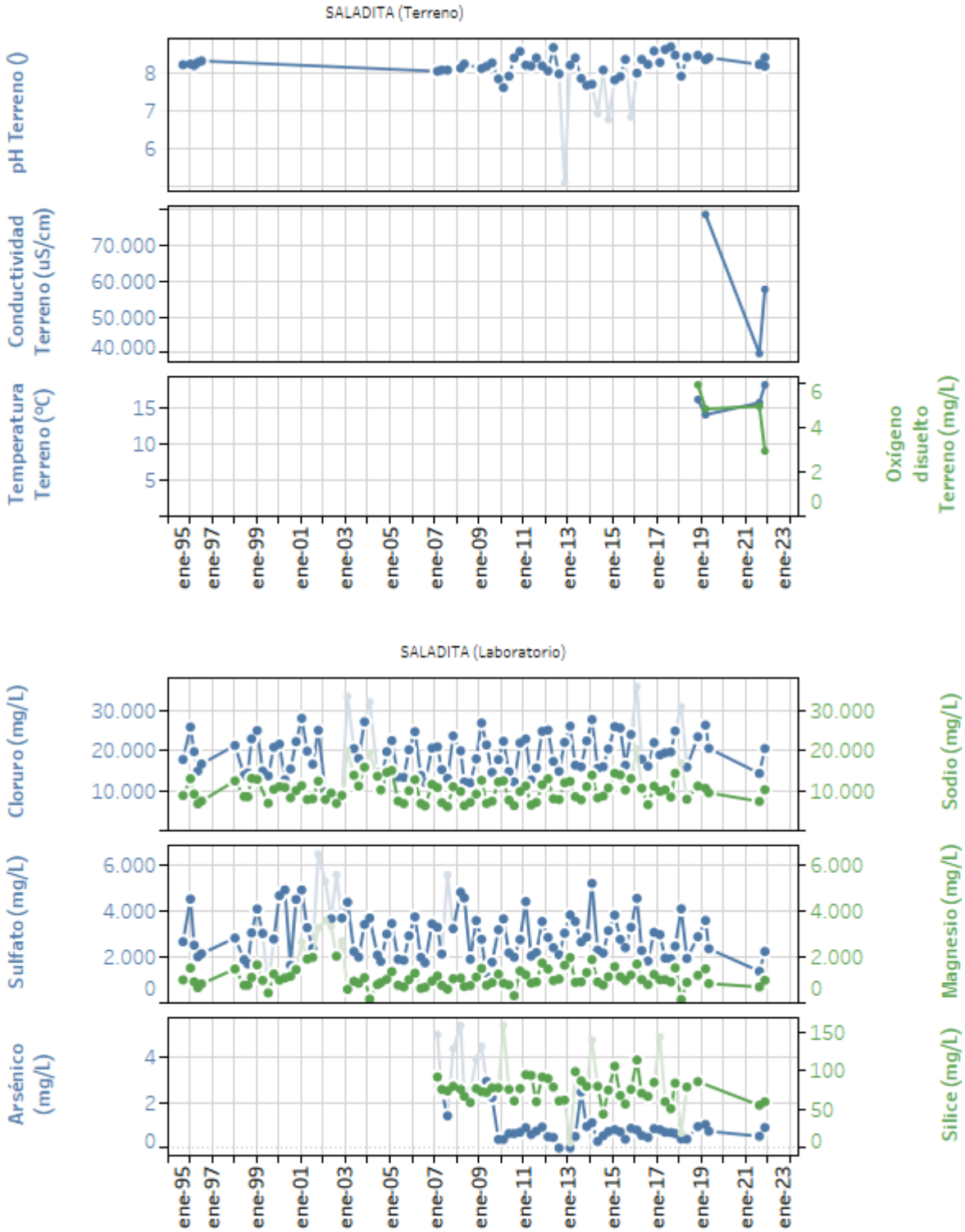
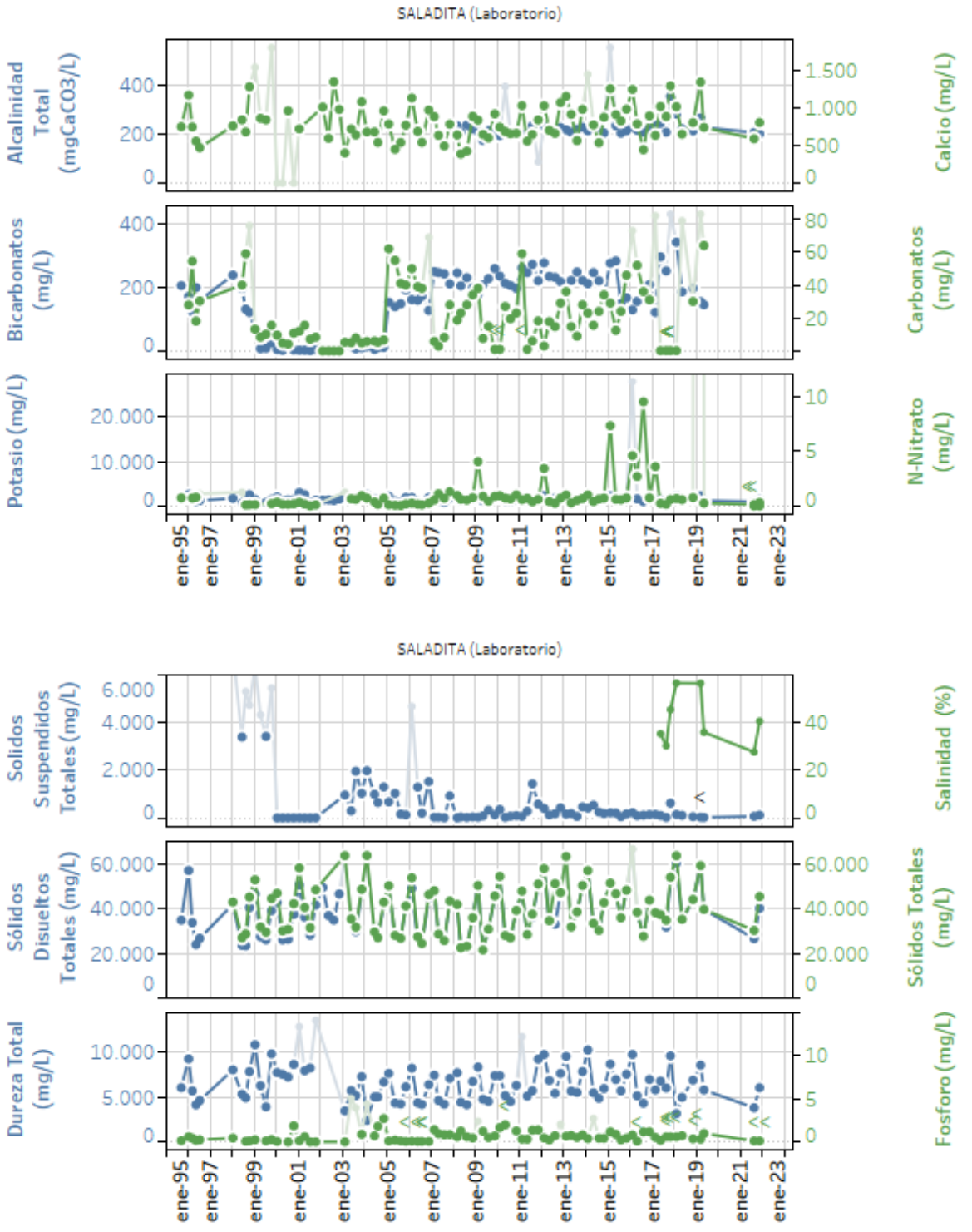


Figura 6-96 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato de febrero de 2019 (493mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-97 Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna

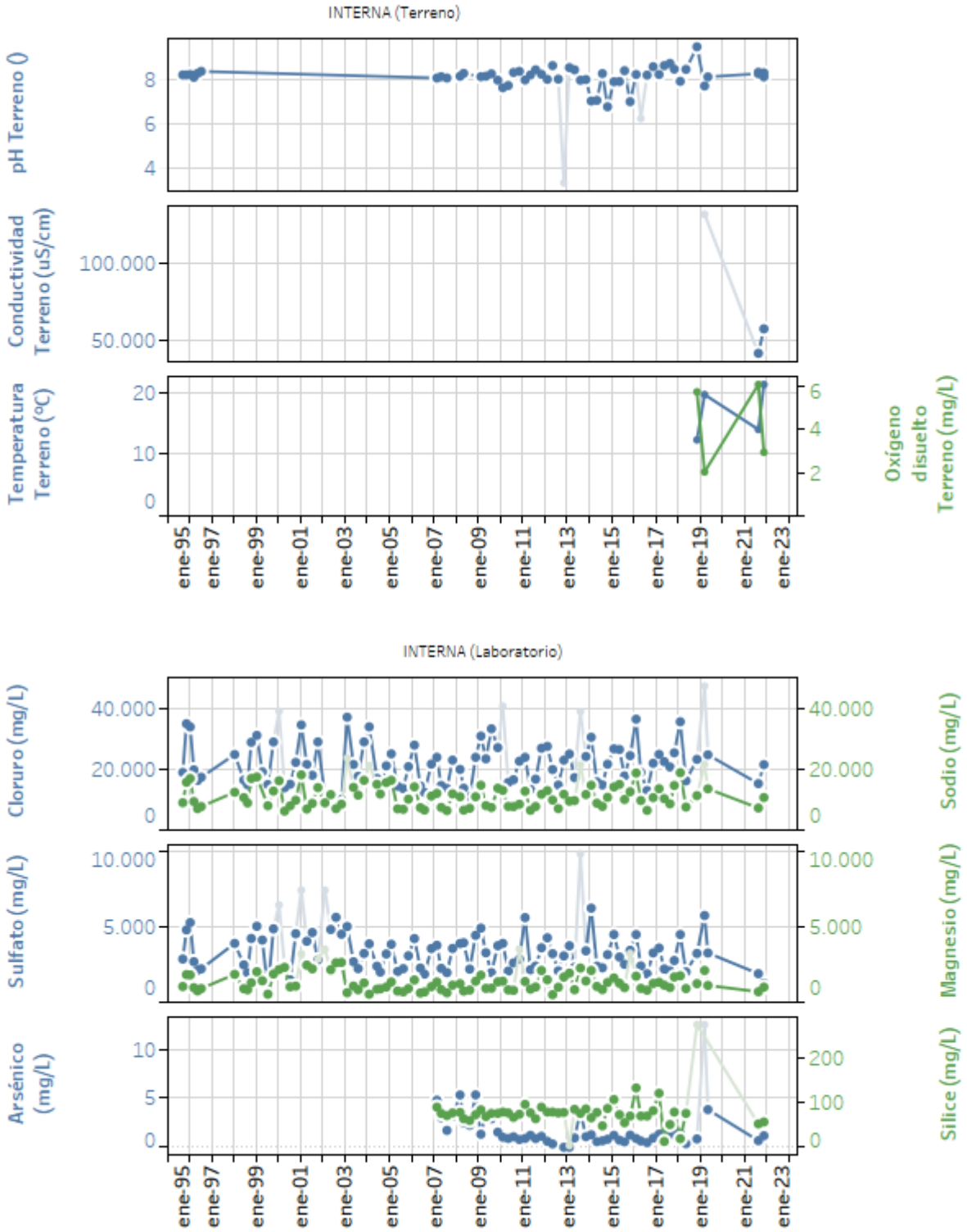
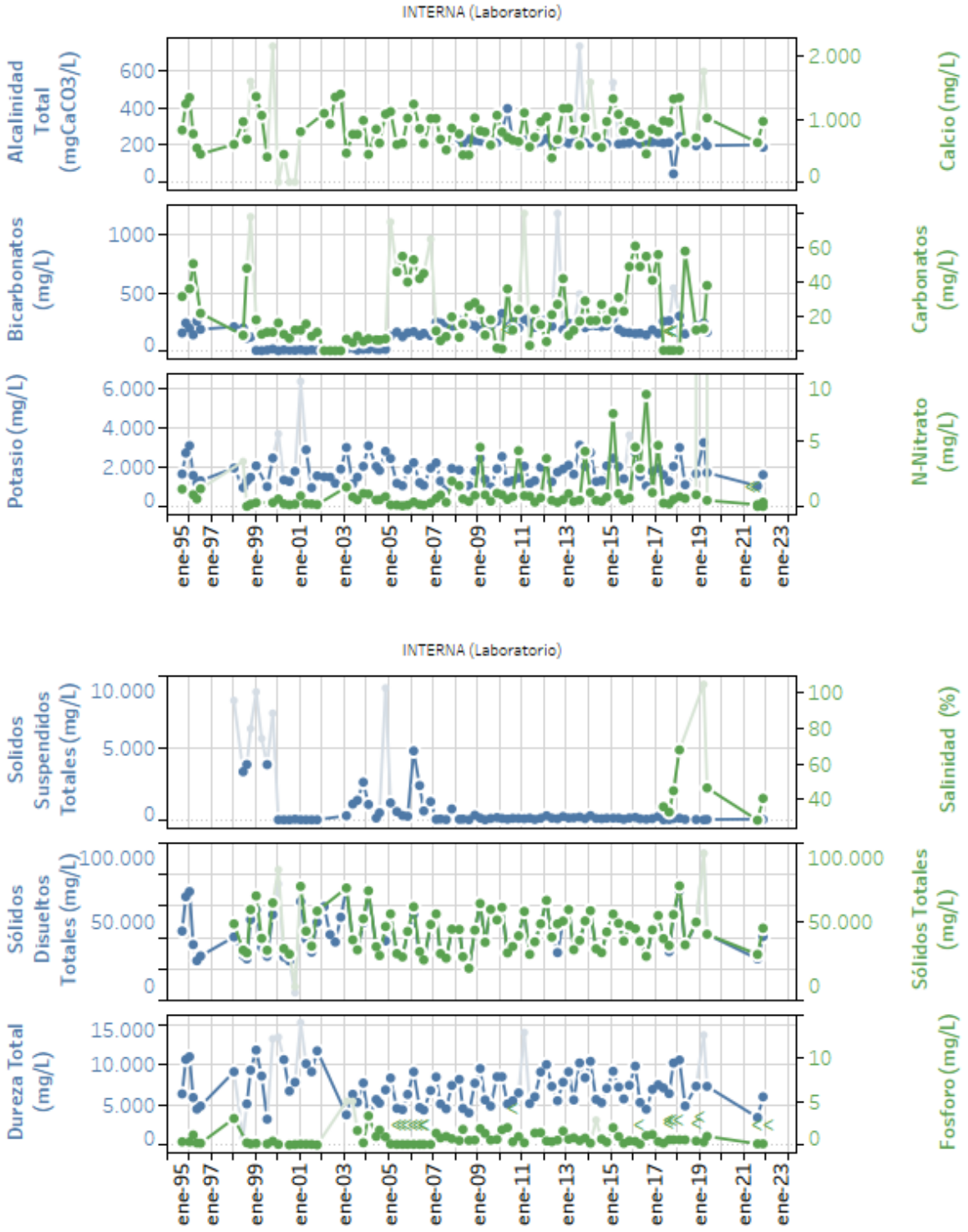


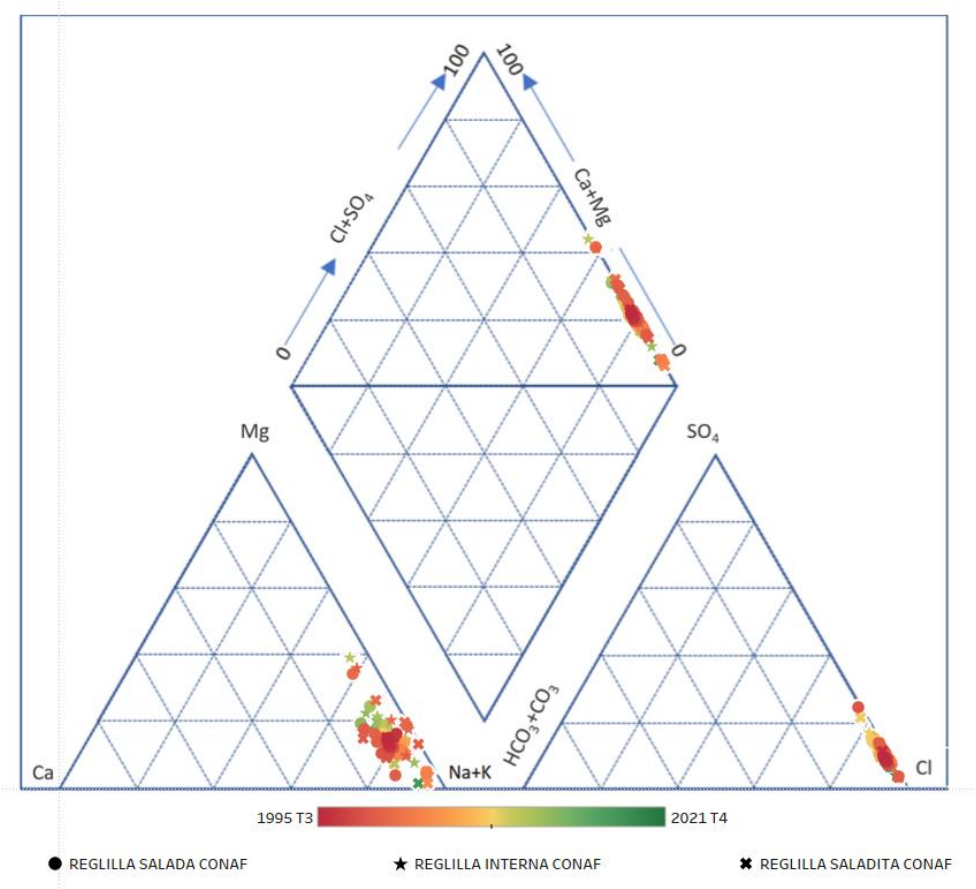
Figura 6-97 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato de febrero de 2019 (1062mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-98 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 y no se observa ninguna tendencia en el Piper ni en su evolución, mostrada en las figuras anteriores.

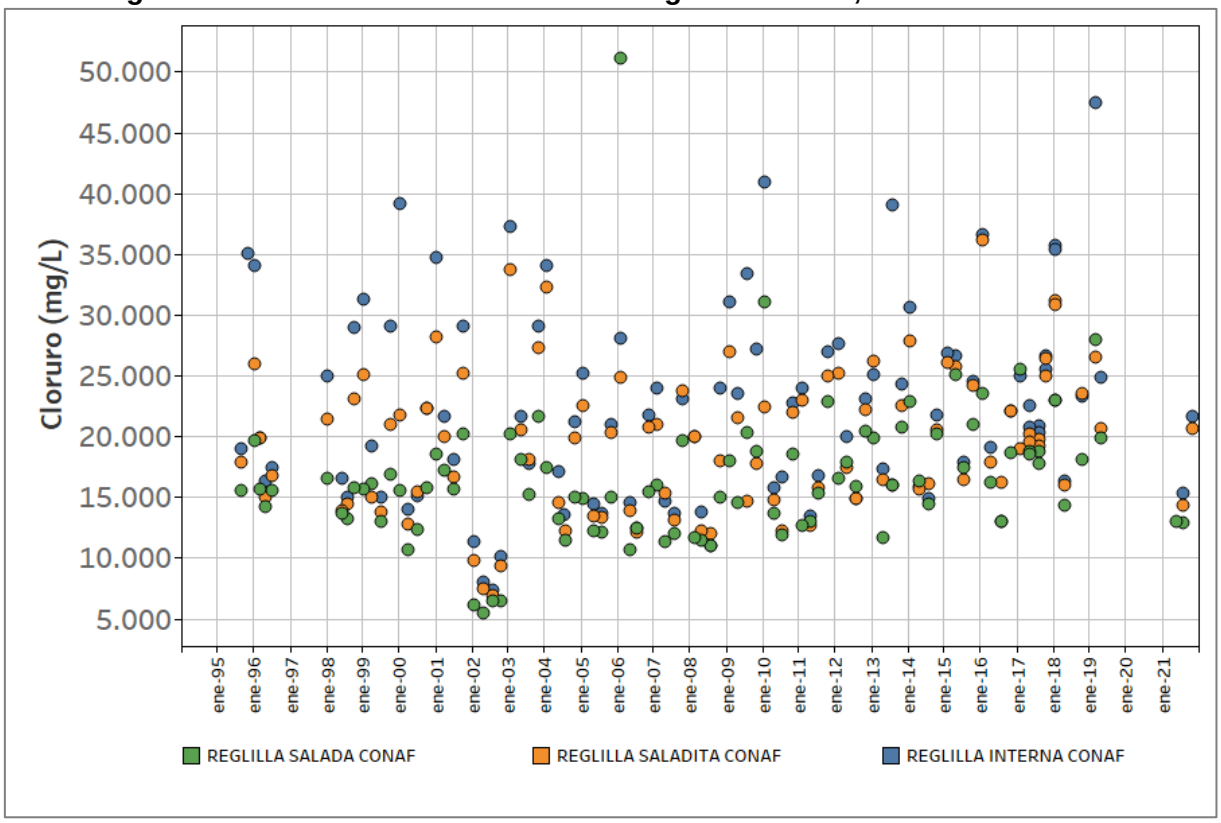
Figura 6-98: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10%



Fuente: Elaboración propia

Además, dado que en el canal que alimenta a las lagunas el flujo es de sureste- noroeste, se produce un enriquecimiento en las concentraciones en este mismo sentido (Figura 6-99), debido fundamentalmente a evaporación y en menor medida, a disolución de sales. De esta manera, las mayores concentraciones se registran en la laguna Interna, cuerpo terminal del sistema Peine desde el cual se producen desbordes hacía el núcleo con extensión muy variable.

Figura 6-99: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.4 Caudal de recarga superficial (aforos)

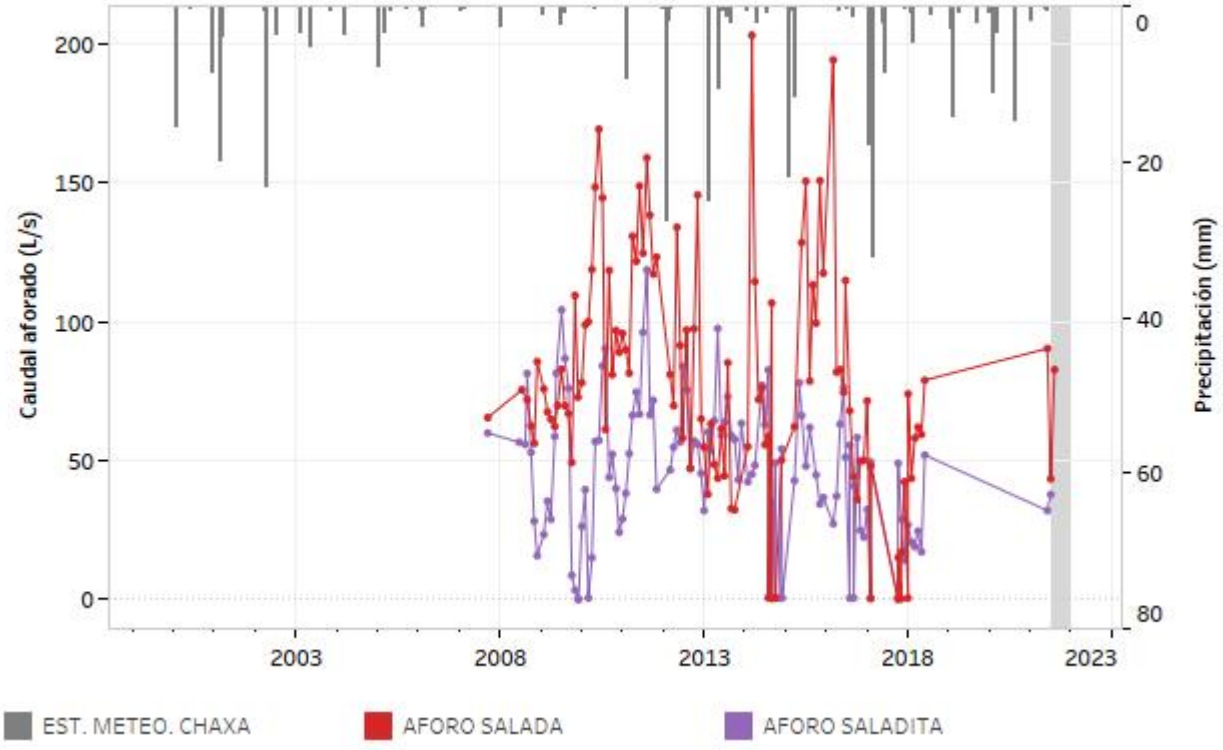
La red de monitoreo para la variable de caudal superficial del Sistema Peine está compuesta por los puntos de aforo Salada y Saladita, ubicadas en los canales que alimentan dichas lagunas. En la Figura 6-100 se muestran las mediciones realizadas hasta el final del segundo semestre 2021. Como puede verse, el punto de Salada solo ha podido ser medido en el mes de julio 2021 durante el segundo semestre del mismo año.

Respecto del registro histórico obtenido (ver Figura 6-100), puede observarse como aparentemente el aforo Salada muestra una oscilación de una frecuencia mayor al año (no estacional); se intuye haberse reproducido un ciclo entre el año 2008 a 2013 y otro ciclo entre 2014 y 2017. En el año 2017 no se puedo medir con una frecuencia estable y posteriormente (junio 2018) no se pudo seguir visitando, por lo que no es posible asegurar que este comportamiento siga manteniéndose hoy en día. Tampoco es posible determinar las causas

de este comportamiento ya que, dado la baja frecuencia de los ciclos, no se tienen datos suficientes; es necesario una serie de tiempo más larga.

Respecto el aforo de Saladita, es posible que también se comporte con ciclos de frecuencia menor al año, puesto que parece observarse un solo ciclo en todo el periodo de datos disponible; en el periodo entre 2009 y 2012 se produce una tendencia promedio ascendente y posteriormente, entre 2013 a 2018 la tendencia promedio es descendente. No obstante, dado lo corta que es la serie de mediciones, no es posible confirmar este comportamiento, también sería posible una interpretación basada en que en 2013 se produce un cambio en la tendencia. Por lo tanto, es necesario disponer de un mayor registro de datos para ir comprobando estas variaciones y este punto llevaba sin poder ser visitado desde 2018, recién en el primer semestre 2021 se volvió a medir, y tal como se ha mencionado, durante este semestre solo existe una medición adicional, por lo que será necesario ir revisando los resultados de los próximos meses.

Figura 6-100: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine

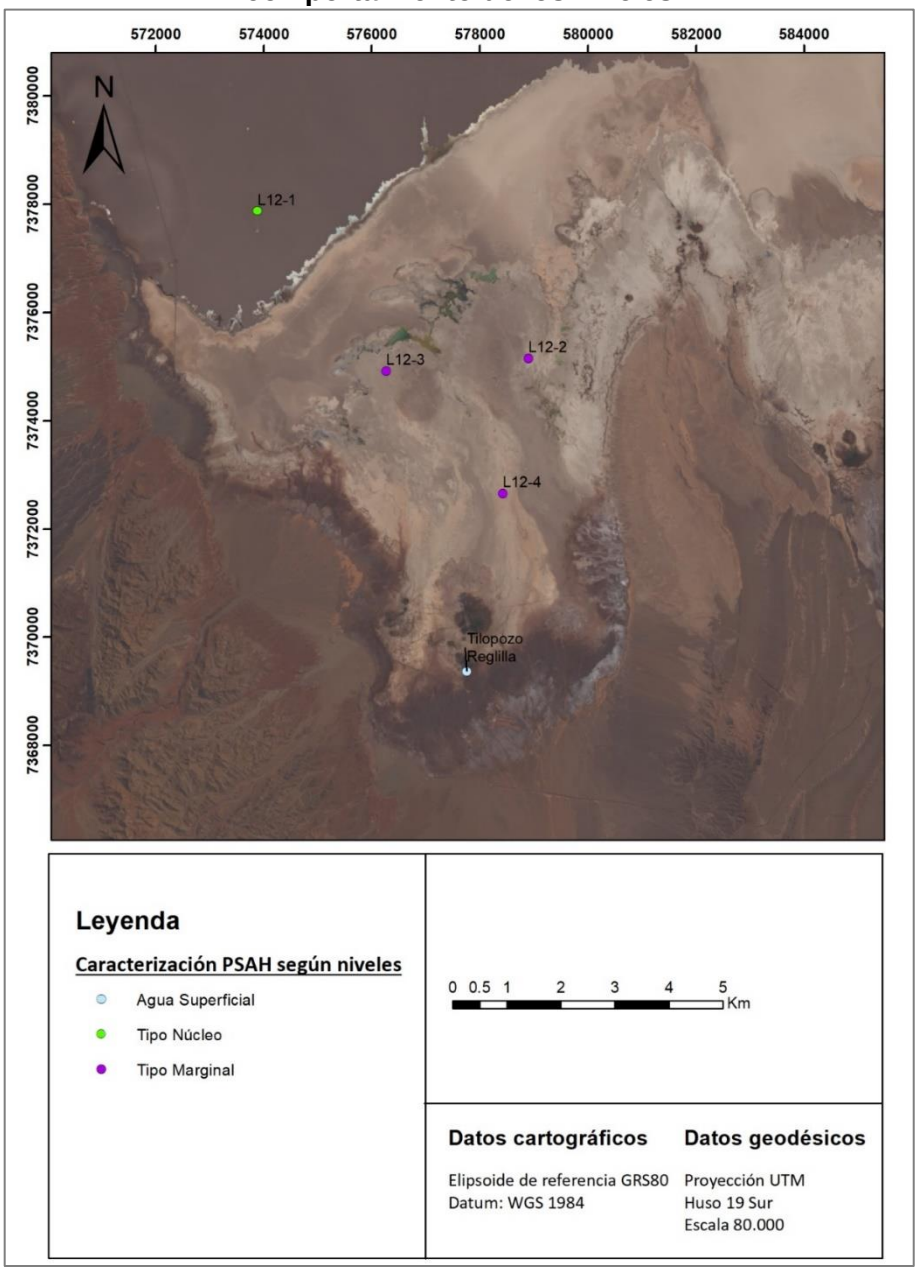


Fuente: Elaboración propia

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. En la Figura 6-101 se muestra la infraestructura englobada en esta área.

Figura 6-101: Infraestructura englobada 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

6.1.5.1.1 Pozos en zona marginal y núcleo

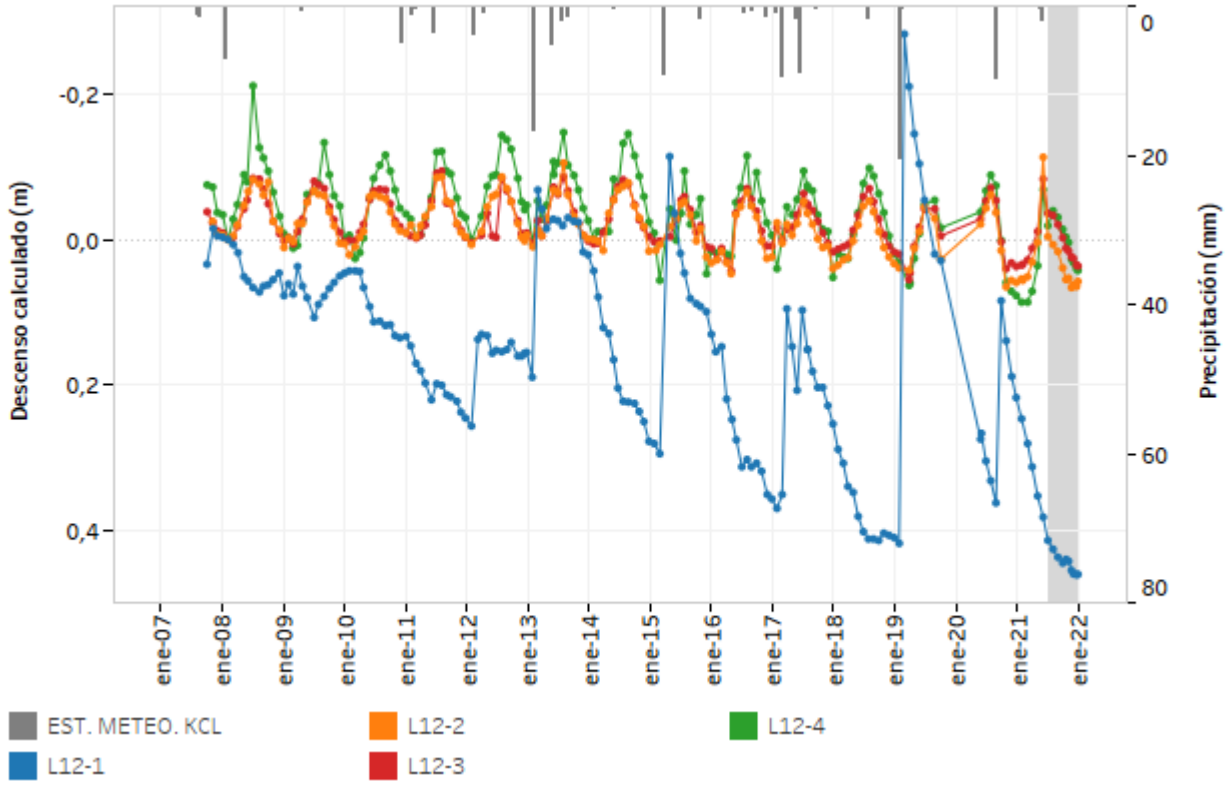
Los puntos de control en la zona marginal y núcleo corresponden al L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4. En la Figura 6-102 se muestran los descensos calculados, los que permiten visualizar mejor los patrones de comportamiento en comparación a los niveles, puesto que existen diferencias importantes de cotas en este grupo de pozos.

Como puede verse en la Figura 6-102 los puntos L12-2, L12-3 y L12-4 muestran una oscilación estacional bastante regular, propia de la zona marginal. Previo al año 2014, el promedio de los niveles se mantenía estable sin tendencias (de ascenso o descenso). A partir de 2014 se observa como los niveles reproducen un descenso promedio con una tasa de entre 0,66 y 0,5 cm/año. Por otro lado, se observa en la misma figura, que el punto L12-1 muestra un comportamiento claramente diferenciado al resto de los puntos graficados, y es que este punto refleja el comportamiento esperado para un punto presente en el núcleo; sin oscilación estacional, respuesta inmediata y clara a los eventos de lluvia y una tasa característica de descenso, que en este caso es de unos 4,17 cm/año.

En el segundo semestre de 2021 se observa como los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 (comportamiento relacionado a la zona marginal) están mostrando lo que debería ser el máximo estacional que se registra los meses de julio, pero que resulta tan evidente como en años anterior debido a unos niveles máximos registrado entre mayo y junio; es posible se hayan producido eventos de lluvia locales en este sector que hayan alzado el nivel puntualmente durante esos meses. Así de esta forma, durante el segundo semestre se ha medido el descenso habitual que se da posterior al máximo estacional de cada año.

Respecto del L12-1, en el núcleo, en el semestre anterior (primero de 2021) el nivel venía reproduciendo la recuperación (descenso) posterior a la lluvia de agosto 2020. En el segundo semestre de 2021 el nivel disminuye la pendiente de descenso ya que en este periodo pasa a reproducir el efecto del descenso característico en el núcleo, tal y como se ha visto en el resto de los puntos asociados al comportamiento del núcleo.

Figura 6-102: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

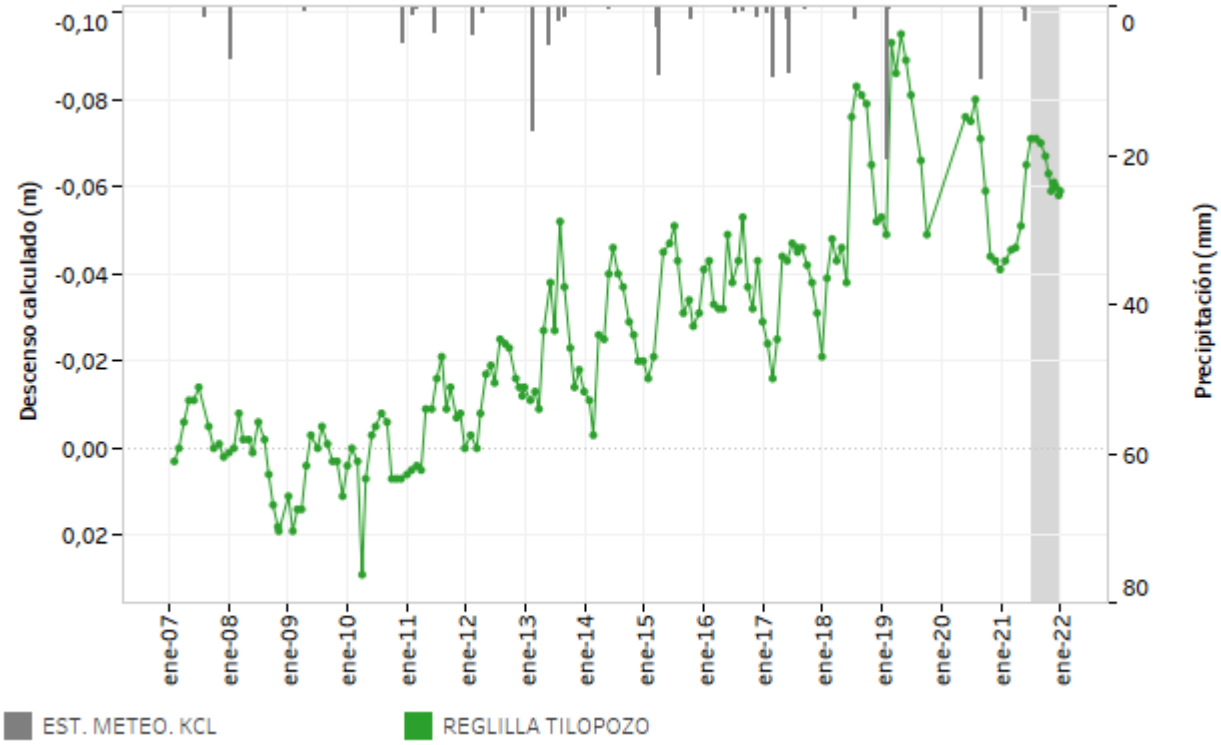
6.1.5.1.2 Nivel de agua superficial

Para monitorear el nivel del agua superficial en el sector se dispone de la reglilla Tilopozo, los niveles históricos registrados se muestran en la Figura 6-103. En ella se observa que el nivel del agua superficial ha presentado una tasa de ascenso desde la segunda mitad del año 2008 de 0,7 cm/año junto oscilaciones poco regulares y de baja amplitud. A partir de la segunda mitad del 2018 se puede ver como el nivel muestra una marcada oscilación con mayor amplitud al periodo anterior. Dado que este punto no se pudo medir regularmente desde mediados de 2019 y hasta mediados de 2020 no se podía identificar si el punto había empezado a registrar un cambio en el patrón.

A partir de incluir las mediciones realizadas en el segundo semestre 2021 en el análisis, se confirma que este punto viene mostrando un cambio en el patrón de niveles desde mediados de 2019; ya que los máximos estacionales se han registrado en cotas cada vez más bajas (1,5 cm más baja en 2020 y 2,4 cm en 2021, respecto el máximo de 2019). En todo caso, es necesario seguir revisando los niveles de los próximos meses para confirmar que se mantenga

esta tendencia. También es relevante considerar las próximas mediciones para revisar el comportamiento de los mínimos estacionales, ya que debido a la irregularidad de las visitas estos últimos años, no se pudo registrar el mínimo del año 2019, lo que complica identificar bien el alcance de este nuevo patrón registrado en este último periodo.

Figura 6-103: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

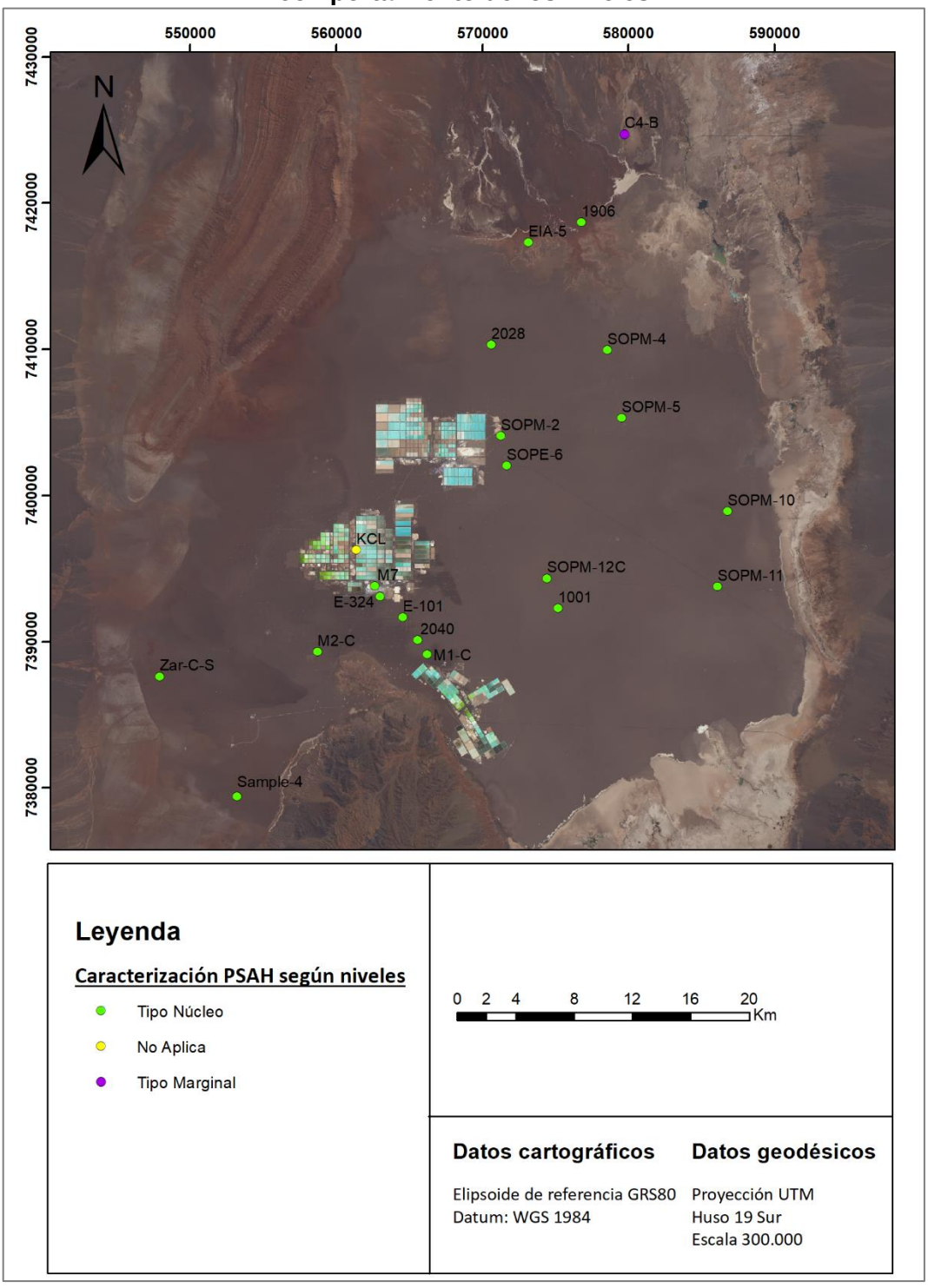


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.6 NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

En este capítulo se describe la infraestructura situada en el Núcleo, la que incluye también la estación meteorológica KCL (ver Figura 6-104).

Figura 6-104: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles



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

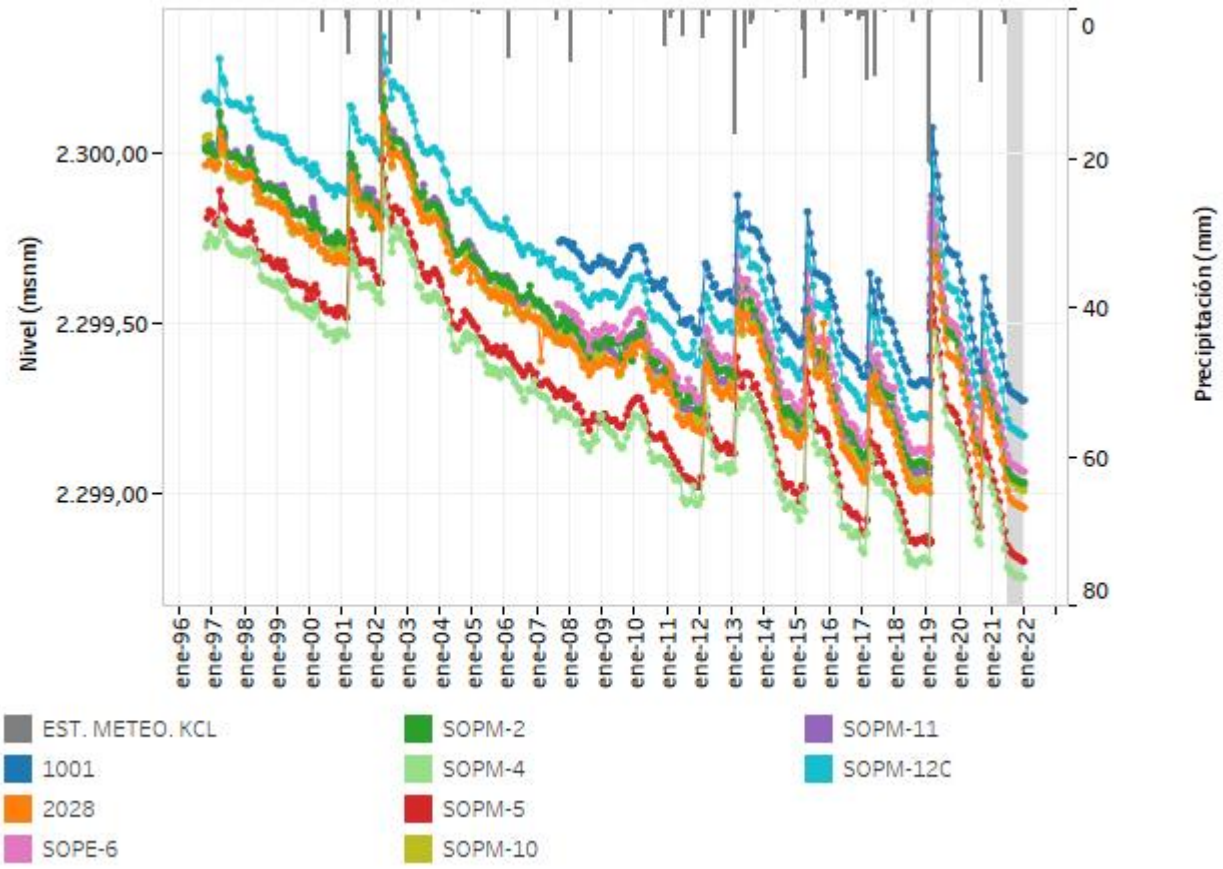
6.1.6.1 Niveles de agua subterránea

Los pozos que se encuentran ubicados en el sector Núcleo del Salar de Atacama (ver se han clasificado en grupos según su ubicación:

- 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. Se muestran en la Figura 6-105
- Pozos ubicados entre las pozas de SQM y de ALB: M7, E-324, E-101, 2040, M1-C. Se muestran en la Figura 6-106 y Figura 6-107
- Pozos ubicados al Oeste del salar: M2-C, Zar-C-S y Sample-4. Se muestran en la Figura 6-108
- Pozos ubicados al Norte del Salar: EIA-5, 1906 y C4-B. se muestran en la Figura 6-109 y Figura 6-110.

Respecto los puntos que se encuentran en el borde este del núcleo del salar (Figura 6-105) se observa que presentan el comportamiento asociado al núcleo de la misma forma que se ha identificado en todos los otros sistemas; los niveles muestran un descenso continuo que sólo recupera en los episodios de precipitación, ya que por la forma de la respuesta (ascenso inmediato y recuperación progresiva), esta agua llega en forma de recarga directa.

Figura 6-105: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

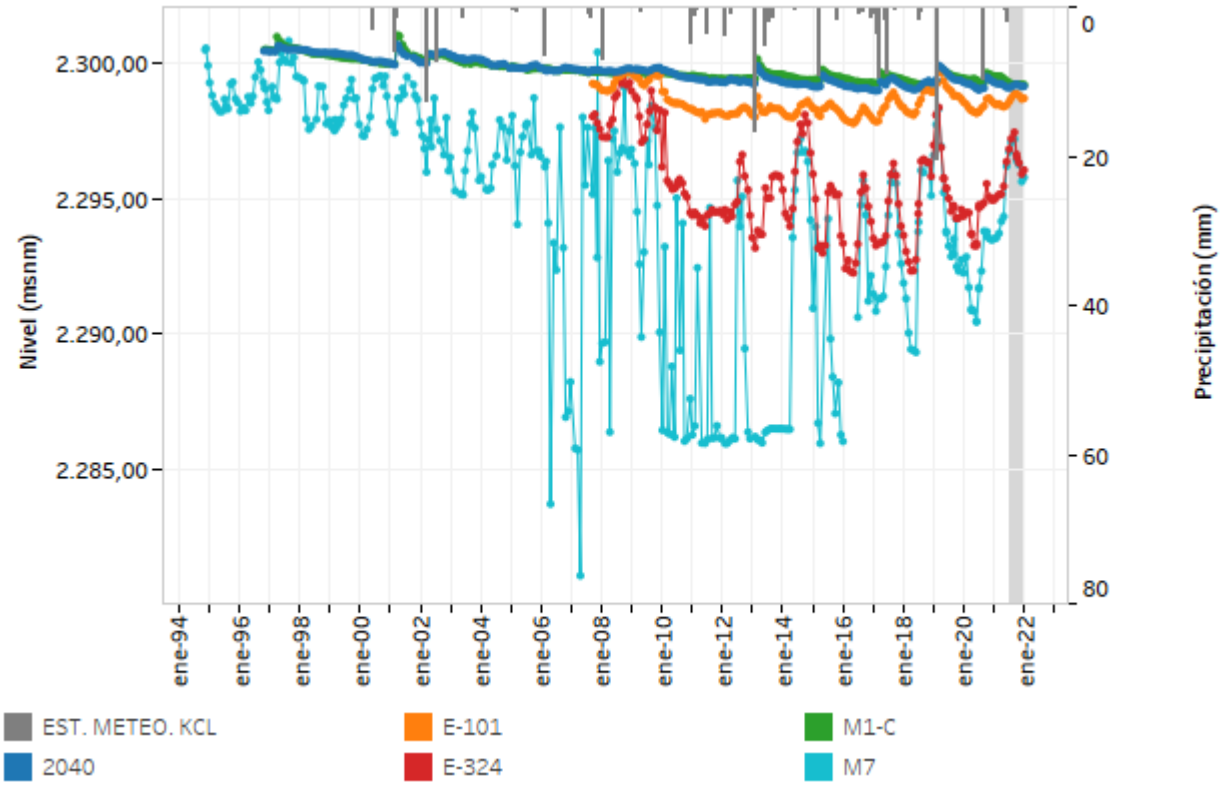
El siguiente grupo que se describe son los que se sitúan sobre la transecta entre las pozas de SQM y las de Albemarle y que, por tanto, parte se encuentra sobre el campo de pozos de producción de ese sector. Como puede verse en la Figura 6-106, los niveles de los puntos M7 y E-324, que son los que encuentran más cercanos a las pozas de SQM (se usa su ubicación a modo de referencia espacial), muestran claramente una relación con el manejo operativo de los pozos productivos.

El E-101 se ubica equidistante entre ambas pozas y el 2040 y M1-C son los más cercanos a las pozas de Albemarle; los niveles de éstos tres se muestran de nuevo en la Figura 6-107, que permite distinguir mejor sus comportamientos. Puede verse como el E-101 oscila de la misma forma que lo hacían los puntos 2040 y E-324, pero en menor proporción (amplitudes menores y nivel ubicado a una cota mayor), por lo que podría interpretarse que este pozo responde de forma residual al manejo operacional del campo de pozos. Y, finalmente, los

puntos 2040 y M1-C no estarían tan relacionadas al manejo operacional, pero muestran un comportamiento con una clara tendencia de descenso y con respuestas a los eventos de lluvia que estarían produciendo una recarga directa sobre esta área.

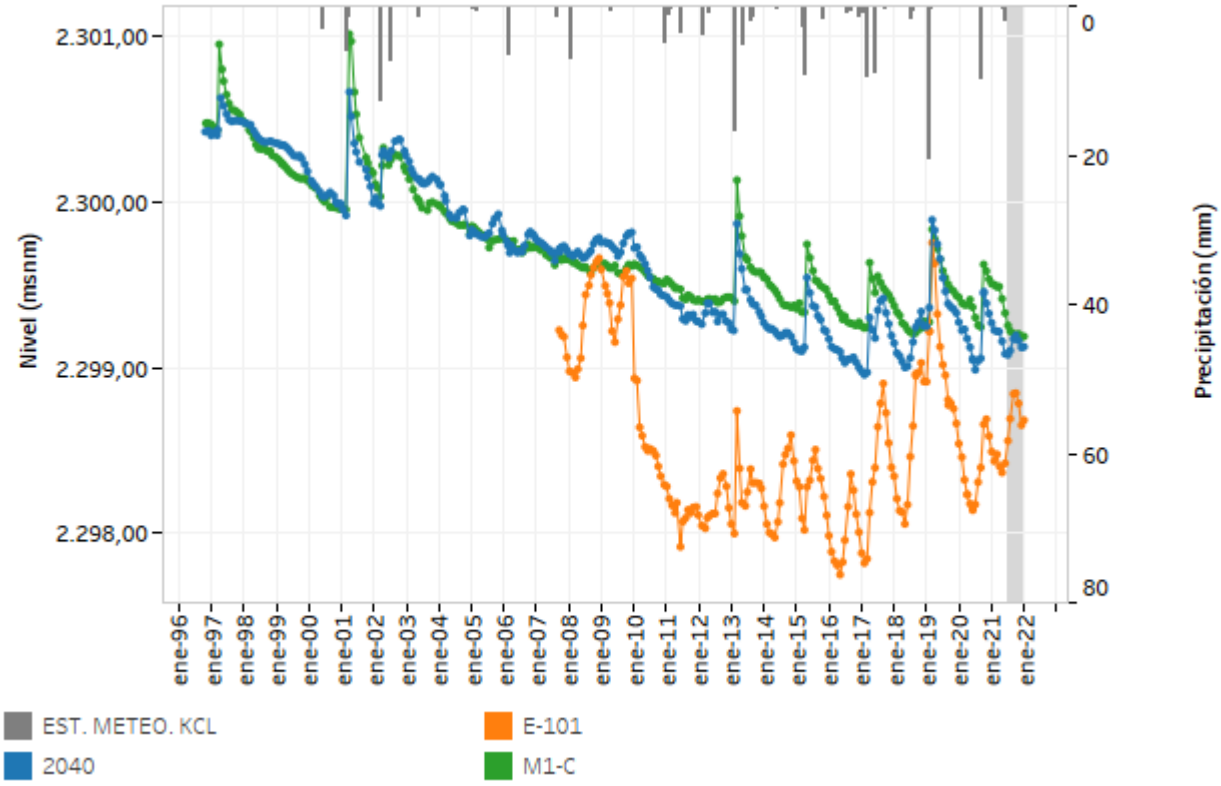
Las medidas para el segundo semestre de 2021 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-106: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-107: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle. Detalle para los puntos 2040, E-101 y M1-C



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

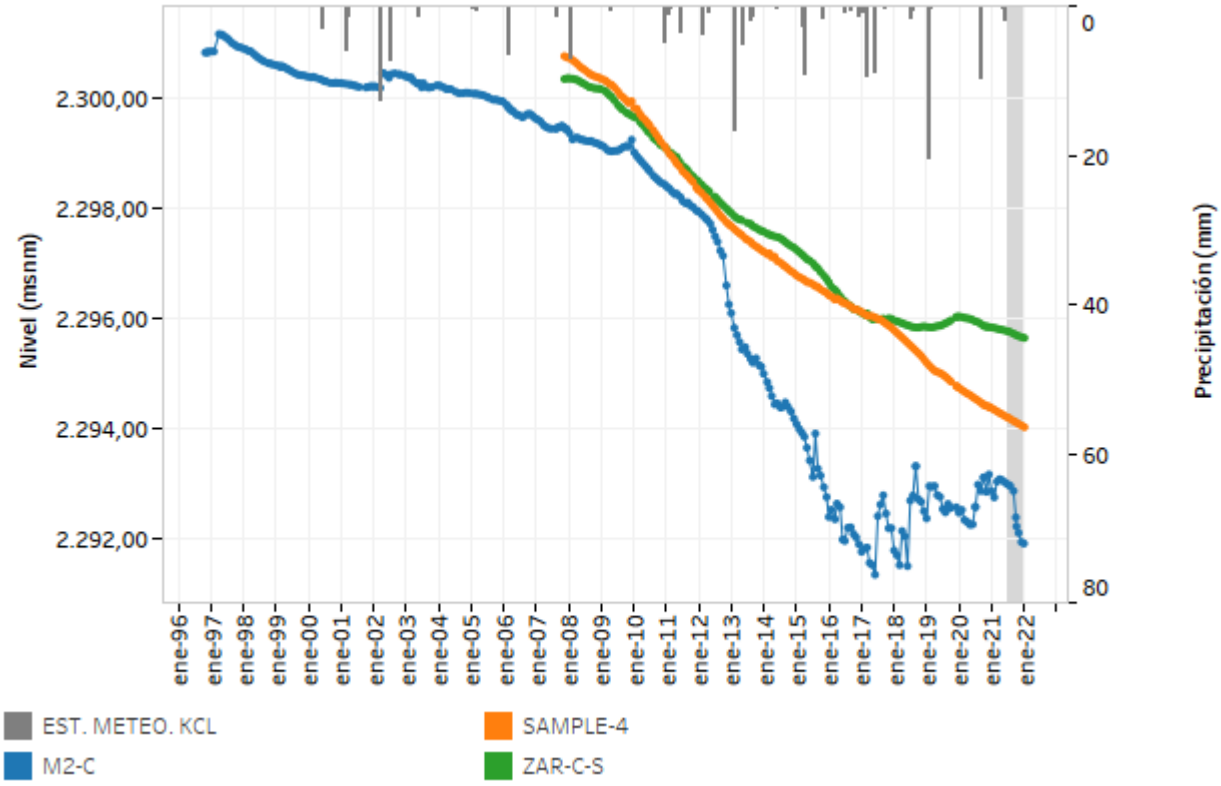
En el borde suroeste del núcleo, al oeste de la península de Chépica, se encuentran los puntos M2-C, Zar-C-S y Sample-4 (Figura 6-108). El M2-C es el que se encuentra más cercano al campo de pozos, por lo que, como se puede ver en la Figura 6-108, los niveles muestran una fuerte pendiente de descenso (112 cm/año de tasa promedio, medido entre abril de 2012- mayo de 2017), que a partir de mayo de 2017 cambia drásticamente hacia una tendencia ascendente (21 cm/año de tasa promedio, medido entre mayo de 2017- diciembre de 2020), junto con variaciones irregulares. Todo ello conduce a pensar que este punto se ve influenciado por el manejo operacional del campo de pozos cercano.

Los puntos Sample-4 y Zar-C-S se encuentran en el límite del salar; el primero al sur y cercano al límite rocoso, el segundo al oeste. Estos pozos muestran también clara tendencia de descenso, pero con cambios graduales en sus pendientes a lo largo de la data histórica. Esto lleva a concluir que estos niveles son respuesta del manejo operacional del campo de pozos pero de forma residual, como pulsos que se producen en un punto y se transmiten a través del acuífero del núcleo, dada la forma suavizada de los cambios de tendencia. A partir de

mayo de 2017, el Zar-C-S disminuye la tasa de descenso hasta el punto de que parece haber estabilizado los niveles en torno a los 2.295,93 m s.n.m., coincidiendo con el cambio de comportamiento descrito en el M2-C. En cambio, el Sample-4 mantiene el descenso incluso aumentando la pendiente a partir de ese mismo mes; desde entonces la tasa promedio es de 47,7 cm/año.

Las medidas para el segundo semestre de 2021 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-108: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Por último, los tres puntos que restan y que se encuentran al norte del núcleo del salar son el 1906, EIA-5 (ambos al sur del delta de San Pedro) y el C4-B (más cercano a la estación de Chaxa). Los niveles se muestran en la Figura 6-109 y puede verse como es de esperar que existan diferencias entre las cotas del 1906 y el EIA-5 con respecto el C4-B. Por este motivo, se muestra también la

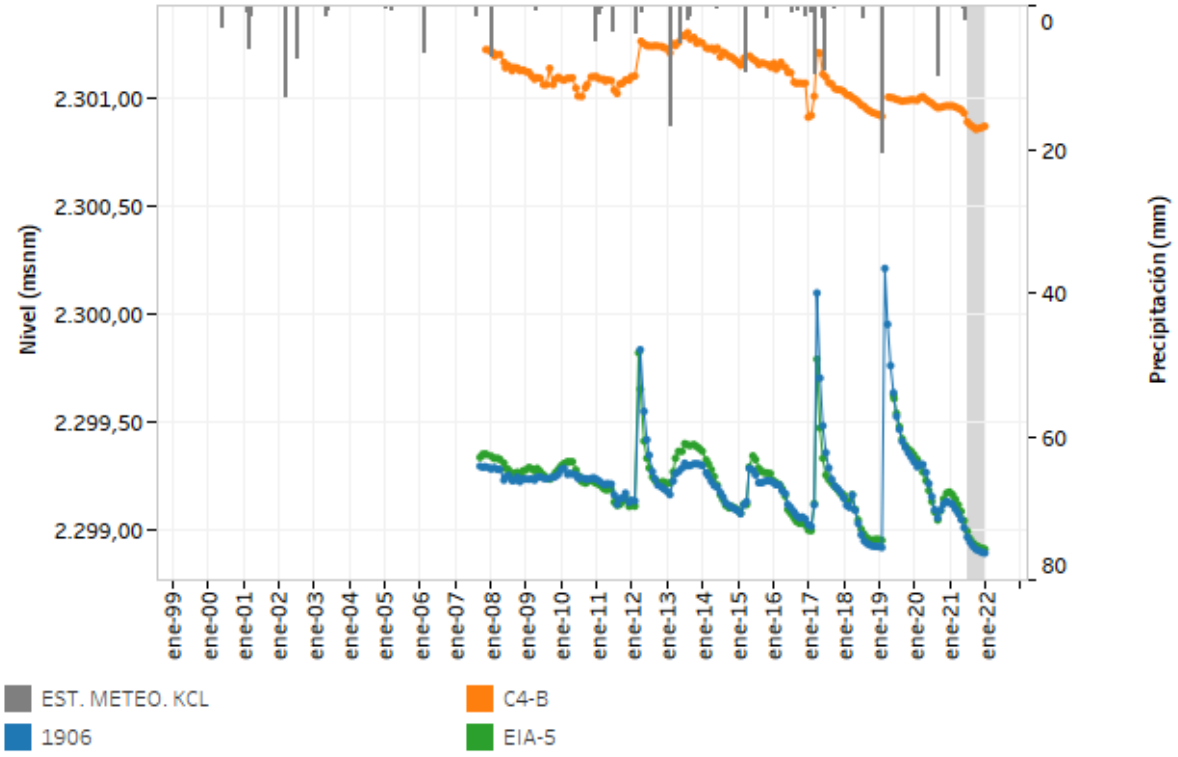
con los descensos calculados, lo que facilita el análisis.

Al observar la Figura 6-110 puede verse que la tendencia promedio de los tres puntos es similar y recuerda al comportamiento descrito para los pozos tipo Núcleo descritos en todos los sistemas, con la salvedad que el C4-B no está respondiendo de la misma forma a los eventos de lluvia (ascensos rápidos de nivel y recuperaciones prolongadas en el tiempo).

En el caso del 1906 y EIA-5, en el primer semestre de 2021 se observaba la recuperación (descenso) posterior al evento de lluvia de agosto 2020, y para el segundo semestre 2021 se puede comprobar como cambia la pendiente de descenso siendo ésta más suave, debido a que, tal y como se ha observado en todos los pozos relacionados con el comportamiento del núcleo de los otros sistemas, estos puntos han superado ya el efecto producido por el evento de lluvia para empezar a reproducir el descenso característico del acuífero del núcleo.

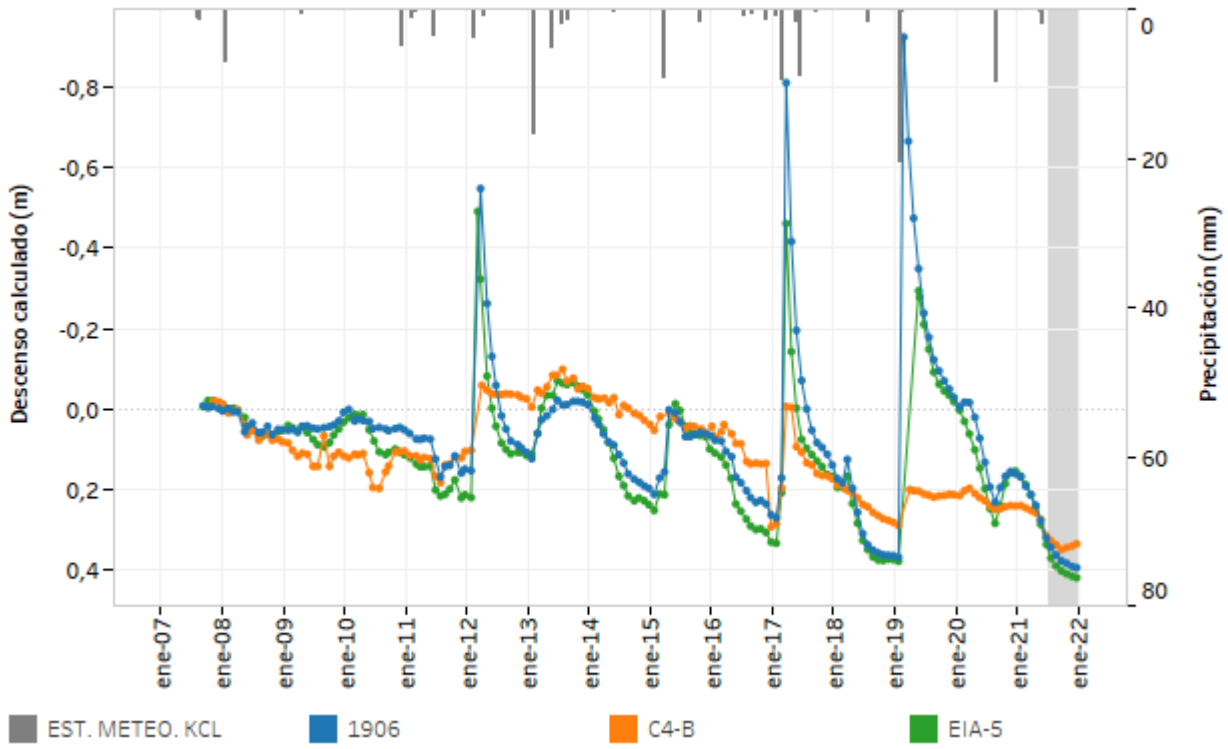
En el caso del C4-B se observa en este segundo semestre 2021 una especie de mínimo, pero que por su forma y antecedentes históricos no se relaciona con un ciclo estacional. Cabe mencionar que este pozo se encuentra al norte completamente del núcleo del salar, sobre la zona marginal, es esperable que este punto mantenga la misma tendencia de descenso promedio que viene registrando desde 2013.

Figura 6-109: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Figura 6-110: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia.

6.1.6.2 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación KCL considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, desde el inicio del proyecto (Figura 6-111). Es importante mencionar que la precipitación, evaporación y temperatura son variables que condicionan el comportamiento de los niveles de los pozos asociado al sistema del PSAH.

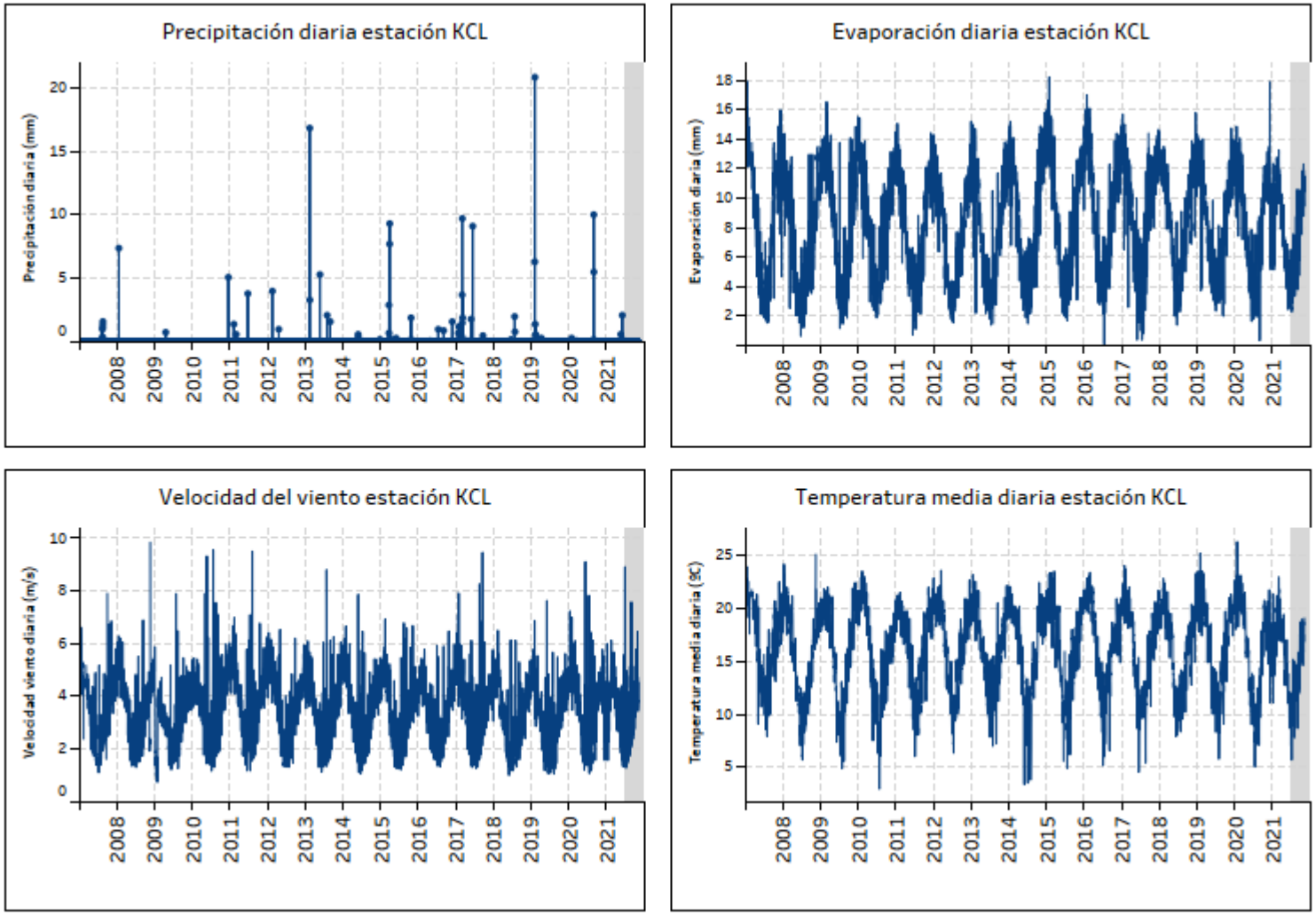
A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos de evaporación y temperatura en el verano.

La precipitación histórica, por su parte, muestra un cambio de tendencias en el tiempo, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. Durante 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 día 14 de enero del 2008. Posterior a esta fecha, desde enero de 2013 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Lo anterior ocurre

principalmente en el primer trimestre de los años 2013, 2015, 2017 y 2019, alcanzando un máximo de 20,8 mm el día 31 de enero de 2019.

Cabe señalar que los niveles de los pozos ubicados en el Sector Núcleo del Salar de Atacama están fuertemente influenciados por las precipitaciones. Esto debido a que la napa freática se encuentra más próxima a la superficie. De este modo, los niveles se recuperan rápidamente con eventos de precipitación.

Figura 6-111: Estación meteorológica KCL



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.3 Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 2021 en el Sistema Núcleo, en comparación con su evolución histórica (pozos SOPM-12C y 1001). 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 los pozos SOPM-12C y 1001 se presenta en la Figura 6-112 y Figura 6-113, respectivamente[73, 74].

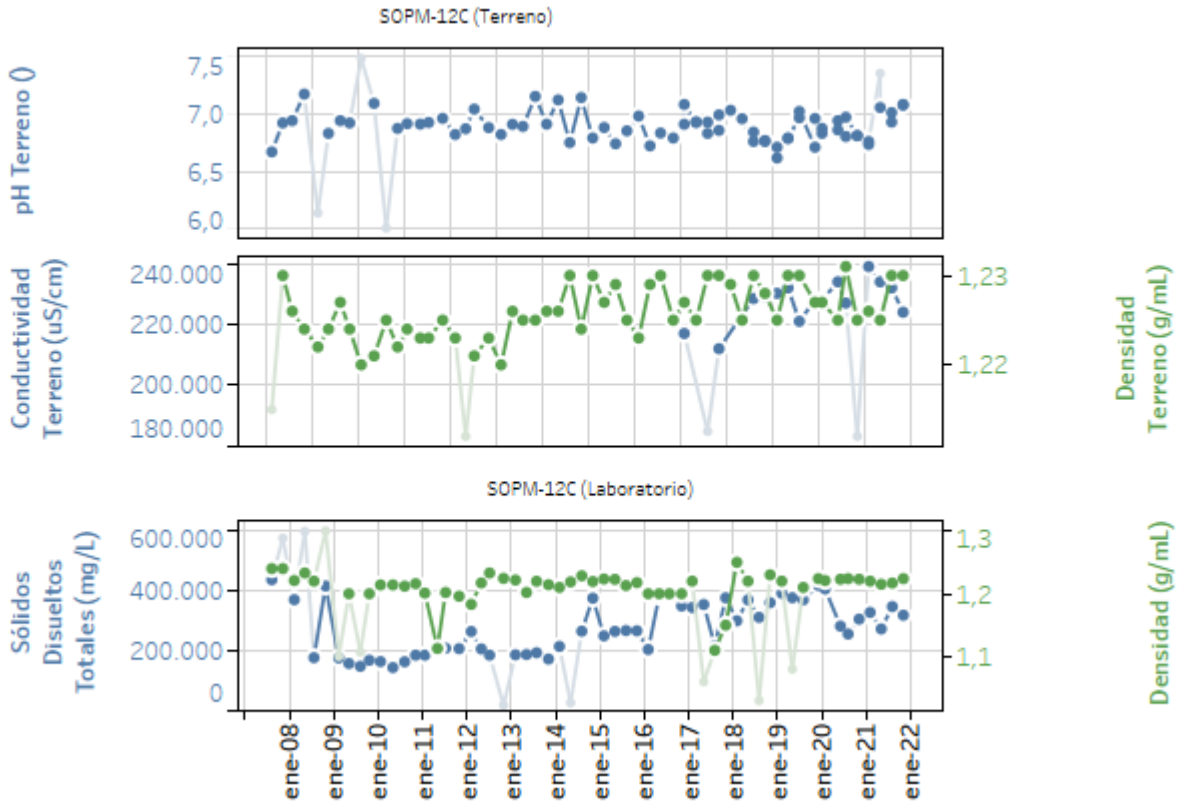
Para los puntos del Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo se ha registrado una alta CE en torno a 230.000 µS/cm (característico de salmueras), y pH neutro (cercano a 7).

Los resultados del semestre se encuentran para todos los parámetros dentro del registro histórico, con dos excepciones en el punto 1001: densidad de terreno baja en octubre, y pH terreno levemente más alto en ambos meses. La medición de densidad en terreno no se condice con la de laboratorio, por lo que podría considerarse un *outlier* y las mediciones de pH en terreno muestran un leve aumento de 7,5 a 7,66 que en los resultados de enero se ha comprobado que se encuentra en valores próximos a 7,5.

[73] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

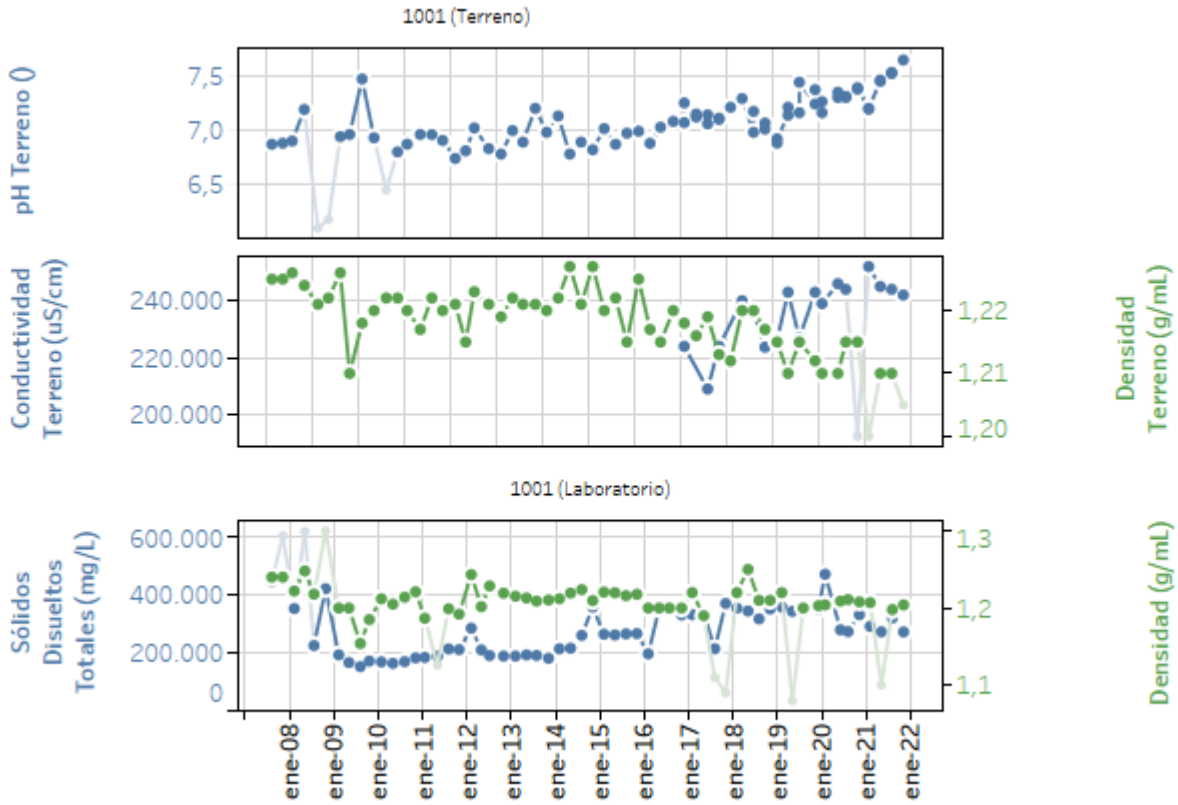
[74] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder. (Esta carta se presenta en el Anexo 10.2 del informe PSAH 27).

Figura 6-112: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-113: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001



Fuente: Elaboración propia.

6.1.7 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 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 ellos están localizados 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 junto con los pozos del sistema Peine, por lo que no se mostrarán de nuevo en este capítulo.

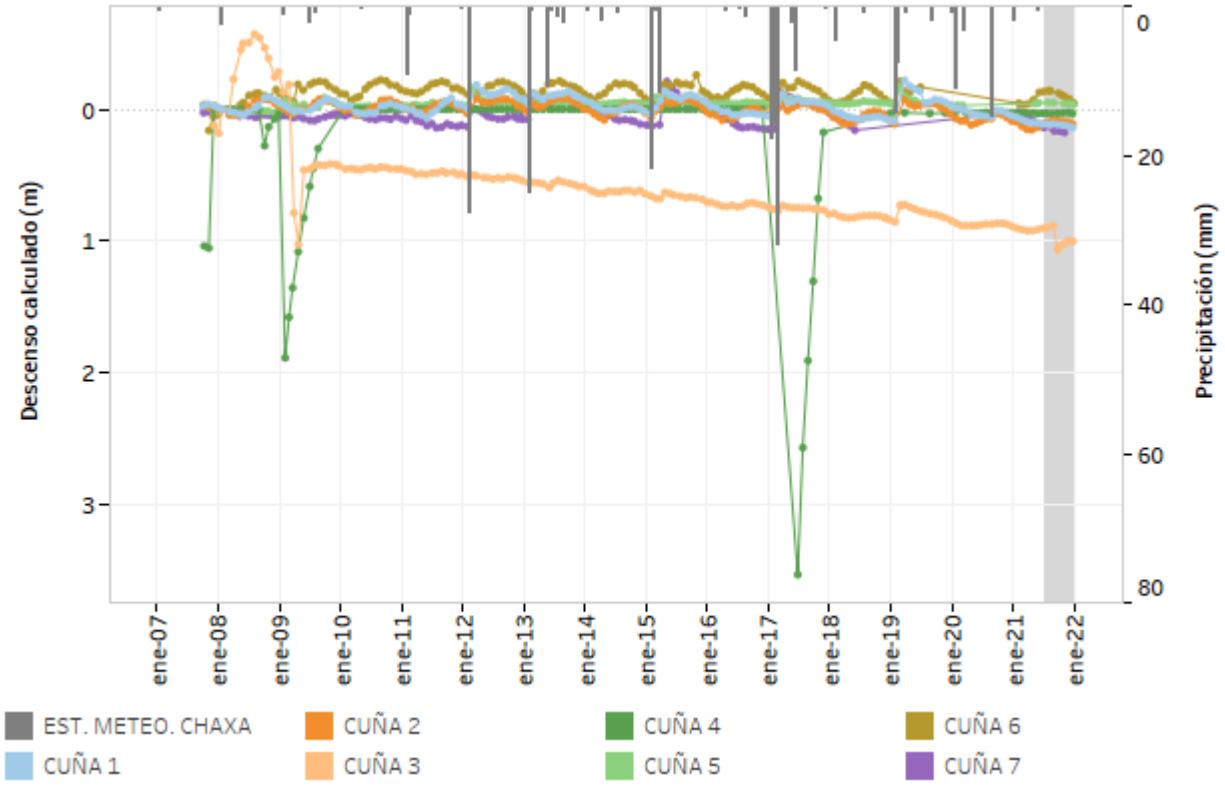
En la Figura 6-114 se muestran los descensos calculados de los puntos Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6 y Cuña 7, ya que existen diferencias entre las cotas de los niveles de este grupo que no permiten visualizar bien los comportamientos a describir. En la Figura 6-115 se muestran de nuevo los descensos calculados sin el Cuña 4, puesto que en 2009 y 2017 reprodujo unos fuertes descensos que se alejan de la escala de los descensos de los otros pozos y no permite que sean analizados con el detalle suficiente.

En el sistema Soncor se encuentra los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3, los dos primeros situados 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. Los pozos Cuña 1 y Cuña 2 muestran una cierta oscilación estacional que parece residual ya que es poco regular y además se ve influenciada por los eventos de precipitación (ver Figura 6-115), presentan tasas de descenso muy leves; 0,6 cm/año el Cuña 2 y 0,2 cm/año el Cuña 1 (calculado para el periodo enero 2008 – diciembre 2020). El Cuña 3 muestra una mayor tasa de descenso que los anteriores pozos (ver Figura 6-115); de 4,5 cm/año (calculado para el periodo mayo 2009 – enero 2019), que por otro lado es esperable pues los pozos situados sobre el aluvial muestren este tipo de comportamiento. Con los datos obtenidos en el segundo semestre 2021, puede verse como el comportamiento descrito se mantiene para los tres puntos.

En el sistema Aguas de Quelana se encuentran los pozos Cuña 4 y Cuña 5, los dos al borde oeste del acuífero aluvial, cercanos a la zona marginal. El Cuña 4 muestra un comportamiento anómalo en sus niveles que ya se ha mencionado anteriormente (ver Figura 6-114). El Cuña 5 se muestra con una muy leve tasa de ascenso constante desde enero de 2009 (0,27 cm/año calculado entre enero 2009 y diciembre 2020), con también leves respuestas frente los episodios de precipitación. Para este pozo se retomó las visitas en mayo (2021), ya que llevaba desde febrero 2020 si medirse, y en el segundo semestre de 2021 se ha logrado visitar regularmente; se observa que los niveles recientemente registrados darían cuenta de que este pozo parece haberse estabilizado alrededor de la cota 2.301,16 msnm, lo que significaría un cambio en la dinámica de este pozo. Será necesario revisar las mediciones de los próximos meses para verificar este cambio.

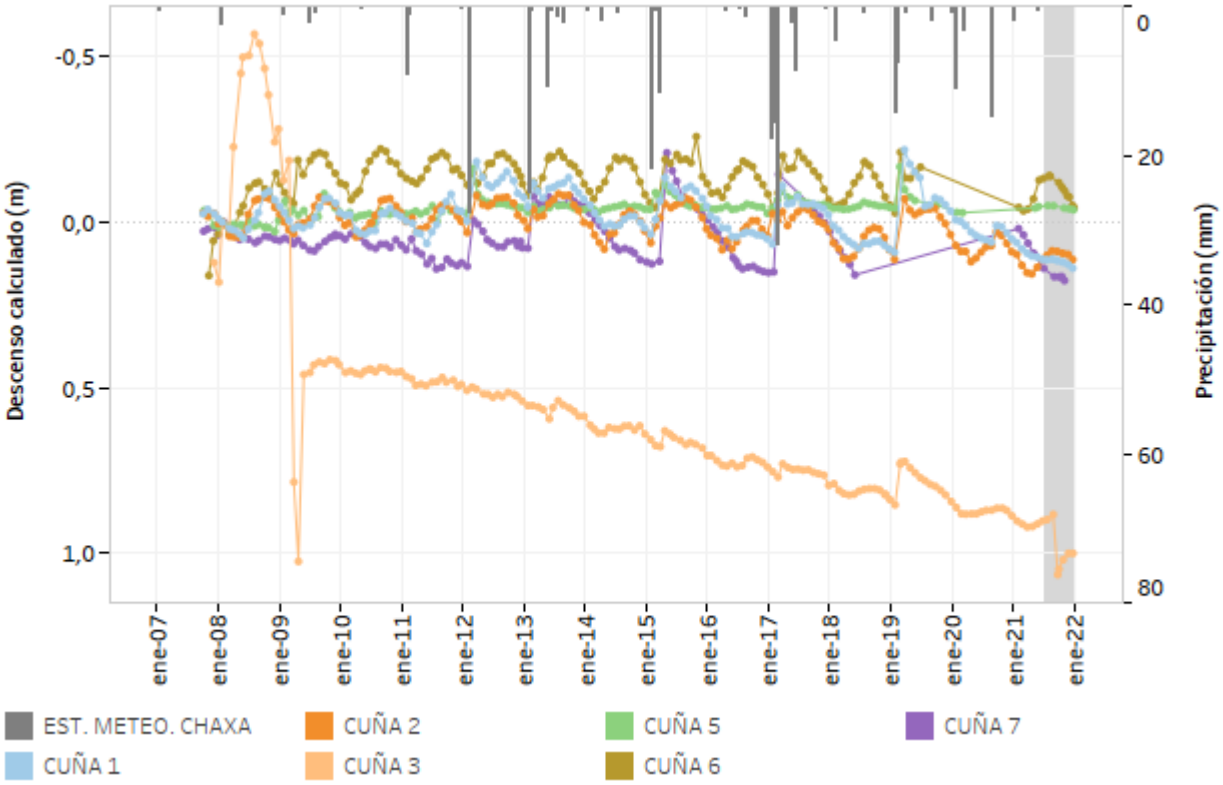
En el sistema Peine los pozos tipo cuña presentes son el Cuña 6 y Cuña 7. El primero se encuentra al borde este del acuífero aluvial, muy próximo a la zona marginal. Los niveles se ven oscilantes y sin una clara tendencia de ascenso o descenso (ver Figura 6-114) El Cuña 7 se encuentra en el extremo de la zona marginal y de la misma forma que el resto de los pozos en esa área, los niveles muestran un comportamiento típico del núcleo, con una fuerte respuesta a la lluvia y una tasa de descenso subyacente (o también llamado “entre lluvias”). Recién en el primer semestre 2021 se han retomaron las vistas a estos puntos, puesto que llevaban sin ser medidos desde junio 2019 en el caso del Cuña 6 y desde mayo 2018 en el caso del Cuña 7. Las mediciones registradas en el segundo semestre se encuentran dentro del rango de cotas del registro histórico de estos puntos y además mostrando la tendencia esperada en cada caso, por lo que parece que se mantienen estables en el comportamiento anteriormente descrito.

Figura 6-114: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-115: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 2)



Fuente: Elaboración propia

6.1.7.2 Perfiles de conductividad

En los pozos de la cuña salina se monitorean los perfiles de CE. Estos ayudan a determinar la posición de la interfaz salina originada por la mezcla entre los acuíferos del núcleo y aluviales. Adicionalmente a los pozos de cuña salina, también se cuenta con mediciones de perfiles de CE en el pozo L10-1 (del sistema Peine, zona aluvial)[75]. De acuerdo con la ubicación de los pozos en los distintos sistemas se van a agrupar para el análisis de la siguiente manera:

[75] Como se señaló en el Capítulo 5, durante el primer semestre de 2021 no fue posible realizar el monitoreo del perfil de CE en el pozo Cuña 5 debido a que no se permitió el ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos.

- Pozos Soncor (borde norte de la interfaz): Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3.
- Pozos Aguas de Quelana (borde central de la interfaz): Cuña 4, Cuña 5 y L4-3.
- Pozos Peine (borde sur de la interfaz): Cuña 6, Cuña 7 y L10-1.

La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6-116. En ella se observa que el punto Cuña 1 (ranurado entre 2-22 m) y Cuña 2 (ranurado entre 4-22 m), presentan valores de conductividad superiores a 200 mS/cm, encontrándose al oeste de la zona donde aflora la interfaz salina. Esto indica que los flujos subterráneos en el área provendrían del núcleo del salar, no encontrándose aún con el acuífero de agua dulce-salobre del margen este. En cuanto a los registros temporales, en ambos casos se observa que la CE se mantienen superiores a 200 mS/cm, por lo que se interpreta que, durante todo el periodo de registros, en la zona y a la profundidad en la que éstos están habilitados, no se ha ubicado nunca la interfaz, encontrándose el afloramiento de la interfaz al Este de Cuña 2.

En el punto Cuña 3 se observan aguas de baja CE lo que indicaría que el inicio de la interfaz se encuentra entre los pozos Cuña 2 y Cuña 3. Este punto presenta su ranurado por debajo de los 120m[76]. Respecto a su evolución temporal, no se observan variaciones durante el periodo medido, solo se observa un cambio el primer semestre de 2009, donde el estrato de menor CE disminuyó producto de un bombeo para toma de muestra, y un ascenso para los valores cercanos a 125 mS/cm desde 2014 hasta 2020, seguido de un descenso en las últimas mediciones a cotas similares a las anteriores a 2014. De todas formas, es necesario mencionar que, durante buena parte del periodo monitoreado, este pozo ha mostrado ser surgente, lo que complica la interpretación de los resultados. Puede verse que la profundidad a la que se encuentran los valores de conductividad próximos a 150-200mS/cm, dentro de la zona ranurada, se ha encontrado para todo el periodo en torno a los 130 metros, mostrando oscilaciones al alza y a la baja sin una tendencia sostenida para todo el periodo de monitoreo.

[76] Se ha confirmado esta profundidad para el ranurado en base al Strarter del pozo. En anteriores informes se había incurrido en un error de digitación al indicar que la profundidad del ranurado era de 102m.

Figura 6-116: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)

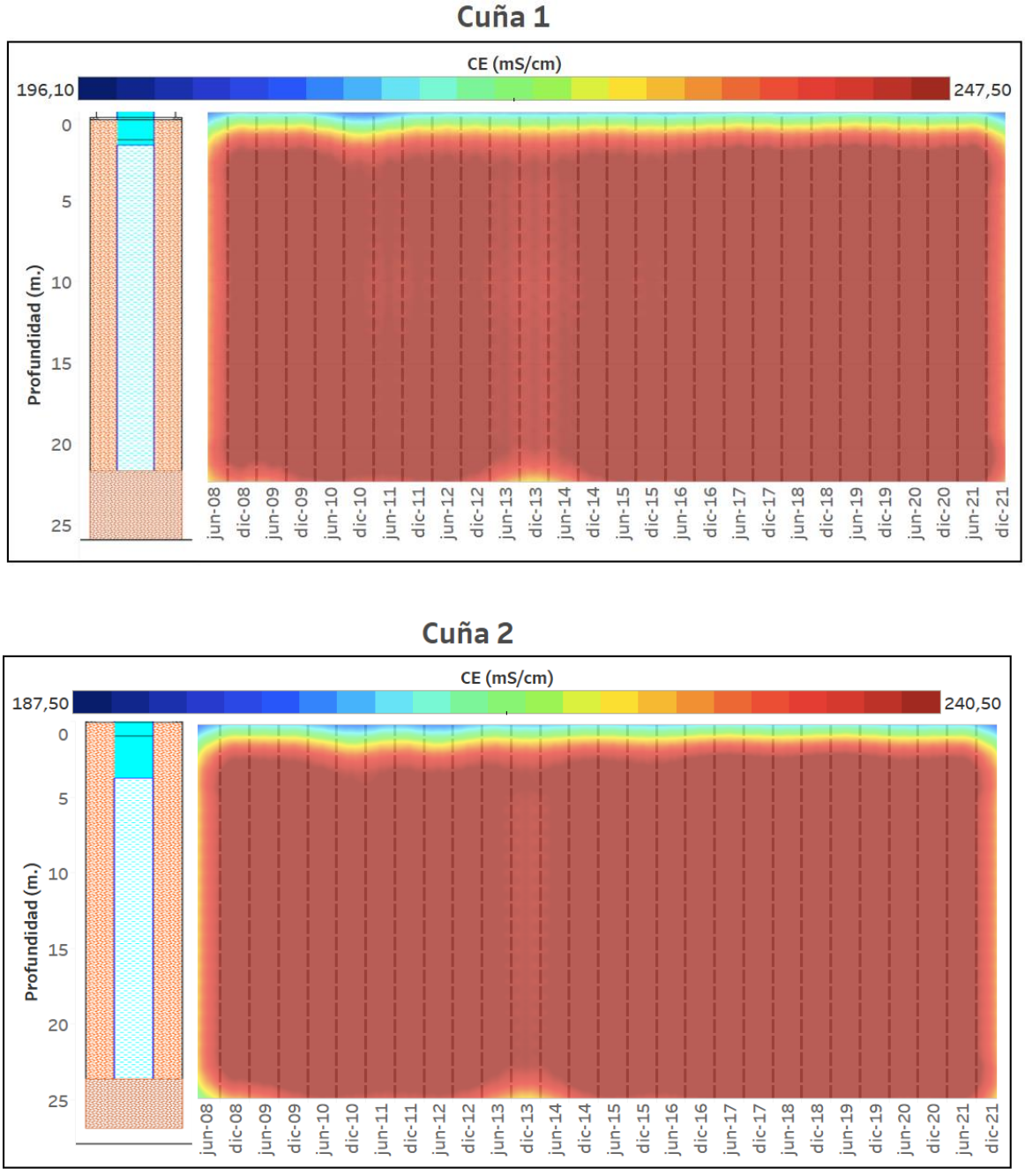
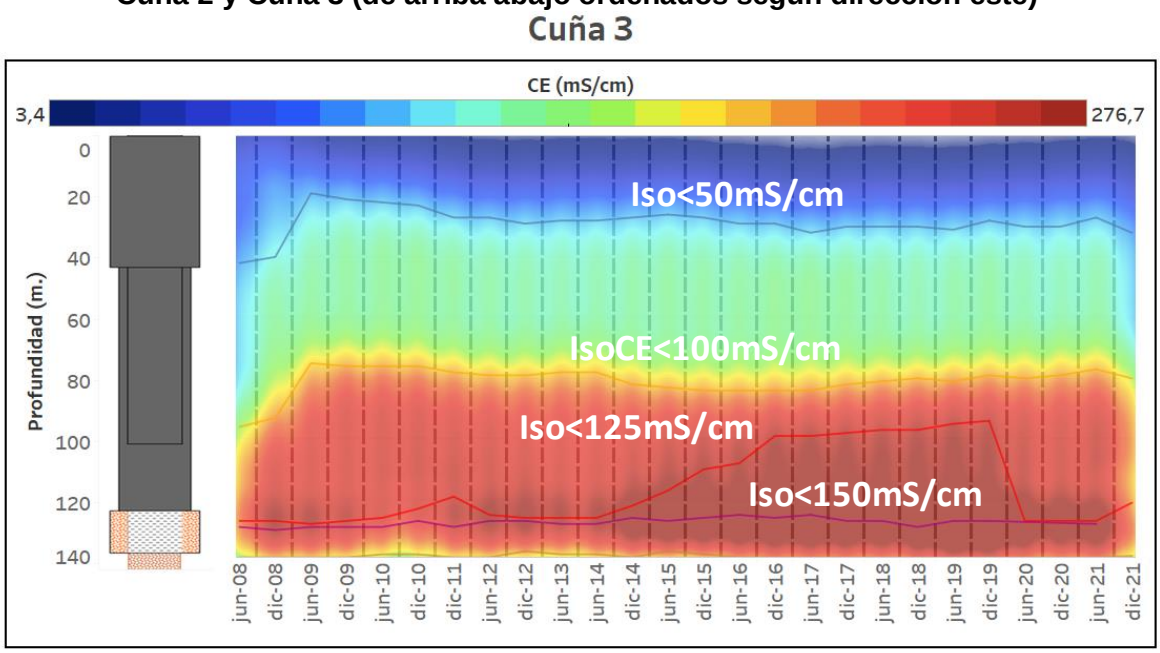


Figura 6-116 (Continuación): Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)



Fuente: Elaboración propia

La evolución histórica de los pozos en el sector de Aguas de Quelana se muestra en la Figura 6-117. En ella se observa que en el Cuña 5 el agua cercana a la superficie es de menor CE que la más profunda. De todos modos, esta última presenta también altos valores de CE lo que indica que la interfaz comienza a aflorar más al E.

Al avanzar hacia el este (Cuña 4), se observan menores valores de la CE en el fluido próximo a la superficie. Este punto tiene comportamiento surgente y su tramo ranurado comienza a los 64 metros. Se observa que la zona en que se produce el cambio a valores de mayor conductividad se ha mantenido estable en torno a los 55 m, sin mostrar tendencias al alza o a la baja.

En el punto más al este de Aguas de Quelana, L4-3, existe una interfaz definida, ubicada aproximadamente a 40 m de profundidad. El equilibrio de la interfaz se mantiene en el tiempo, con oscilaciones menores entre campañas, pero sin mostrar un comportamiento de tendencia.

Figura 6-117: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)

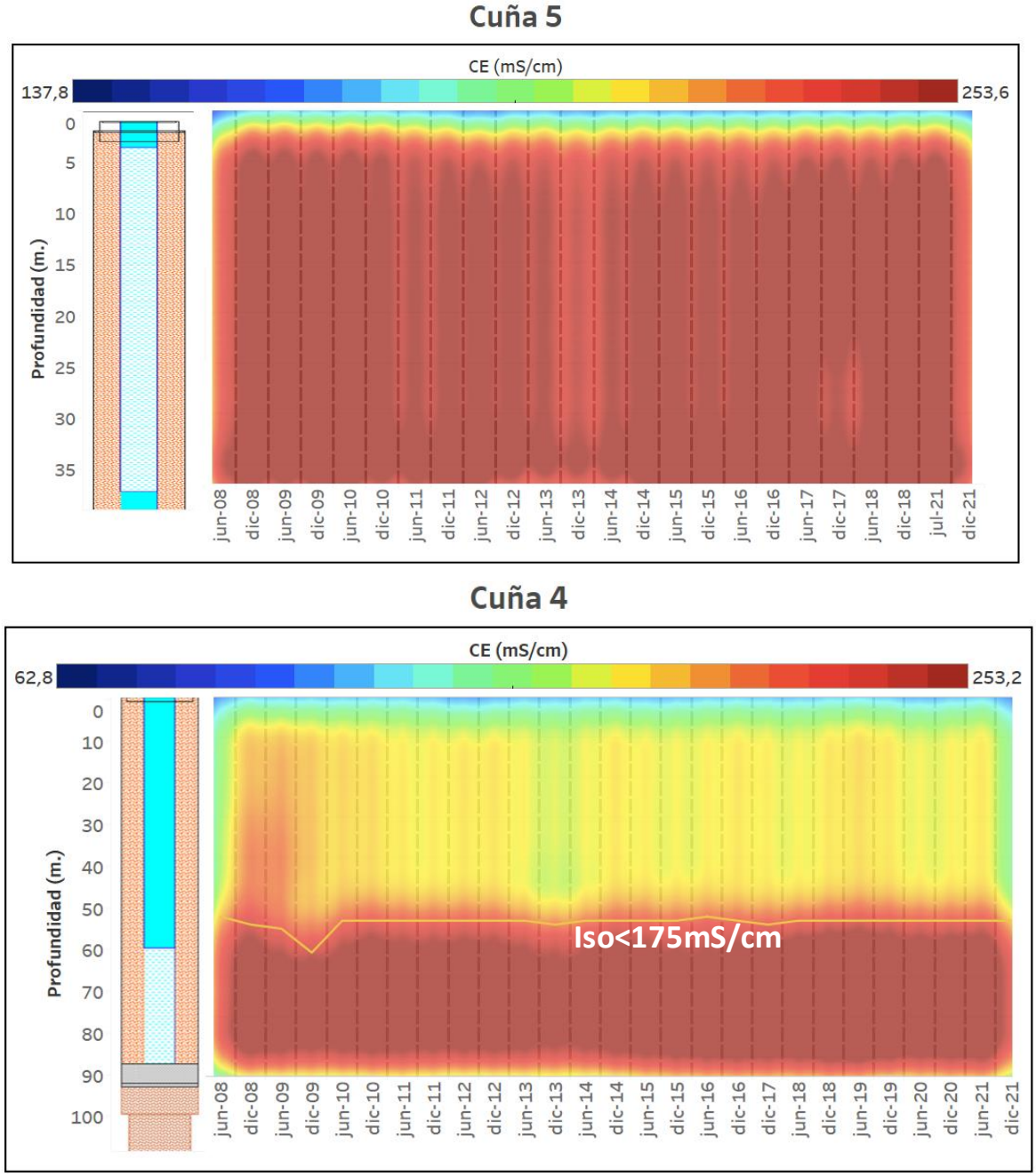
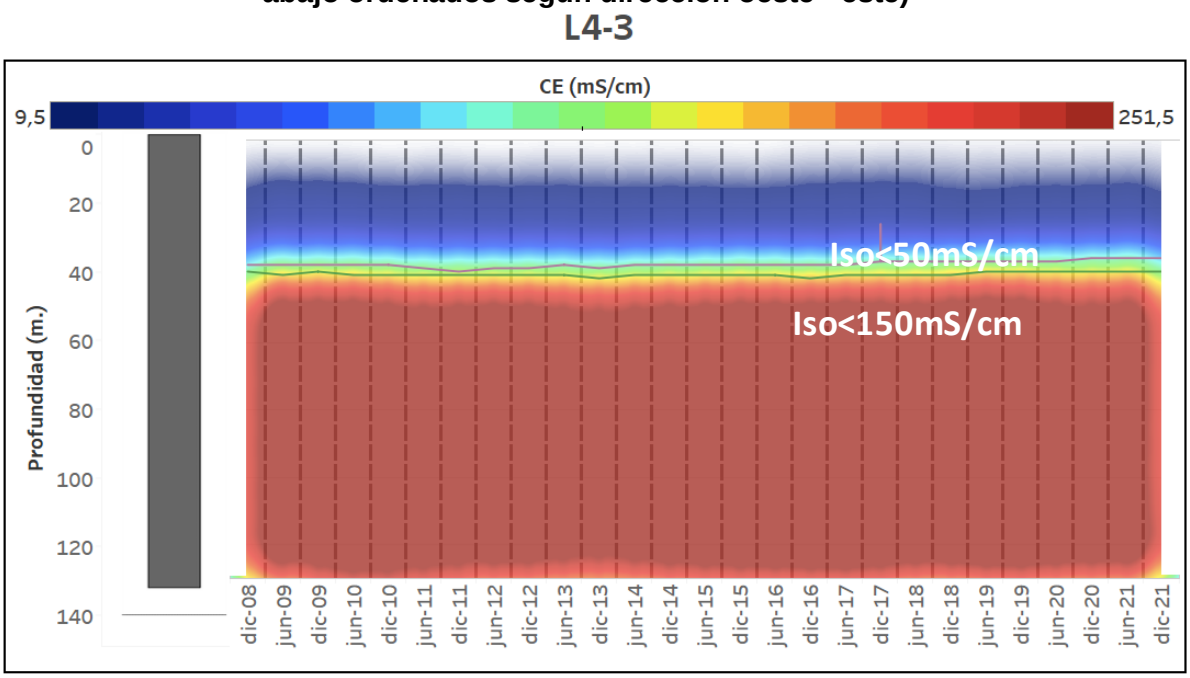


Figura 6-117 (Continuación): Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)



Fuente: Elaboración propia. Se quitan del gráfico algunos valores *outliers* y el perfil de junio 2008 por presentar anomalía en todo su desarrollo en L4-3.

Finalmente, la evolución histórica de los pozos del sur se muestra en la Figura 6-118. En ella se observa que en el pozo Cuña 7 el final del quiebre se encuentra cercano a la superficie. Siguiendo hacia el sureste, el pozo L10-1 es conocido que ha tenido características surgentes y con un ranurado comenzando en 74 metros. Se observa que los acuíferos ya están en contacto a una profundidad cercana a los 50 metros y donde cambian los valores de conductividad se ha mantenido estable en el tiempo. Cabe reseñar que la medición de la profundidad en la isolínea de 50mS/cm ha mostrado un cambio drástico en los muestreos del primer semestre. Este cambio en los valores de conductividad en los primeros 40 metros de profundidad es coherente con los cambios expuestos en los capítulos de análisis de niveles y calidad y se atribuye a una posible extracción en el acuífero aluvial.

En Cuña 6, se observa un mayor predominio del acuífero del margen. Aquí el mayor quiebre en los valores de conductividad se sitúa a una mayor profundidad: aproximadamente a 70 m desde la superficie. El equilibrio descrito no ha sufrido cambios en el tiempo, no observándose variaciones significativas en los perfiles de CE.

Figura 6-118: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)

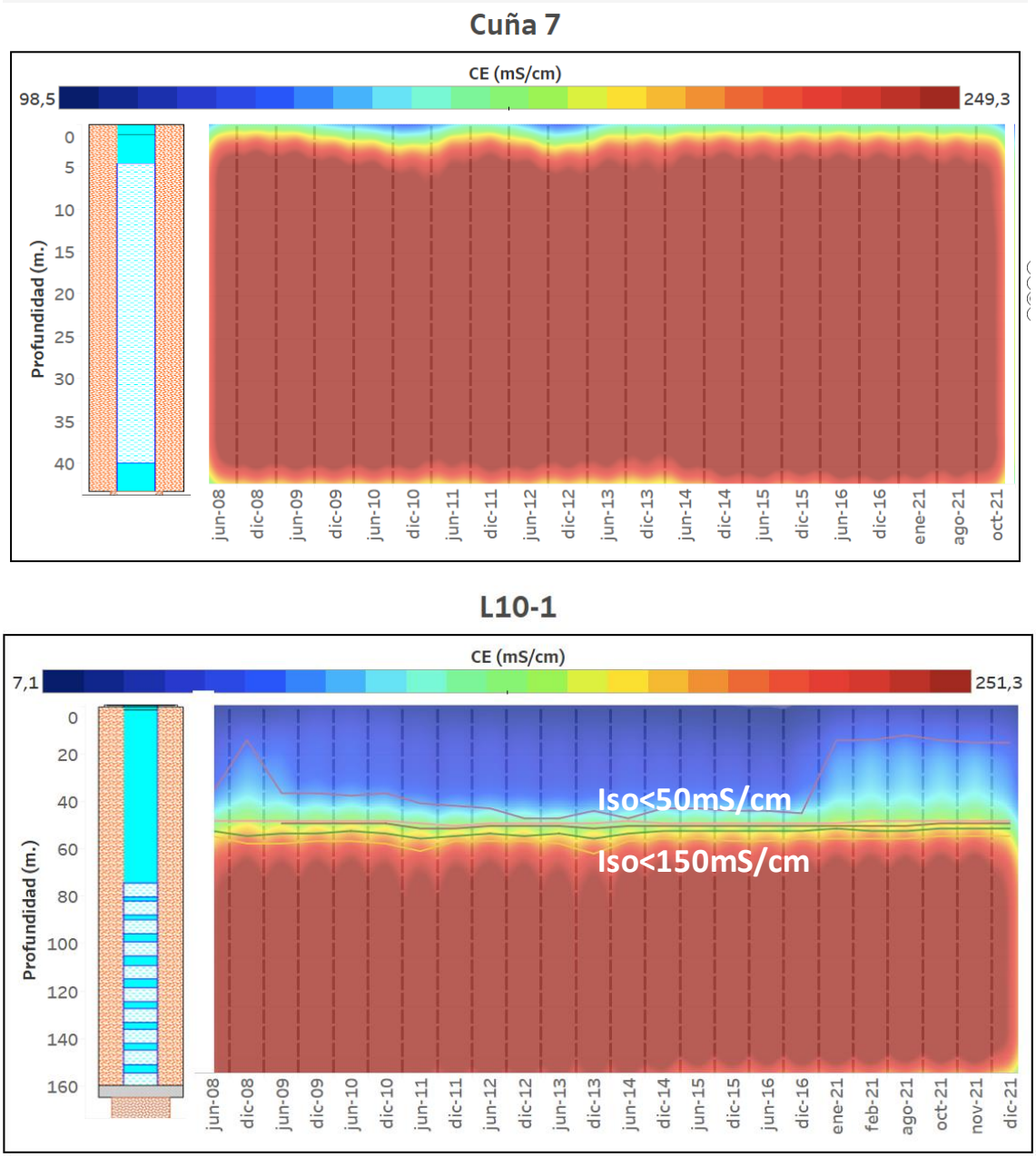
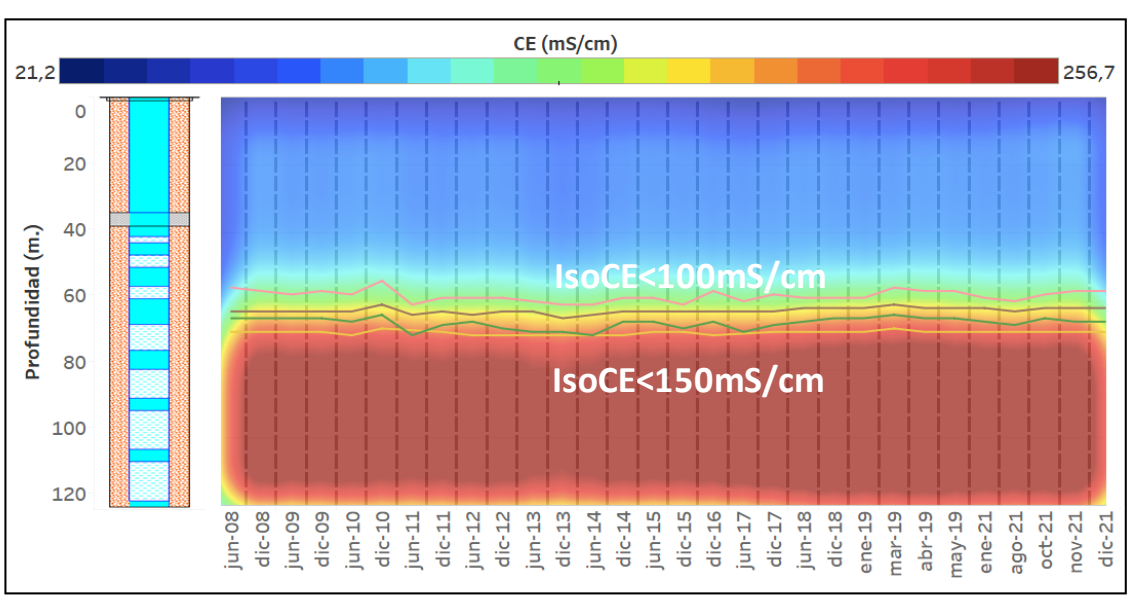


Figura 6-118 (Continuación): Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)



Fuente: Elaboración propia. Se ha eliminado el perfil de junio 2016, por tener resultados anómalos.

El único punto de monitoreo cuya calidad química se mide periódicamente en el Sistema Cuña Salina corresponde al pozo de monitoreo L10-1 (agua subterránea). Este pozo también es parte del seguimiento del Sistema Peine por lo que su evolución histórica se presenta y discute en la sección de análisis y discusión de los resultados (capítulo 6), sin observarse comportamientos de tendencia en los parámetros comprometidos. El punto L4-3 también cuenta con monitoreo de calidad, como parte del seguimiento en el sistema Aguas de Quelana y del Sistema Vegetación Borde Este, su evolución histórica fue presentada en la sección 6.2.2.

En el presente apartado se ha visto como la profundidad en la que se producen los quiebres de conductividad se ha mantenido estable en el tiempo con algunas variaciones menores y sin mostrar tendencias al alza o a la baja para los distintos puntos. Por ende, puede decirse que la posición de la interfaz no se ha visto afectada en el periodo monitoreado.

6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

De los 34 indicadores de estado evaluados como parte del Plan de Contingencia, durante el segundo semestre del año 2021 se presentan los estados de activación que corresponden, en este periodo, al Sistema Soncor y al Sistema Vegetación Borde Este – Brea Atriplex.

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.

6.2.1 SISTEMA SONCOR

De acuerdo con la RCA Nº226/2006 (considerandos 11.2.1 y 11.2.3), la Reglilla L1-G4 y el pozo L1-5 son los indicadores de estado para la Laguna Barros Negros por el bombeo de salmuera desde el núcleo del salar, mientras que el pozo L1-4 es el indicador de estado para la misma laguna, pero por el posible efecto proveniente de los pozos de agua industrial Mullay-1 y Allana. El pozo L7-4 es el indicador de estado para la Laguna Puilar por el bombeo del pozo Mullay-1 y Allana.

Respecto de los puntos Reglilla L1-G4 (Figura 6-119) y el L1-5 (Figura 6-120) se han descrito en el apartado 6.1.1(Análisis y discusión de los resultados del sistema Soncor) y se ha podido comprobar, a través del análisis de sus niveles y de los puntos vecinos, cómo desde 2012 estos pozos ya no volvieron a recibir de forma regular los aportes en forma de recarga directa proveniente de los desbordes de la laguna Barros Negros por lo que desde entonces reproducen el descenso propio del acuífero en ese sector, con constante tasa de descenso y respuesta inmediata a los episodios de precipitación.

Tal y como se describe en el apartado de resultados del Plan de Contingencias (5.2) se activó la Fase II de los indicadores L1-G4 Reglilla el 10 de abril (2021) y del L1-5 el día 23 de abril (2021). Tal y como se preveía, ambos puntos se encontraban en la etapa de estabilización posterior al evento de lluvia de agosto 2020, por el que el descenso terminó superando el límite de la Fase II en ambos casos. Según el informe de investigación y como se viene observando desde 2018, el motivo que ha llevado a la activación en estos casos responde a que estos pozos vienen comportándose como un pozo de tipo núcleo desde que no están recibiendo los aportes del

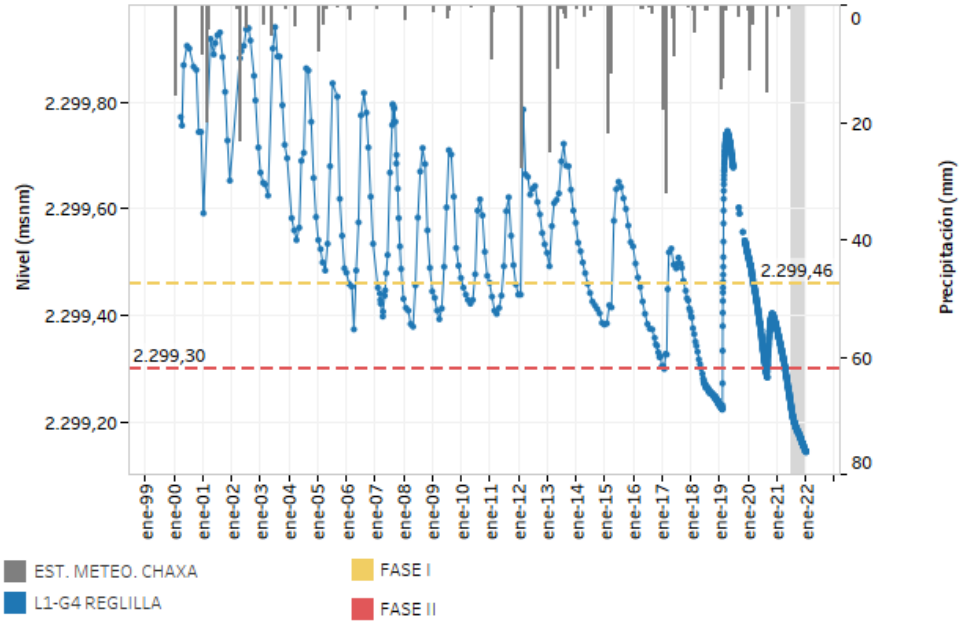
desborde de la laguna Barros Negros a través del sector de Cola de Pez. Como se ha mencionado en varias ocasiones, este patrón no se identificó en el momento de la elaboración de la RCA 226/2006, ya que se preveía que estos pozos reproducían la dinámica propia de la recarga del cuerpo lagunar.

Durante el segundo semestre de 2021, así como también hasta la fecha de la elaboración de este informe, ambos indicadores se mantienen con la Fase II activada, y no es previsible que puedan llegar a desactivar hasta que no se produzca un nuevo evento de precipitación.

De esta forma, dados los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación efectuada con motivo de la activación de Fase II en mayo de 2018 de estos mismos puntos (IDAEA-CSIC, 2018) que permitieron concluir que la causa principal de activación correspondió al cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros y no al efecto de las extracciones de salmuera efectuado por SQM en el salar, es que se deduce que los actuales indicadores de estado, L1-5 y L1-G4, no son eficaces para anticipar potenciales efectos sobre el sistema objeto de protección producto de las extracciones de salmuera en el núcleo, siendo recomendable proceder a una actualización del plan de contingencias, de modo de contar con indicadores de estado que correspondan a los puntos más idóneos para estos efectos[77].

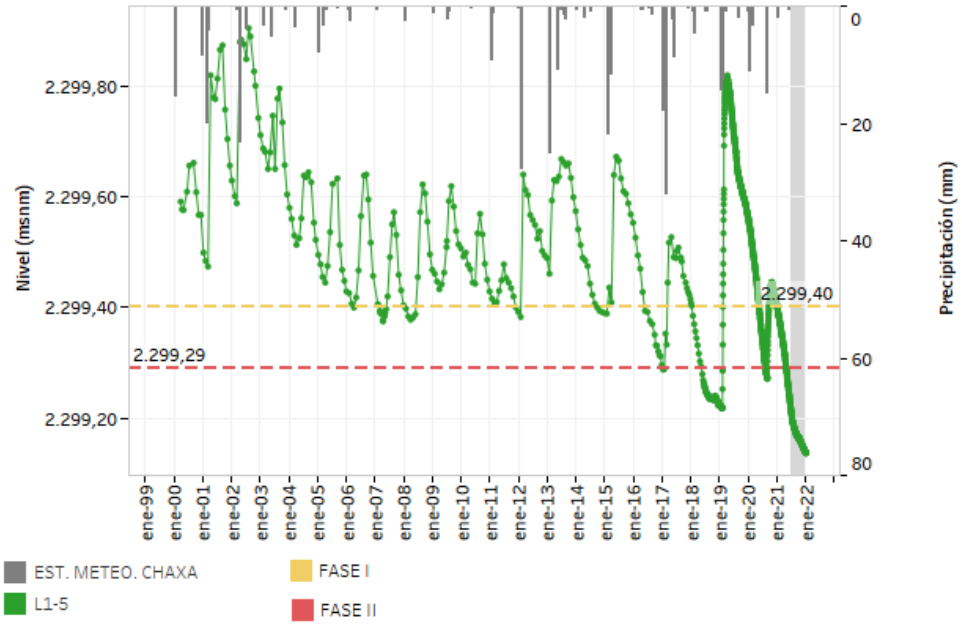
[77] Precisamente, el Estudio de Impacto Ambiental comprometido en el marco de la propuesta de Programa de Cumplimiento presentada en el procedimiento sancionatorio F-041-2016 incluye una actualización del Plan de Contingencias (”Plan de Alerta Temprana”), el que considera la revisión de los indicadores de estado asociados al Sistema Soncor.

Figura 6-119: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-120: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia

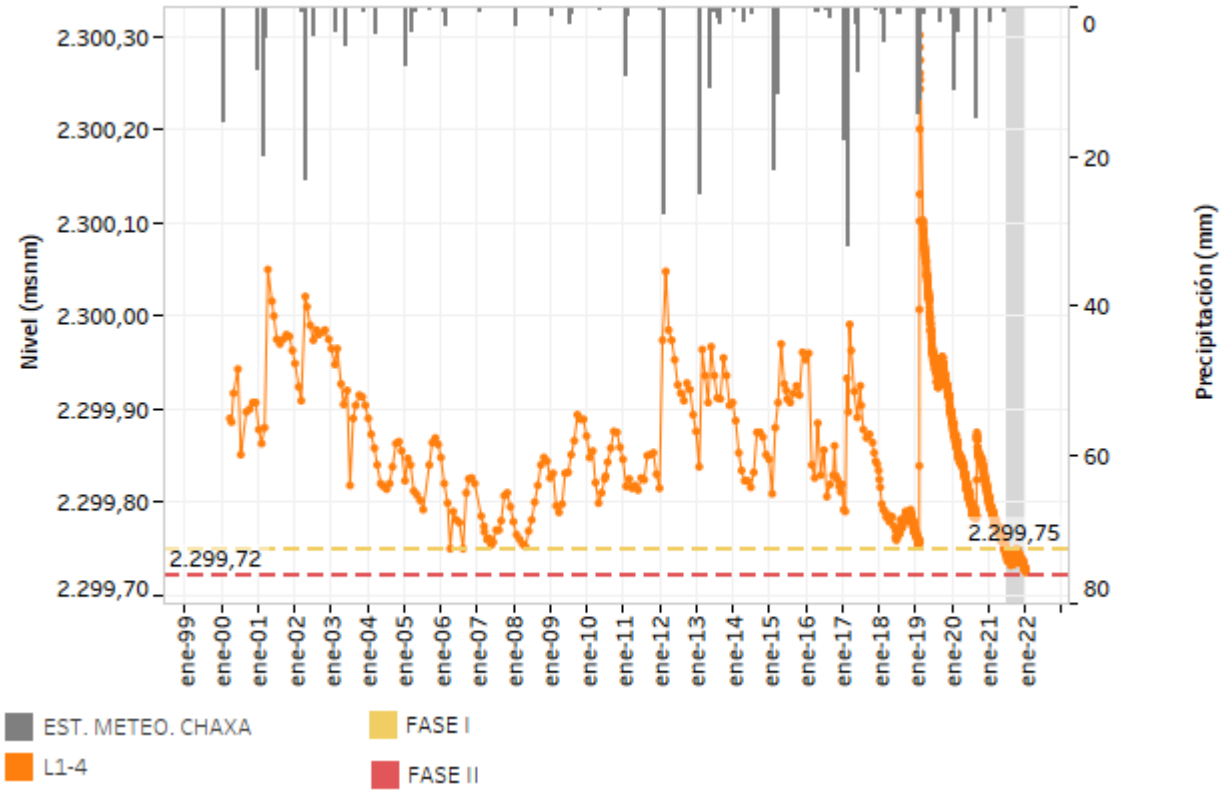


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Por su parte, el punto L1-4 (Figura 6-121) se ha analizado en el apartado 6.1.1 (Análisis y discusión de los resultados del sistema Soncor) y se ha podido comprobar que los niveles en este punto muestran un comportamiento propio de la zona marginal (relacionado con la interfaz salina y los ciclos de evaporación), pero con influencia del cuerpo de agua superficial de Barros Negros. Este punto, a partir de 2012, tiene una leve tendencia de descenso cuando se observan los mínimos de las oscilaciones (1,6 cm/año) y se muestra influenciado por la recarga directa de los episodios de lluvia.

Durante el primer semestre de 2021, reproduce la recuperación (descenso) respecto de la precipitación de agosto 2020 y durante este descenso, se ha producido la activación de la Fase I del PC, concretamente el día 5 de junio (2021), hecho que se mantiene durante el resto del segundo semestre con un leve ascenso durante septiembre alcanzando cotas de 2299,75 m.s.n.m; no logrando, entonces superar el umbral de Fase I.

Figura 6-121: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia

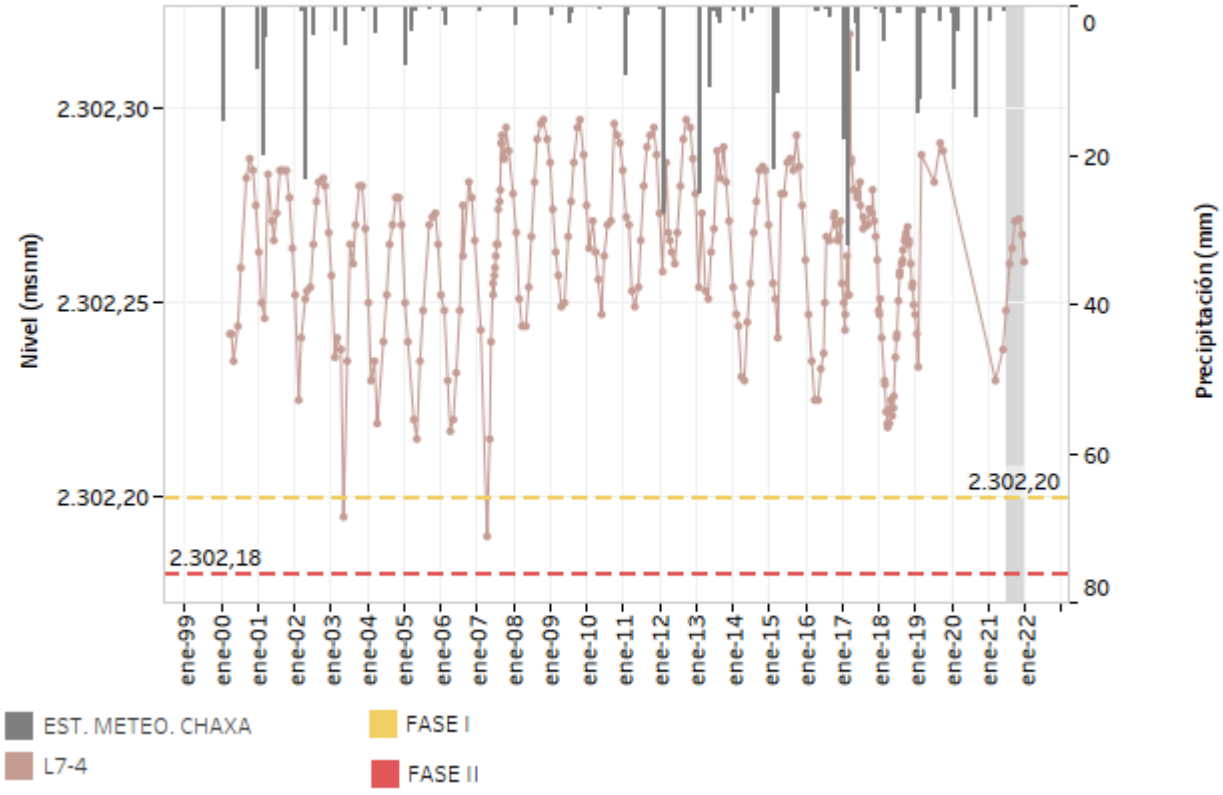


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

El L7-4 (Figura 6-122) que es el indicador de estado de la laguna Puilar, en el apartado 6.1.4 se ha podido comprobar que muestra un comportamiento influenciado por los ciclos de evaporación (propio de los puntos próximos a la interfaz salina) y relacionado con la recarga proveniente del borde este y los episodios de lluvia más intensos.

En este punto se han podido retomar las mediciones durante el primer semestre, ya que llevaba sin ser visitado desde septiembre de 2019 y se han logrado realizar las mediciones comprometidas para cada mes del segundo semestre 2021. Las nuevas medidas se encuentran dentro del rango de valores medidos en los años previos, por lo que se mantiene 6 cm por encima del umbral de la Fase I, según la medición de diciembre de 2021.

Figura 6-122: 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 busca advertir, anticipar y evitar posibles afectaciones sobre los objetos de protección del sistema producto de las actividades que desarrolla SQM en la cuenca. Para este sistema, los objetos de protección corresponden al hábitat para la biota del conjunto de lagunas dispersos del margen este del Salar de Atacama, que quedan dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos, Sector de Aguas de Quelana.

Teniendo en cuenta el objeto de protección descrito, para la RCA Nº226/2006 se definieron diferentes indicadores de estado del sistema. Estos indicadores buscan alertar sobre posibles afectaciones provenientes desde dos fuentes: extracciones de salmuera desde el núcleo del salar y bombeo de agua industrial desde Socaire-5. Como indicadores de la influencia de las extracciones del núcleo, se monitorea el nivel de los pozos L3-9, L4-12 y L5-10. Como indicadores del bombeo en el área de Camar-2[78] y Socaire-5, se monitorea el nivel de los pozos L3-5, L4-8 y L5-8.

Respecto los indicadores de estado del bombeo de los pozos de agua industrial (L3-5, L4-8 y L5-8), los descensos calculados[79] se muestran en la Figura 6-123 junto los umbrales correspondientes. En el análisis efectuado en el apartado 6.1.2 se ha comprobado que estos puntos muestran la dinámica propia de los puntos influenciados por la interfaz salina (oscilaciones estacionales y sin tendencias de descenso-ascenso de los niveles) y la recarga proveniente del borde Este y de los episodios de lluvia.

Destaca el aumento que se ha generado en el nivel del L3-5 motivo de la respuesta al evento de lluvia de 2019. Esto lleva a que, al término del segundo semestre de 2021, este pozo se mantiene 34 cm por encima de la Fase I, cuando al cierre del semestre anterior eran 44 cm.

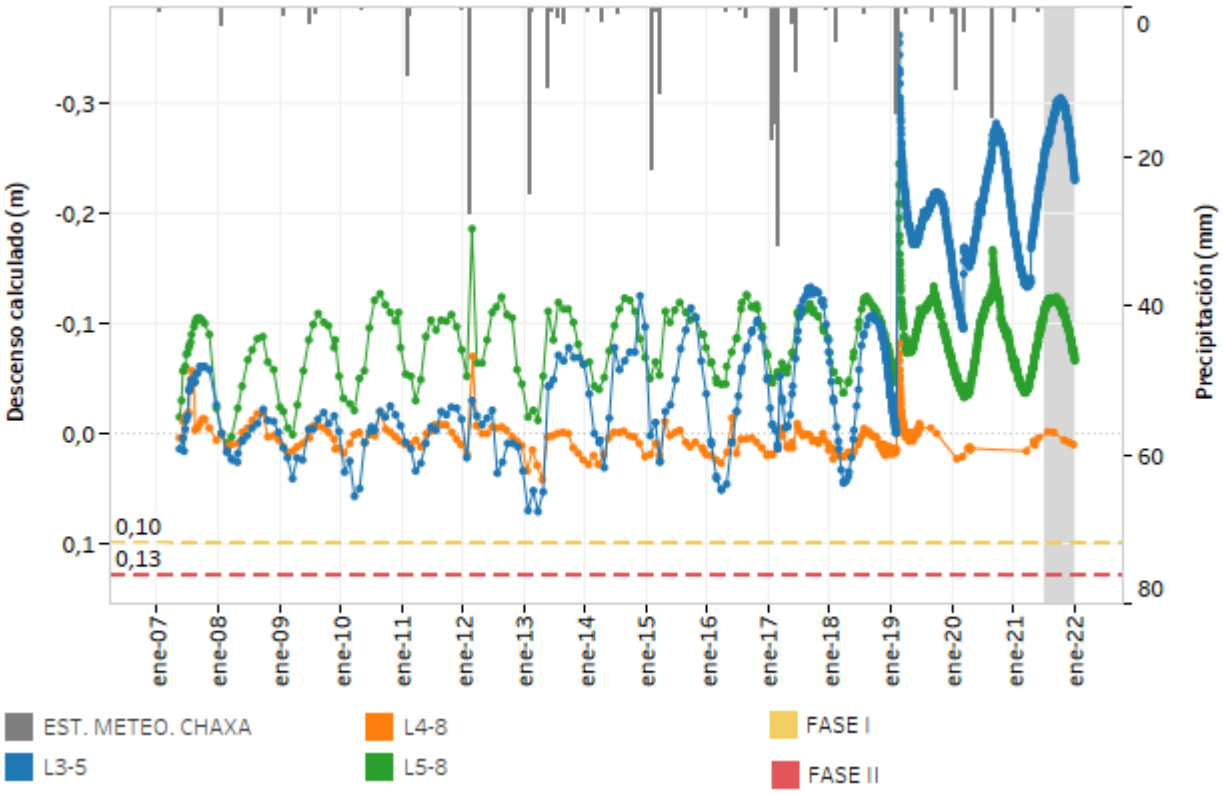
[78] Detenido en 2018 y desmantelada su infraestructura de bombeo en 2021, acción incorporada en la propuesta de programa de cumplimiento refundido, ingresado con fecha 30 de noviembre de 2020 en el proceso F-041-2016, conforme al trabajo desarrollado en conjunto con la Comunidad de Camar, en el marco del relacionamiento establecido entre SQM Salar S.A. y la comunidad.

[79] Para este apartado, la fecha de inicio que permite el cálculo del descenso se basa en lo estipulado según la RCA Nº226/2006.

El L5-8 se mantiene oscilante, aunque como se ha analizado en los capítulos previos, se observa una leve tasa de ascenso promedio durante el registro histórico de este pozo. Al cierre del segundo semestre de 2021 el pozo se encuentra 15 cm por encima de la Fase I.

Finalmente, respecto del L4-8 se dispone de cinco meses con mediciones durante el segundo semestre 2021, donde la última medición realizada durante diciembre sitúa al indicador a 9 cm del umbral de la Fase I.

Figura 6-123: 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

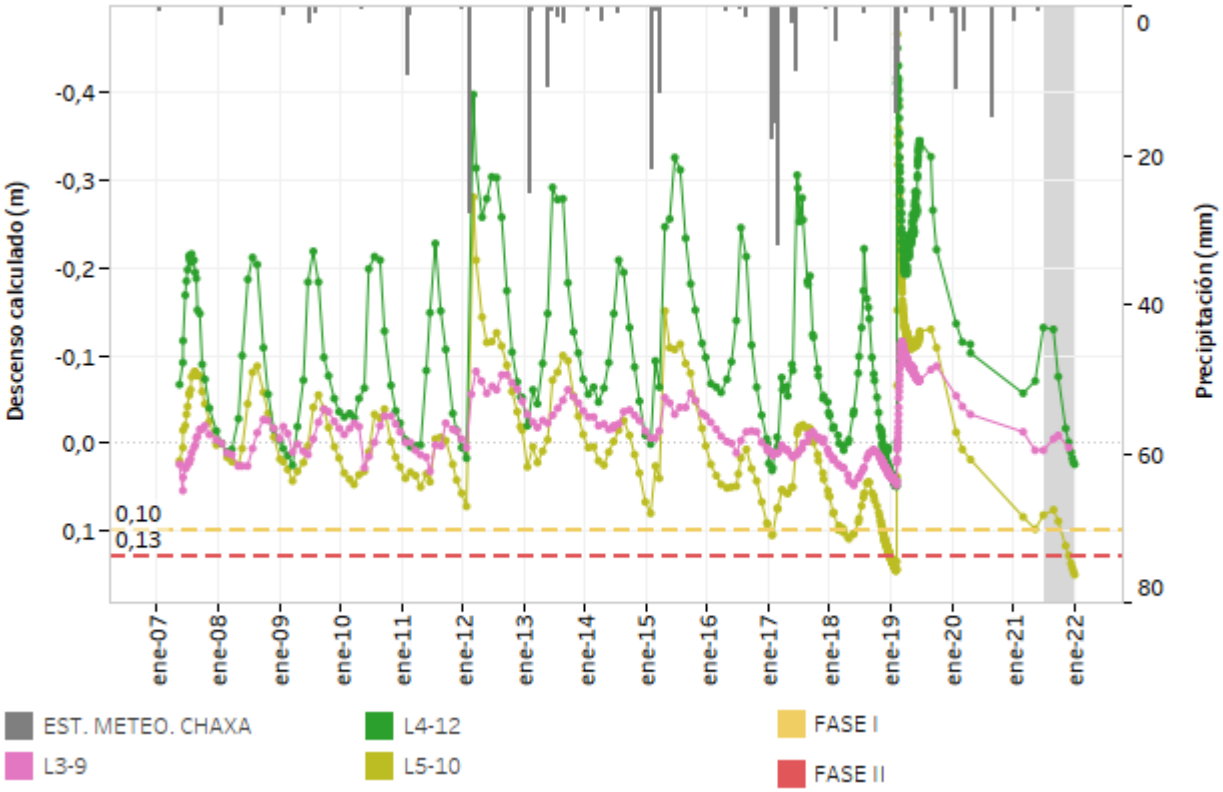


Fuente: Elaboración propia

Los indicadores de estado para determinar la influencia de las extracciones del núcleo (L3-9, L4-12 y L5-10) se muestran en la Figura 6-124 junto con los umbrales de la Fase I y Fase II. En el apartado de análisis de estos puntos (6.1.2) se ha podido determinar que estos puntos muestran un comportamiento mixto entre la zona marginal (zona de interfaz salina) y el núcleo, por lo que es esperable que este grupo de pozos muestren una oscilación estacional, que será más regular en la medida que el punto esté más próximo a la interfaz, a la vez que una tendencia promedio de descenso, que tendrá una pendiente mayor en la medida que el punto se encuentre más cercano al núcleo. De la misma forma que ha ocurrido en todo el borde este del Salar, existe un cambio en el comportamiento de estos niveles a partir de las lluvias de 2012; desde esta fecha, la tasa de descenso promedio ha aumentado a 1,3 cm/año para el L3-9, 1,7 cm/año para el L4-12 y 2 cm/año para el L5-10.

Estos puntos no se medían desde abril de 2020 y recién en el primer semestre 2021 se han retomado las visitas, durante el segundo semestre, la mayoría de los niveles se han encontrado por encima de los umbrales del PC a excepción del pozo L5-10 que entro en Fase I el 24 noviembre de 2021. Así mismo, es posible que estos puntos se encuentren en etapa de recuperación (descenso) posterior a la lluvia de 2019, junto con su esperada oscilación estacional. Al término del semestre el L4-12 se encontraba a 1 cm de la Fase I y el L3-9 a 12 cm.

Figura 6-124: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

6.2.3 SISTEMA BORDE ESTE - VEGETACIÓN HIDROMORFA

El Sistema Vegetación Borde Este cuenta con 3 subsistemas: Vegetación Hidromorfa, Brea-Atriplex y Alerta Temprana. A continuación, se describe cada uno de ellos por separado.

El Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Hidromorfa busca advertir, anticipar y evitar posibles afecciones que puedan producir las extracciones de agua industrial. Para ello,

se tiene 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 se han analizado junto con los otros puntos del sistema Soncor (apartado 6.1.1) y el punto L3-5 y la reglilla L4-10 en el sistema de Aguas de Quelana (6.1.2). Todos estos puntos, a excepción del L7-3, se han identificado sus niveles con un comportamiento asociado a la zona marginal, donde los niveles oscilan estacionalmente por los ciclos de evaporación y no muestran tendencia. El L7-3 se ha caracterizado por ser un punto que muestra un comportamiento mixto entre la tendencia de descenso propia del acuífero aluvial (con una tasa propia que a partir de 2012 es de 3 cm/año) y unas oscilaciones características de la zona marginal.

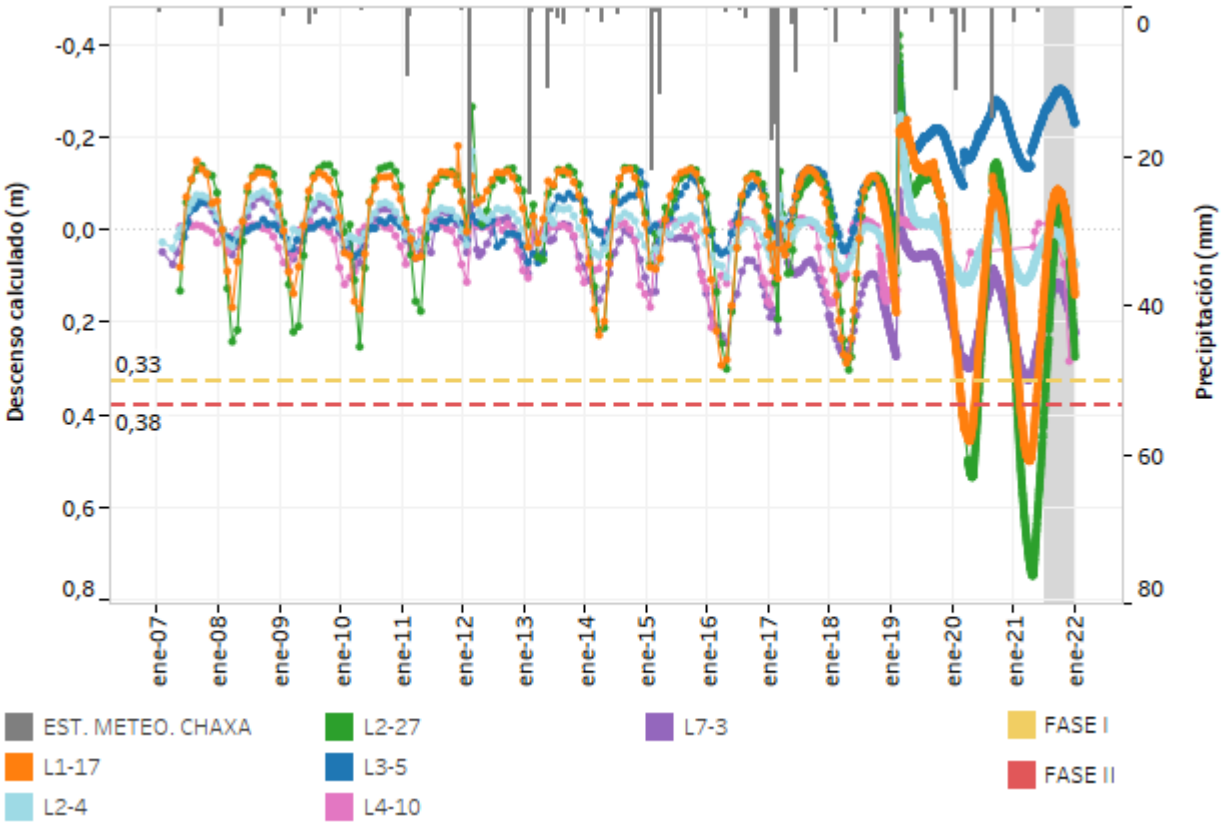
Los descensos calculados para estos puntos con respecto los umbrales de Fase I y Fase II se muestran en la Figura 6-125. En el segundo semestre de 2021, no se ha producido activaciones de fase en ninguno de los indicadores de este grupo. El indicador L2-27 que se encontraba en fase I el semestre anterior al final de este periodo reportado se encuentra 19 cm sobre su umbral y el L1-17, 21 cm sobre la Fase I.

Por otro lado, el indicador L3-5 cambió la tendencia de los niveles a partir de la lluvia de 2019, volviéndose ascendente. Lo que hace que cada año el mínimo estacional se encuentre más alejado de las fases el PC; en este segundo semestre 2021 alcanzó una distancia respecto de la Fase I de 57,5 cm.

El L2-4, se mantiene estable en su comportamiento histórico, en donde se aprecia una oscilación horizontal y sin tendencia; el mínimo estacional alcanzado en el actual semestre reportado se ha situado a 25,4 cm.

Finalmente, el L4-10 ha tenido una baja frecuencia de medición desde junio 2019, por lo que no es posible verificar si se mantiene estable en el comportamiento histórico registrado, pero las mediciones efectuadas en este periodo, incluyendo las realizadas en el segundo semestre de 2021, se encuentran dentro del rango de valores habituales. El nivel mínimo registrado en el actual semestre reportado, obtenido en la medición de abril, el nivel se encontraba a 3,9 cm de la Fase I.

Figura 6-125: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

6.2.4 SISTEMA BORDE ESTE - VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX

Los pozos del Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Brea-Atriplex conectada con el acuífero 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 encuentra en una zona de Vegetación Brea-Atriplex (ver Tabla 4-7), sí se ha mantenido su evaluación como indicadores de acuerdo con lo comprometido en la RCA N°226/2006.

Cabe señalar que el pozo L7-6 se definió en la RCA como un pozo del PC para el resguardo del Sistema Vegetación Borde Este - Brea Atriplex. Sin embargo, cuando se ejecutó se verificó que su ubicación no era idónea para el objetivo planteado, manteniéndose su monitoreo como parte del PSAH, pero siendo reemplazado como indicador de contingencia por otros pozos

existentes de mayor representatividad (L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25). En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Res. Ex. Nº1/Rol F-041-2016, SQM retoma el monitoreo de dicho pozo como parte del Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este, lo que dio aviso a la autoridad de la activación de Fase I.

Por otro lado, hay que recordar que el pozo L1-3 se reconstruyó durante el año 2012, producto de que el original fue tapado por un aluvión. Esta situación fue informada a través del Informe PSAH N° 11 el mismo año 2012, dado que el nuevo pozo (ubicado en el mismo sector del pozo original) supone una pequeña variación de las coordenadas de ubicación y de la cota del punto de referencia. La diferencia entre la cota del punto de referencia del pozo destruido por el aluvión de 2012 y la del pozo de reemplazo es de 0,183 metros, por lo tanto, a partir de marzo de 2012, se adicionan 0,183 m a la "medición desde punto de referencia" inicial de mayo de 2007.

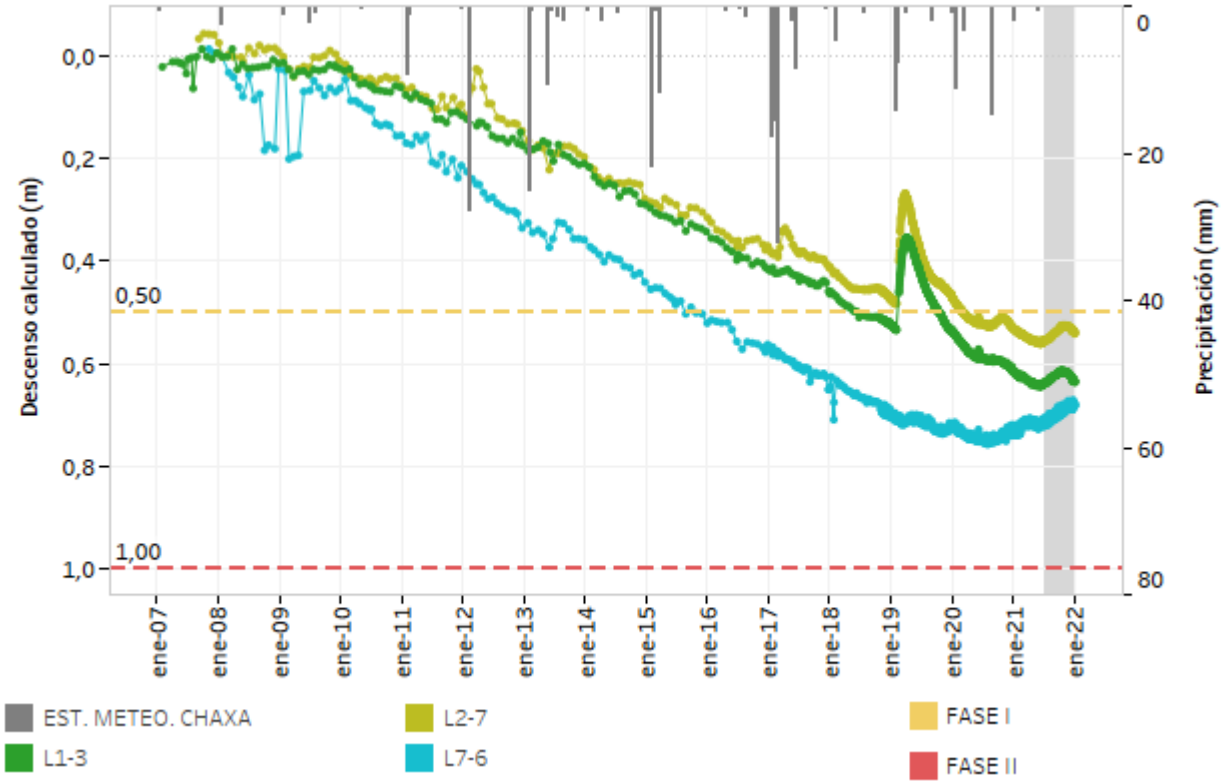
Estos indicadores se han analizado juntamente con los otros puntos del PSAH según el sistema hidrogeológico en el que se encuentran; en el sistema Soncor (6.1.1) se encuentra el análisis de los puntos L7-6, L1-3, L2-7 y L2-28, en el apartado 6.1.2 del sistema Aguas de Quelana está el análisis de los indicadores L3-3 y L4-7, y el L9-1 se ha analizado en el sistema de Vegetación Hidromorfa (apartado 6.1.3).

Según estos análisis, los puntos L7-6, L1-3 y L2-7 muestran un comportamiento relacionado con el acuífero aluvial (Figura 6-126); estos puntos presentan niveles descendentes, sin oscilaciones estacionales y sin respuestas a las lluvias, aunque la registrada en febrero de 2019 sí fue sentida por lo puntos L1-3 y L2-7. El L7-6 activó la Fase I en junio de 2015 y en 2019 también lo hicieron los puntos L1-3 y L2-7 (noviembre y diciembre respectivamente). Todos, dada la pendiente constante de descenso, se mantienen con la Fase I activada de forma permanente.

Se destaca lo observado en el caso del L7-6, que ha pasado de una pendiente de descenso constante a una tendencia de ascenso en el último semestre de 2020, producto posiblemente de la reducción del caudal extraído entre los pozos Mullay-1 y Allana. Durante este semestre también se ha observado un leve cambio en la tendencia descendente (menor pendiente) de

los indicadores L1-3 y L2-7, probablemente sea debido también al recién manejo operacional de los mismos pozos de agua industrial.

Figura 6-126: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC



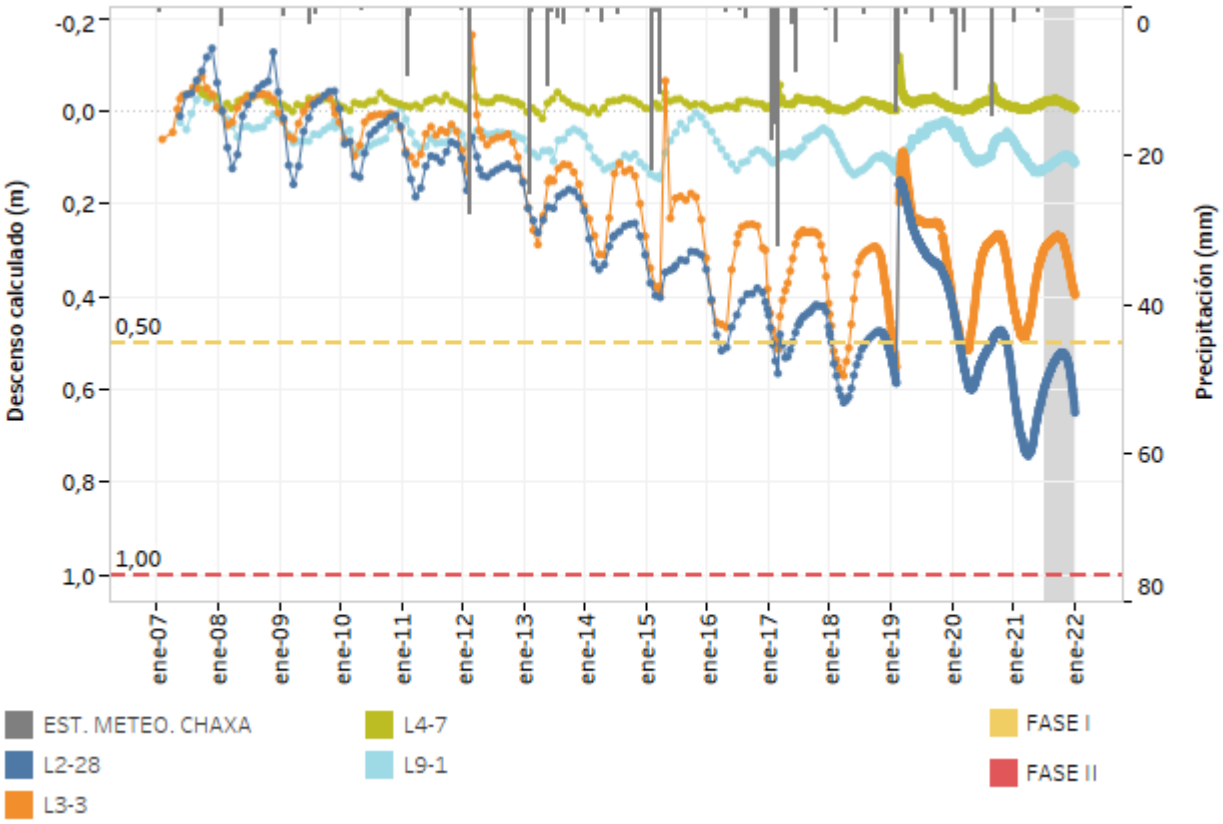
Fuente: Elaboración propia

En los puntos L2-28, L3-3 y L9-1 se ha observado que muestran un comportamiento transicional entre el acuífero aluvial y en la zona marginal relacionada con la zona de interfaz salina (Figura 6-127). Se caracterizan por presentar oscilaciones estacionales junto con un descenso promedio de los niveles.

Los indicadores que presentan mayor pendiente son el L2-28 y L3-3; el primero se mantiene estable en este comportamiento de descenso una vez pasado el efecto de la recarga producido por la lluvia de 2019. En el año anterior (2º de 2020) activó la Fase I y durante el primer y segundo semestre 2021 se ha mantenido debajo de este umbral, reproduciendo un mínimo a una cota histórica que, por otro lado, es esperable dada la tendencia de descenso. Durante este semestre

este mínimo se ha situado a 36 cm de la Fase II al final de este semestre. A diferencia del L2-28, el L3-3 ha mostrado un cambio en a tendencia a partir de la lluvia de 2019 y es que desde entonces se vienen registrando mínimos estacionales cada vez a mayor cota. Por este motivo, este indicador viene oscilando alrededor del umbral de la Fase I durante el primer semestre de 2021, sin embargo, se ha mantenido por encima del umbral durante todo el segundo semestre 2021.

Figura 6-127: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

6.2.5 SISTEMA BORDE ESTE - ALERTA TEMPRANA

Los pozos del subsistema Alerta Temprana están ubicados al este del Sistema Vegetación Brea-Atriplex, en el límite oriental del sistema de vegetación Borde Este. Estos pozos permiten observar anticipadamente los potenciales efectos del bombeo de agua sobre las formaciones vegetales

que son objeto de protección. Los indicadores de estado considerados para esta zona son L4-3, L7-13, L2-25, L3-11 (ubicado al oeste del Sistema Vegetación Brea-Atriplex), y L9-1. Estos puntos fueron analizados de forma conjunta según su ubicación con respecto los sistemas hidrogeológicos de la siguiente forma: en el sistema de Soncor los pozos L7-13 y L2-25, en el sistema Aguas de Quelana el L4-3 y L3-11 y en el sistema Vegetación Borde Este el L9-1.

Como ya se ha descrito, el pozo L4-3 cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular (Figura 6-128).

El punto L2-25 se encuentra en el extremo oeste del acuífero aluvial y como ya se ha observado, presenta un comportamiento de transición entre éste y la zona marginal (Figura 6-129). Concretamente, este punto muestra un ascenso promedio en su serie histórica. En el marco del Plan de Contingencia se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 1 m. Durante el segundo semestre de 2021 se mantiene estable el comportamiento descrito para este indicador con lo que, al cierre del semestre, este punto se mantiene a más de 3,32 m por sobre el umbral.

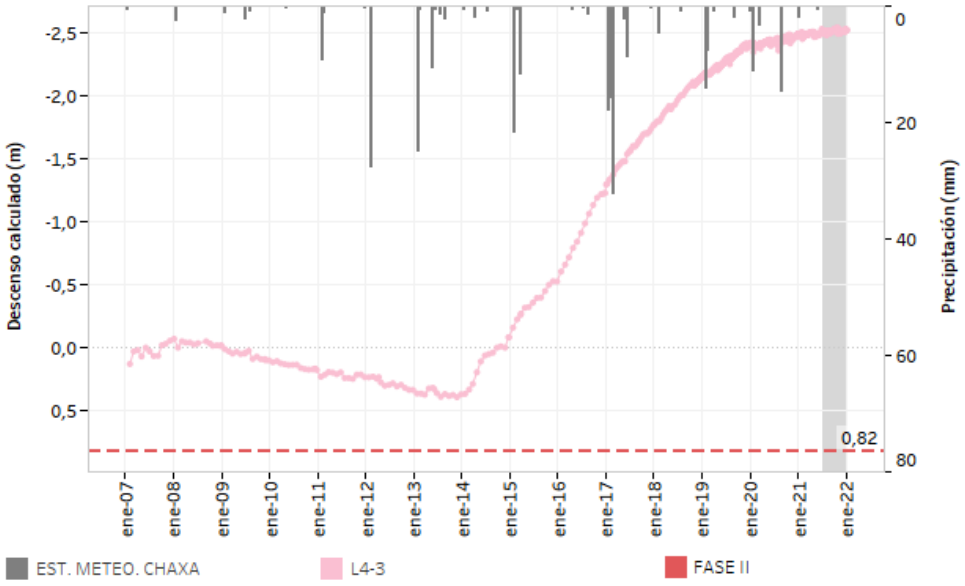
Por su parte, el L7-13 (Figura 6-130) se encuentra en el acuífero aluvial del sistema Soncor y muestra el comportamiento asociado a esta zona; una tasa de descenso constante sin oscilaciones estacionales. En el marco del Plan de Contingencia se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 1,25 m. Del registro histórico se puede ver que el pozo presentaba un descenso constante hasta mediados del 2020, posteriormente el nivel ha disminuido la pendiente de descenso en lo que parece una estabilización del descenso producto posiblemente de la disminución en la extracción del acuífero aluvial. Al cierre del segundo semestre 2021 este indicador se encontraba a 70 cm del umbral.

Finalmente, se muestra conjuntamente los puntos L3-11 y L9-1, aunque se encuentren en sectores muy distintos, ya que comparten el mismo umbral (se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 0,86 m) (Figura 6-131); el L9-1 se encuentra en el sistema Vegetación Borde Este en el extremo del acuífero aluvial, mientras que el L3-11 se encuentra en el sistema Aguas de Quelana, en la zona que queda entre la interfaz salina y el núcleo. Esto último hace notar que este punto no es representativo como indicador de estado de la vegetación del Borde Este. De todas formas, como compromiso adquirido en la RCA

se mantiene este punto dentro del PC. El L3-11 dejó de medirse con regularidad a partir de junio 2019 y durante el segundo semestre 2021 se ha visitado en agosto, septiembre y noviembre. Los niveles resultantes se encuentran dentro del rango de valores esperados según la data histórica, por lo que se estima que se mantenga el comportamiento descrito para este punto. Al cierre del semestre, este punto se mantiene 87 cm por encima del umbral.

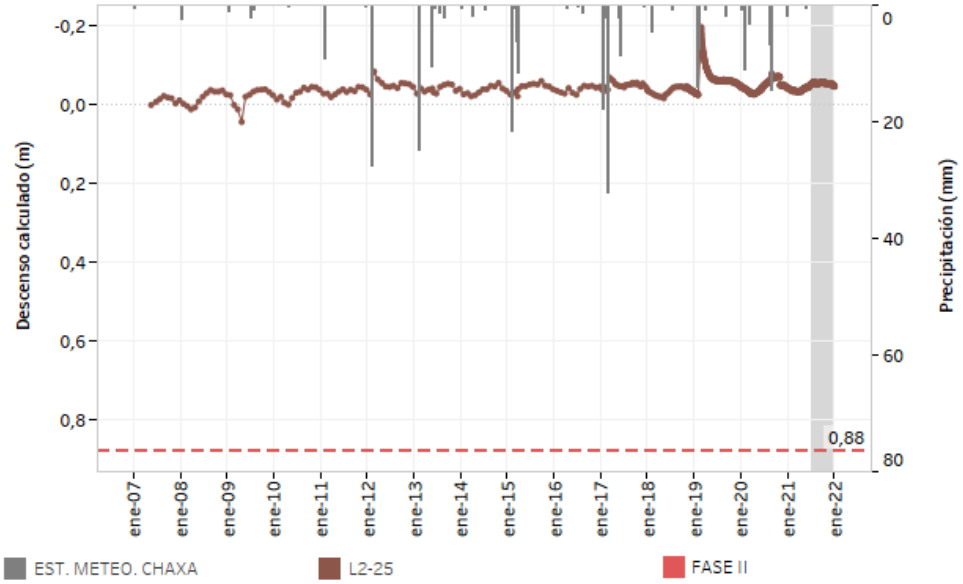
El indicador L9-1 se muestra oscilante y con una tendencia estable alrededor de la misma cota; al cierre del segundo semestre el indicador se encuentra a 85 cm por sobre del umbral.

Figura 6-128: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



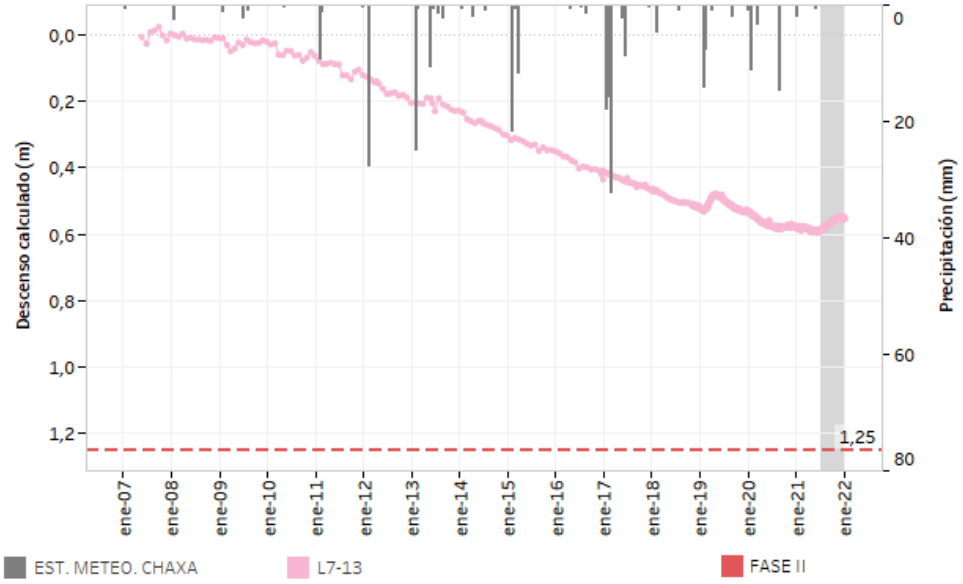
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-129: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



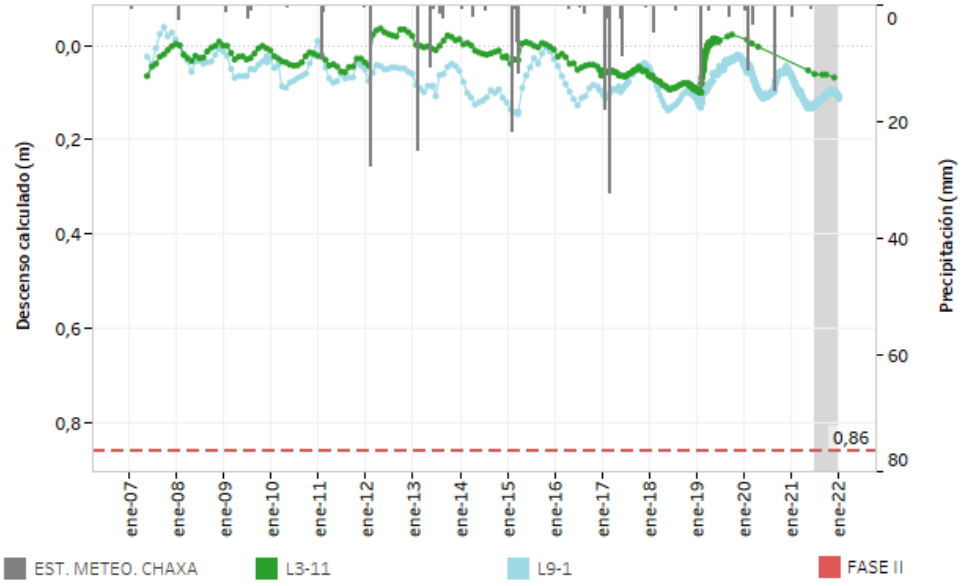
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-130: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-131: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia

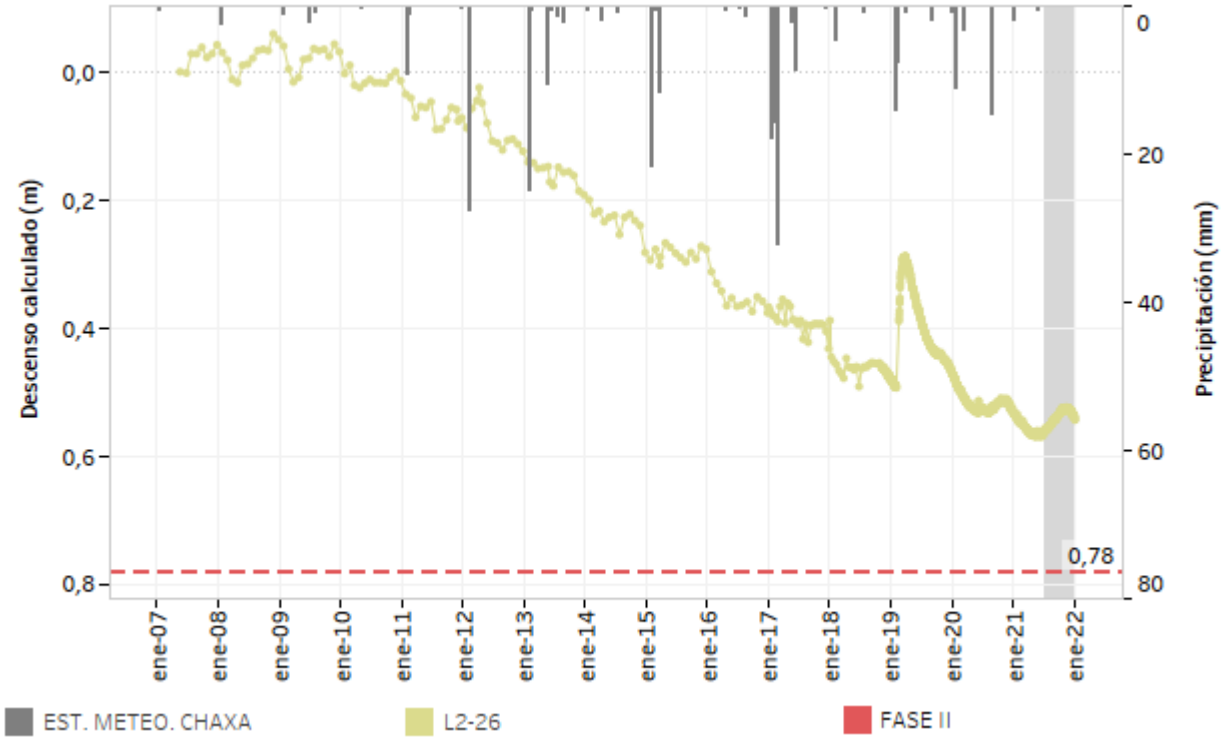
6.2.6 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIA

Tal como se mencionó en la sección 4.3.8, con el fin de incrementar los resguardos sobre el Sistema Borde Este, SQM ha incluido en forma complementaria al Plan de Contingencia, mediante la misma metodología utilizada en la definición del resto de los pozos que conforman el PC, seis pozos de monitoreo que forman parte del PSAH, como indicadores adicionales a los establecidos en la RCA Nº226/2006. Estos pozos son: L7-14, L4-17, L9-2, L2-25 (asociados al Subsistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex) y L2-26 y L3-15 (asociados al Subsistema Borde Este – Alerta Temprana).

A partir del análisis de los niveles realizado en los apartados anteriores (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 de Vegetación Borde Este) se puede extraer que el único con un comportamiento asociado netamente al acuífero aluvial es el L2-26 (Figura 6-132) ya que muestra tendencia al descenso sin oscilaciones estacionales. La tasa de descenso se ha visto disminuida a partir de 2018 debido quizás a la detención del pozo Camar-2 en esa fecha. Para el pozo L2-26 se define únicamente el límite para la activación de Fase II. Éste corresponde a un descenso de 0,78 m, el que nunca ha sido

superado. Durante el primer semestre de 2021 se ha registrado el nivel histórico más bajo (en mayo), a una distancia de 21 cm por sobre el umbral. Aunque, por otro lado, este hecho es esperado si se tiene en cuenta que el descenso característico en este indicador. Desde mayo 2021 y hasta el cierre del segundo semestre, se observa un leve ascenso del nivel lo que hace que al final de este periodo se registre el nivel a 23 cm sobre el umbral.

Figura 6-132: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC



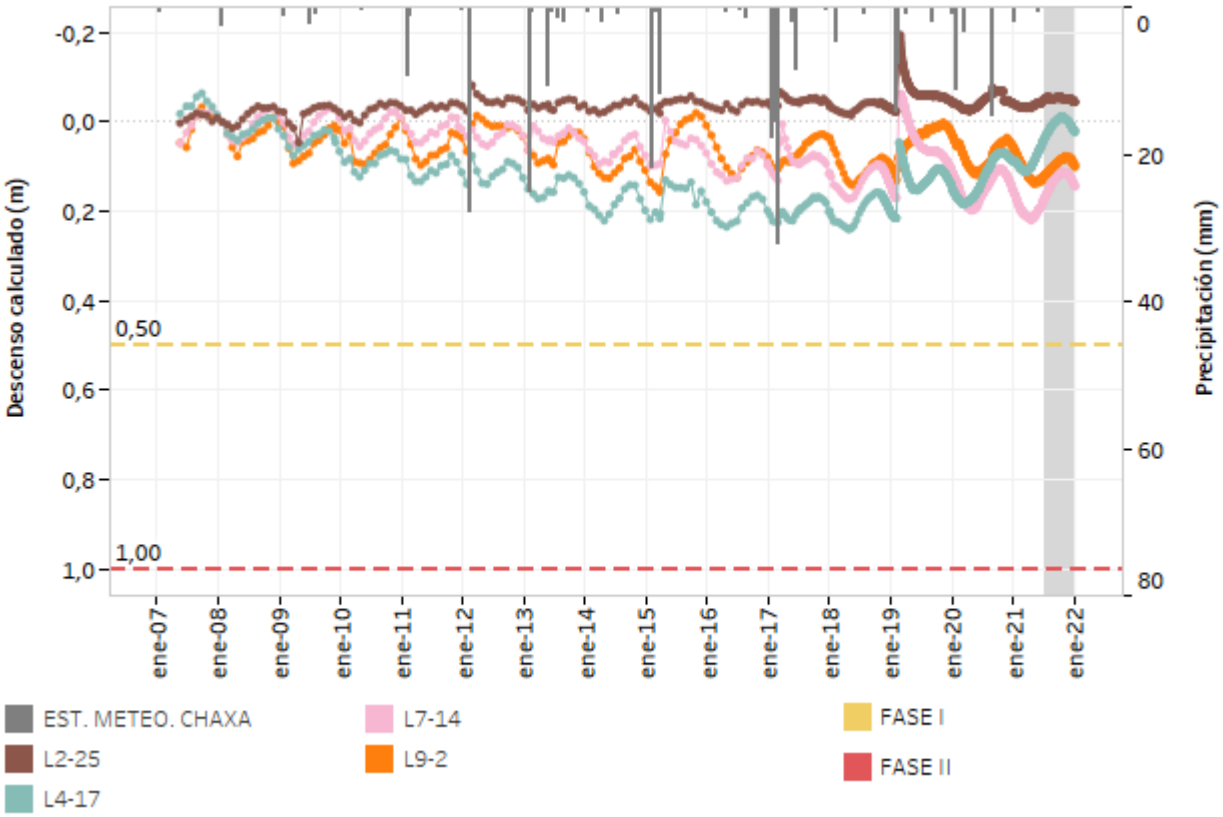
Fuente: Elaboración propia

El resto de los puntos de este grupo muestran una transición entre el acuífero aluvial y la zona marginal. Se muestran en distintos gráficos según el umbral por el que se define el PC; en la Figura 6-133 se grafican los descensos históricos del L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 y en la Figura 6-134 el L3-15.

Respecto del primer subgrupo (Figura 6-133), para estos indicadores se asimilaron los límites de activación de Fases del subsistema Vegetación Brea-Atriplex. Así, desde el 2007 hasta la fecha, ningún pozo ha descendido más allá del límite de Fase I. El pozo con mayor tasa de descenso correspondía al L4-17 pero posterior a las lluvias de 2019, el pozo empezó a mostrar una

tendencia de ascenso y que se mantiene también durante segundo semestre 2021. Parece que este cambio en la tendencia se mantiene con lo que posiblemente sea debido a la detención del pozo Camar-2. Al cierre del presente semestre reportado, el indicador que se encuentra más cercano al umbral es el L7-14 a una distancia de 40 cm sobre el umbral.

Figura 6-133: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC

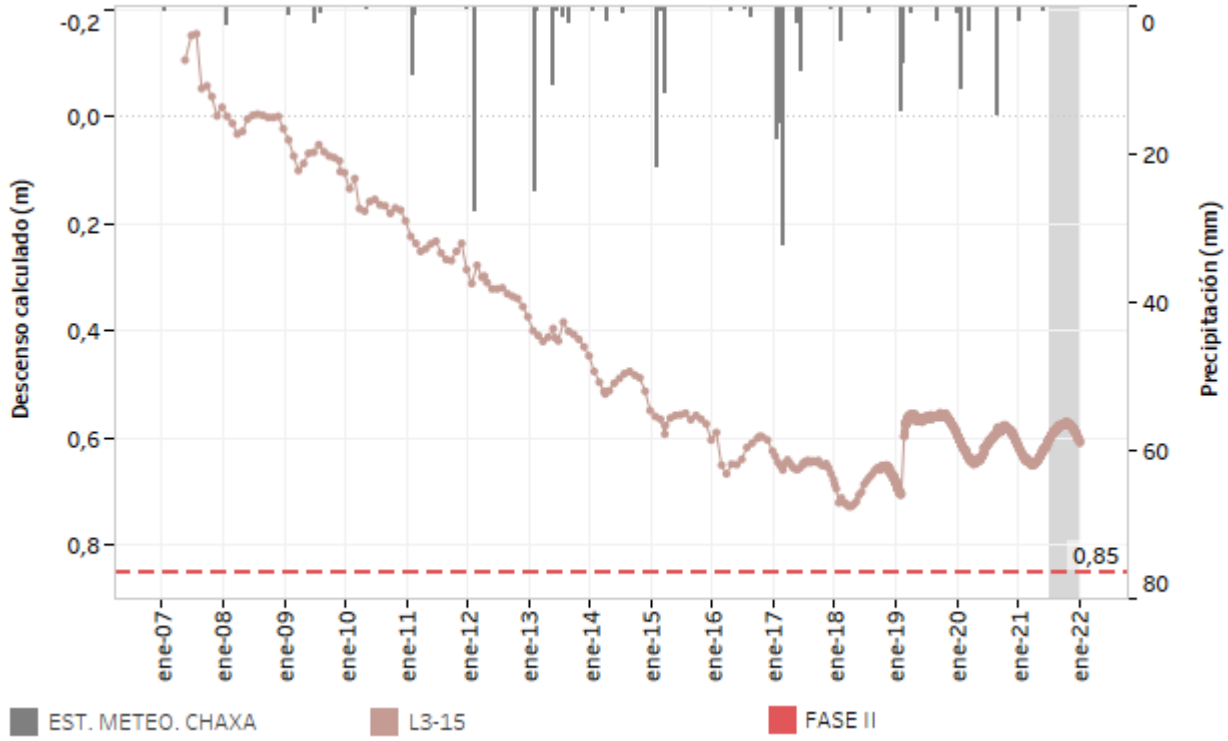


Fuente: Elaboración propia

Con respecto al pozo L3-15 (Figura 6-134), que muestra también un comportamiento mixto entre el asociado a la zona marginal y al acuífero aluvial, se observa que la tasa de descenso del nivel de 6,7 cm/año se ha visto atenuada a partir del año 2018, asociado probablemente a la detención del pozo Camar-2 y a eventos de precipitación como los registrados durante febrero de 2019. Para el pozo L3-15 se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, con un umbral de descenso de 0,85 m, el que no ha sido superado a la fecha. En el actual periodo reportado, y desde el evento de precipitación de 2019, los niveles de este indicador parecen mostrar un

cambio con respecto los periodos anteriores; la oscilación estacional se produce sobre cotas más elevadas (e incluso mayor al año anterior) y, por el momento, no se aprecia tendencia de descenso.

Figura 6-134: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

6.2.7 INDICADORES DE ESTADO SISTEMA PEINE

Tal como se especifica en el PdC presentado a la SMA, se comprometió aplicar los umbrales de activación de Fase I y/o II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto

aprobado por la RCA Nº226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA Nº21/16[80].

Para los pozos pertenecientes al plan de seguimiento contemplado en la RCA Nº226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), el PdC propone el contraste entre las mediciones efectuadas a partir de octubre de 2018, respecto a los umbrales establecidos (umbrales variables anualmente en forma escalonada). Para el caso de los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA Nº21/16, la adopción de medidas de control se condiciona al aviso por parte de la SMA a SQM de la activación de Fase II. Cabe señalar que durante el segundo semestre de 2021 no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II de estos pozos.

Como se ha mencionado, los umbrales de los indicadores 1028, L10-11 y L10-4 son escalonados y varían de forma anual, disminuyendo la cota los meses de septiembre de cada año; el cambio de escalón se produce los segundos semestres de cada año, por lo que, en el actual semestre se ha establecido el nuevo escalón igual a 2299,350 m s.n.m, vale decir, 2 cm inferior al umbral del semestre anterior.

El pozo 1028 se encuentra cercano al punto de desborde de Interna, pero según el análisis efectuado con el resto de los pozos del PSAH del sistema Peine, este punto muestra un comportamiento relacionado con el núcleo (sección Figura 6-135). Durante el primer semestre del 2021 este indicado se encontraba en fase de recuperación producto de la de agosto 2020. No obstante, durante este segundo semestre el indicador ha retomado levemente de su comportamiento previo a la lluvia, reflejando descensos suavizados y continuos en el tiempo.

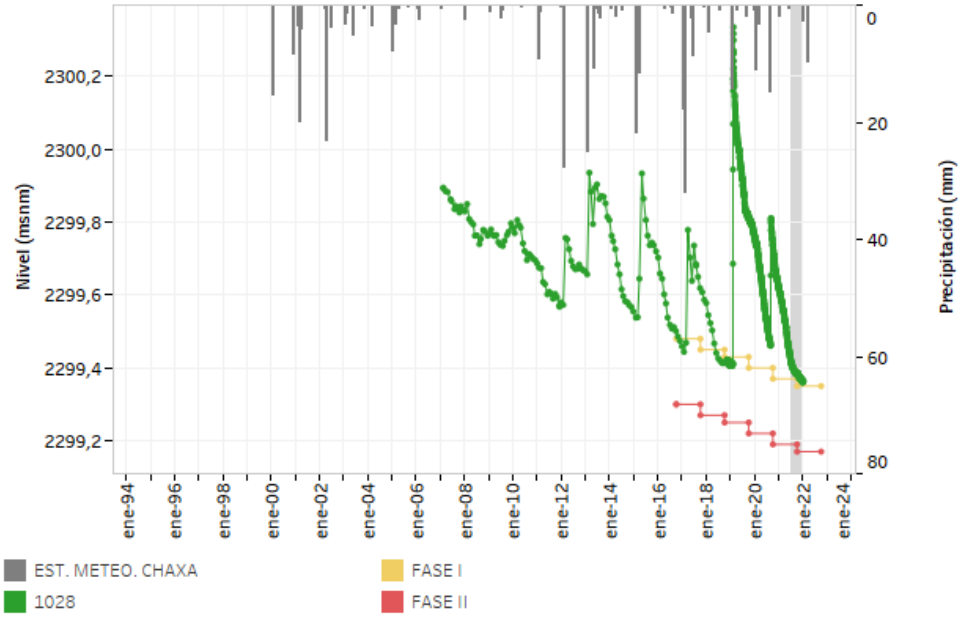
[80] Asimismo, mediante Res. Ex. 1367/2020, de 6 de agosto de 2020, la aplicación de estos umbrales de activación para los indicadores de estado mencionados fue ordenada como medida provisional por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, medida que fue renovada mediante Res. Ex. N°1367/2020, Res. Ex. 2141/2020, Res. Ex. N°962/2021, Res Ex. N° 1695/2021, Res. Ex. N°1940/2021, Res Ex. N°2389/2021, Res. Ex. N°111/2022 y Res. Ex. N°676/2022.

El indicador L10-11 (Figura 6-136) también se encuentra en el núcleo, con el consecuente patrón de comportamiento de nivel, igual que el anterior pozo descrito (1028). El comportamiento observado en este pozo es totalmente análogo al 1028.

Justo antes del cierre del primer semestre de 2021, el día 29 de junio, el pozo L10-11 atravesó el umbral de la Fase I por primera vez, desde esa fecha y pese al cambio de escalón de umbral, el pozo L10-11 continua en Fase I durante el segundo semestre 2021.

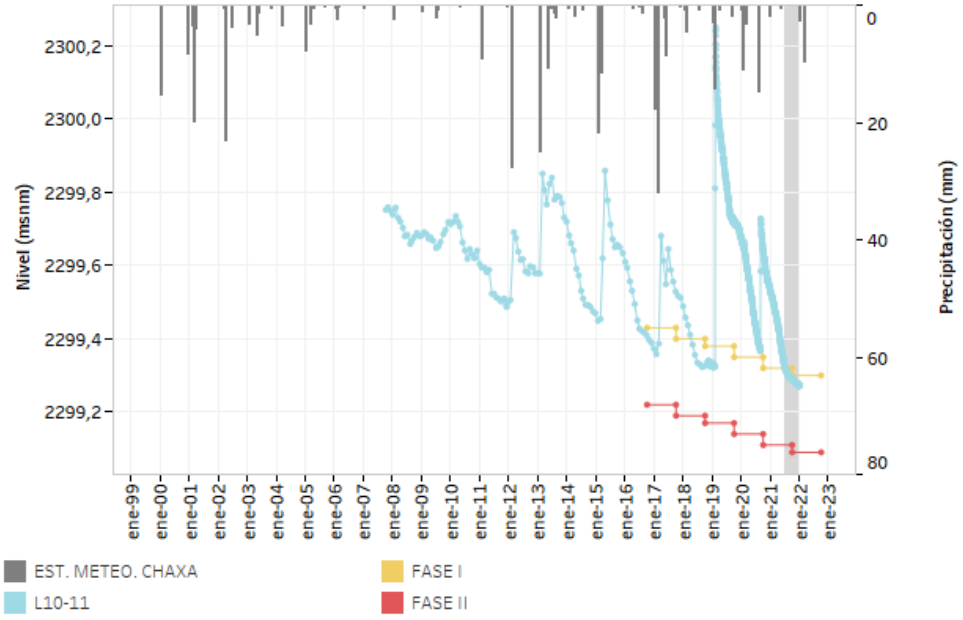
Por su parte, el L10-4 (Figura 6-137) se encuentra en el extremo de la zona marginal, cercano al núcleo, por lo que, a partir del análisis de niveles, se ha podido ver que este punto muestra un comportamiento transicional entre la zona marginal y el núcleo, aunque dada su proximidad al núcleo, se registran variaciones muy similares al resto de puntos caracterizados como núcleo. Al cierre del segundo semestre de 2021, el pozo se encuentra a una distancia de 32 cm respecto su umbral de Fase I.

Figura 6-135: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



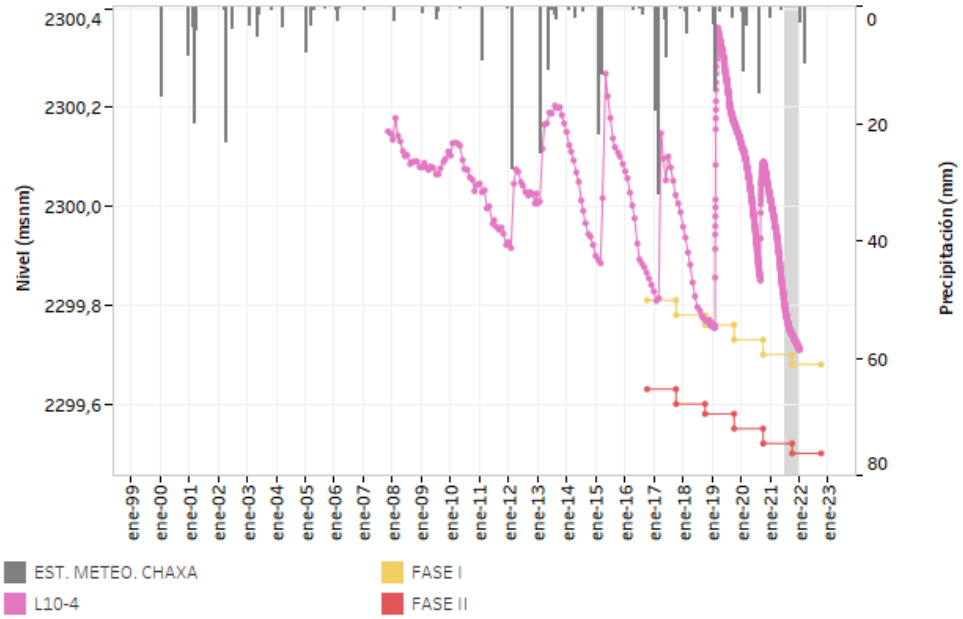
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-136: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-137: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

7 CONCLUSIONES

El PSAH asociado a la RCA 226/2006 abarca una gran extensión espacial, con 225 puntos de monitoreo en los que se registran 35 parámetros, con diferente frecuencia de medición en función del punto, de la variable y del parámetro objeto de control (desde medición continua a frecuencia anual). El PSAH permite monitorear el comportamiento hidrogeológico del Salar de Atacama, entregando información clave para, por un lado, el resguardo de los sistemas lacustres y vegetativos y por otro, para mejorar el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de la cuenca, información con la que se nutren las actualizaciones del modelo numérico hidrogeológico comprometidas en la RCA indicada anteriormente.

Durante el periodo semestral reportado, comprendido entre el 01 de julio y el 31 de diciembre del año 2021 se efectuaron campañas de monitoreo de todos los puntos incluidos en el PSAH, de acuerdo con la frecuencia establecida. No obstante, no fue posible obtener resultados en la red completa de puntos de control, debido a las restricciones de acceso, que se registran y especifican en el Capítulo 5 de este informe. La principal causa, que se viene repitiendo en los anteriores semestres, es la restricción de ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos para los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, y de la no autorización de ingreso a sectores del sistema Peine y sector de Tambillo por parte de comunidades.
A continuación, se describen las principales conclusiones de las variables de seguimiento y del estado del Plan de Contingencias.

<u>De los niveles de agua/salmuera subterránea</u>

En general, para el segundo semestre de 2021 y según la información que se ha conseguido levantar, todos los pozos han mostrado, según sus niveles, mantener el comportamiento esperado según su patrón Tipo Núcleo, Tipo Marginal, Tipo Aluvial, Influencia de agua superficial y todos los comportamientos transicionales asociados, descritos en el capítulo 6 de este informe.

Los del Tipo Núcleo, influenciados por la extracción de salmuera en el núcleo, han recuperado la tasa de descenso característica de este acuífero, una vez concluida la recuperación (ascenso) producto de la lluvia registrada en agosto (2020). Los de Tipo Aluvial, influenciados por la extracción de agua industrial, han mantenido las tasas de descenso con respecto el anterior

semestre, a excepción de aquellos puntos que se ven influenciados por la detención o disminución de la extracción de los pozos de agua industrial Allana, Mullay-1 y Camar-2.

De los puntos influenciados por los cuerpos de agua superficiales (sistema Soncor y Peine) no se ha podido evaluar íntegramente el comportamiento actual debido a no disponer de datos suficientes, producto del cierre de la Reserva Nacional Los Flamencos durante un periodo tan largo de tiempo, así como de la denegación de acceso por parte de la Comunidad de Peine. No obstante, se observa que todas las mediciones se encuentran dentro del rango histórico de datos, por lo que no se advierten cambios en la dinámica habitual de los cuerpos de agua.

Finalmente, los puntos relacionados con el Tipo Marginal, para el actual semestre, han registrado el máximo estacional esperado para esta época del año, por lo que se mantiene en todos los casos, la oscilación habitual característica en cada caso.

Del plan de contingencias

En el sistema Soncor, se han mantenido los indicadores L1-5 y L1-G4 Reglilla con la Fase II activada, tal y como se viene dando desde su activación en abril 2021. Esto se explica por la tendencia de descenso esperada en este sector y que solo cambia cuando se producen eventos de precipitación que aportan recarga directa al sistema, que no ha ocurrido en el presente periodo reportado. Respecto del indicador L1-4, se mantiene también durante el segundo semestre 2021 la Fase I activada, la que se produjo en abril de 2021.

Del sistema de Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa no se ha producido ninguna activación durante el segundo semestre de 2021. Ya que los indicadores L1-17 y L2-27, que han venido activando sus fases I y II durante los años previos, en el periodo reportado han registrado los máximos estacionales dentro del rango histórico previo, el que se encuentra por encima de los umbrales de fase.

En el sistema de Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex se mantienen durante todo el segundo semestre del 2021 activadas las Fases I de los indicadores L7-6, L2-7, L1-3 y L2-28, que se produjeron entre 2015 y 2020. No se ha producido ninguna activación de Fase II en estos indicadores durante el presente semestre reportado.

Respecto el Sistema Peine, por primera vez desde la implementación del Plan de Contingencia provisorio contemplado en el programa de cumplimiento propuesto en el proceso F-041-2016, se ha producido la activación de la Fase I del indicador L10-11 durante este segundo semestre 2021, concretamente el día 30 de septiembre de 2021. Dada esta situación se entregó el día 30 de marzo (2022) el informe de implementación de la Herramienta de Verificación de Efecto Sinérgico. Se destaca que en la revisión metodológica se identifican y proponen algunas mejoras que hace que los resultados (el porcentaje de responsabilidad de cada acción) se ajusten de mejor forma a la realidad; los procesos naturales de un sistema hidrológico no producen cambios de forma lineal, por lo que se vuelve necesario la revisión de las acciones de forma cronológica y no de forma agregada como se describe en la metodología inicial. Para este informe, se incluyó también el análisis de la activación de Fase I del indicador 1028, que se produjo con posterioridad (5 de febrero de 2022), y pertenecen al mismo sistema.

Respecto de los indicadores adicionales en sistema Vegetación Borde Este y de los de Sistema Aguas de Quelana, no se ha producido ninguna activación de fase en este periodo. Respecto los indicadores de estado PN-05B y PN-08 del PAT Sector Alerta Núcleo de Albermarle[81], SQM no ha recibido ninguna notificación por parte de la SMA sobre la activación de alguno de ellos.

<u>De las variables meteorológicas</u>

El análisis histórico de las variables meteorológicas considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, variables que condicionan en distinta medida el comportamiento de los niveles del PSAH. El registro histórico de precipitación muestra un cambio de tendencias en el tiempo, diferenciándose dos épocas. Durante el primer periodo, entre el 2007 y el 2011, se registraron pocos eventos de precipitación, mientras que, en forma posteriormente se observa un incremento de éstas, no obstante, se producen como eventos puntuales de lluvias

[81] Asociados a los indicadores de estado, umbrales de activación y medidas de control definidas para el Sistema Peine, en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto a la Superintendencia del Medio Ambiente en el procedimiento administrativo sancionatorio F-041-2016, y a las medidas provisionales impuestas por el mismo organismo a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad de parte de las acciones incluidas en el programa de cumplimiento propuesto por SQM Salar S.A

intensas en algunos años (2012, 2015, 2017, 2019 por ejemplo) por lo que no es un incremento lineal. Durante el periodo a reportar, no se no han registrado eventos de precipitación en las estaciones Chaxa y KCL.

De la extensión lagunar

Este periodo contempla el levantamiento de información respecto de esta variable mediante estacas perimetrales, las cuales no se han podido llevar a cabo debido a las restricciones de ingreso a los sistemas, bien por encontrarse dentro de la RNF (lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar), o bien, por no contar con la autorización de acceso por parte de la Comunidad de Peine (lagunas Salada y Saladita).

Para este periodo no se contempla la medición mediante imágenes satelitales de alta resolución, ya que la aplicación de esta técnica tiene una frecuencia anual y se hace coincidir para todos los meses de abril (primer semestre de cada año). Así de esta forma, se mantienen las conclusiones expuestas en el informe PSAH Nº 29.

De los caudales de agua superficial

En este periodo de mediciones ha sido posible ingresar a los puntos de aforo; tres ocasiones al aforo de Barros Negros y conforme a la frecuencia establecida para el Aforo de Puente de San Luis. El acceso limitado para Barros Negros es debido a la prohibición de ingreso a RNF. Esta situación se replica para el ingreso a los sectores del Sistema Peine en que se sitúan los puntos Aforo Salada y Aforos Saladita, por lo que no se cuenta con mediciones manuales, salvo para Julio 2021 para el aforo de Salada.

En el caso de la medición continua del punto Puente San Luis Aforo, se logró acceder y se prosiguió con la descarga de los datos. En este sentido, resalta la necesidad de poder mantener una periodicidad como mínimo mensual para la visita de este punto en concreto, lo que permitiría realizar las mantenciones necesarias y detectar a tiempo desviaciones en los instrumentos.

De la calidad química de aguas superficiales y subterráneas

En relación a la calidad físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, y en base a las mediciones y muestras que se han logrado tomar, es posible concluir que la gran mayoría de los parámetros monitoreados durante el segundo semestre del año 2021 se encuentran dentro del rango histórico, con excepciones aisladas que no sugieren un comportamiento anómalo del sistema ni se evidencian tendencias generalizadas.

De las extracciones de agua industrial

Los pozos que se encuentran 100% operativos son el CA-2015 (Sistema Vegetación Borde Este) y el Socaire-5 (Sistema Aguas de Quelana). Durante el segundo semestre de 2021 se han mantenido por debajo de los límites ambientalmente aprobados.

Del resto, en el Sistema Soncor, el pozo Mullay-1 permanece activo durante este semestre, con caudales inferiores a sus límites ambientales permitidos. Por otra parte, el pozo Allana se mantiene detenido desde marzo del 2021 por decisión de carácter operacional. En el Sistema de Aguas de Quelana, el pozo Camar-2 detuvo sus operaciones a partir de enero de 2018. Durante este semestre se encuentra totalmente desmantelada la infraestructura de este pozo. Y finalmente, los pozos Socaire-5 y CA-2015 se mantienen con un régimen de extracción habitual y por debajo siempre del límite permitido.

De la posición de la cuña salina

En el presente semestre de reporte, se pudieron visitar todos los puntos para perfilajes de conductividad. En general, los perfiles del sector Soncor (Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3), sector Aguas de Quelana (Cuña 5, Cuña 4 y L4-3) y Sector Peine (L10.1, Cuña 6 y Cuña 7), son coincidentes en sus resultados en la interfaz manteniéndose con un comportamiento estable y sin tendencia en el tiempo.

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 [Publicación periódica] // Hydrogeology Journal. - [s.l.] : Springer, 2021. - págs. 985-1007.

Fetter Charles Willard Applied Hydrogeology [Libro]. - New Jersey : Prentice Hall, 2001.

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) [Publicación periódica] // 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.

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.

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 [Publicación periódica] // Science of the Total Environment. - [s.l.] : Elsevier, 2021.

9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES

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 N°1 y N°2 de Integrant, 2007.

DGA: Dirección General de Aguas.

Georreferenciación: Proceso que consiste en ligar o relacionar una información geográfica a uno o varios puntos en común.

Limnímetro: Reglilla graduada para medición de nivel.

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 mayores a 142,9 mS/cm.

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.

C.: Registros Continuos de nivel.

LD: Límite de detección.

LM: Límite de medición (superior).

LT: Level Troll (equipo para medición en continuo de niveles 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.

PSA: Plan de Seguimiento Ambiental.

PSAH: Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

PSAD56: Datum geodésico o sistema de referencia geodésico provisional sudamericano del año 1956 (Provisional Sudamericano datum 1956).

Remedición: medición que se realiza sobre un punto ya medido previamente, con la finalidad de ratificar el resultado original.

WGS84: sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984.