SQM SALAR S.A.

INFORME Nº31 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO DE 2022

ÍNDICE

1 RESUMEN 23

2 INTRODUCCIÓN 32

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 38

4 MATERIALES Y MÉTODOS 39

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 39

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OBJETO DEL PSAH 39

4.3 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES 45

4.4 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO 49

4.4.1 Sistema Soncor 52

4.4.2 Sistema Aguas de Quelana 63

4.4.3 Sistema Vegetación Borde Este 68

4.4.4 Sistema Peine 72

4.4.5 Sector Vegas de Tilopozo 76

4.4.6 Núcleo del Salar de Atacama 78

4.4.7 Cuña Salina 81

4.4.8 Plan de Contingencias 83

4.5 MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO 89

4.5.1 Monitoreo manual de nivel de agua y salmuera subterránea en piezómetros y pozos 89

4.5.2 Monitoreo manual de nivel de agua superficial 91

4.5.3 Monitoreo continuo de nivel de agua subterránea 93

4.5.4 Medición de superficie lacustre 95

4.5.5 Monitoreo de caudal de pozos de bombeo de agua industrial 103

4.5.6 Monitoreo manual de caudal superficial (aforos) 104

4.5.7 Monitoreo continuo de caudal superficial (aforos) 105

4.5.8 Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas 106

4.5.9 Perfilaje de conductividad eléctrica en pozos 114

4.5.10 Medición Meteorología 115

4.6 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS 116

4.7 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS 116

5 RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE 2022 120

5.1 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO 122

5.1.1 Resumen de puntos no visitados 124

5.1.2 Sistema Soncor 129

5.1.3 Sistema Aguas de Quelana 188

5.1.4 Sistema Vegetación Borde Este 222

5.1.5 Sistema Peine 236

5.1.6 Sector Vegas de Tilopozo 261

5.1.7 Núcleo del Salar de Atacama 266

5.1.8 Cuña Salina 279

5.2 MONITOREO Y ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 288

5.2.1 Sistema Soncor 291

5.2.2 Sistema Aguas de Quelana 296

5.2.3 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa 299

5.2.4 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex 302

5.2.5 Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana 306

5.2.6 Sistema Peine 310

5.2.7 Pozos adicionales al Plan de Contingencias 315

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 320

6.1 ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL 320

6.1.1 Sistema Soncor – Vegetación Borde Este 323

6.1.2 Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este 408

6.1.3 Sistema Vegetación Borde Este – Sector pozo CA-2015 448

6.1.4 Sistema Peine 459

6.1.5 Sector Vegas de Tilopozo 485

6.1.6 Núcleo del Salar de Atacama 488

6.1.7 Cuña Salina 500

6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 516

6.2.1 Sistema Soncor 516

6.2.2 Sistema Aguas de Quelana 522

6.2.3 Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa 526

6.2.4 Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex 530

6.2.5 Indicadores de estado Sistema Peine 533

6.2.6 Sistema Borde Este - Alerta Temprana 537

6.2.7 Pozos Adicionales al Plan de Contingencia 540

7 CONCLUSIONES 543

8 REFERENCIAS 598

9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES 549

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSA Hidrogeológico 42

Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama basado en la delimitación de las unidades hidrogeológicas (UH) 44

Figura 4-3: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH 51

Figura 4-4: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor 53

Figura 4-5: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente San Luis 60

Figura 4-6: Registro fotografico de Reglilla L7-G2 61

Figura 4-7 : Registro fotografico de reglilla Chaxa CONAF 62

Figura 4-8: Registro fotográfico de reposición de reglilla Chaxa CONAF 63

Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 65

Figura 4-10: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este 70

Figura 4-11: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine 74

Figura 4-12: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo 77

Figura 4-13: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama 79

Figura 4-14: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 82

Figura 4-15: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este 87

Figura 4-16: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine 88

Figura 4-17: Esquema conceptual de pozos de monitoreo 91

Figura 4-18: Metodología general para recuperación de superficie lacustre 99

Figura 4-19: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016 113

Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor 134

Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial 135

Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 138

Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros 142

Figura 5-5: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector oeste y sur de la laguna Chaxa 144
Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros 150
Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 154
Figura 5-8: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor 157
Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor 160
Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis 163
Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – niveles en las lagunas 166
Figura 5-12: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa 168
Figura 5-13: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 170
Figura 5-14: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor 173
Figura 5-15: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay-1 y Allana 175
Figura 5-16 Resultados de calidad del agua en agua superficial 178
Figura 5-17: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor 181
Figura 5-18: Caudales medidos en el punto Puente San Luis Aforo, del sistema Soncor 183
Figura 5-19: Mapa delimitación lacustre, sector Puilar. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises. Notar estacas perimetrales solo en canal de recarga del sistema lacustre 185
Figura 5-20: Mapa delimitación lacustre, sector Chaxa. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises 186
Figura 5-21: Mapa delimitación lacustre, sector Barros Negros. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises. 187
Figura 5-22: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 191
Figura 5-23: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 194

Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 199
Figura 5-25: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua 203
Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas 208
Figura 5-27: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 210
Figura 5-28: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana 213
Figura 5-29: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 215
Figura 5-30: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 218
Figura 5-31: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2 y Socaire-5 220
Figura 5-32: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana 222
Figura 5-33: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 227
Figura 5-34: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 230
Figura 5-35: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 231
Figura 5-36: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015 234
Figura 5-37: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este 236
Figura 5-38: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 239
Figura 5-39: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine 243
Figura 5-40: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 245
Figura 5-41: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine 248
Figura 5-42: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine 256
Figura 5-43: Mapa delimitación lacustre, laguna Salada, sector Peine. 259
Figura 5-44: Mapa delimitación lacustre, laguna Saladita, sector Peine. 260
Figura 5-45: Mapa delimitación lacustre, laguna Interna, sector Peine. 261
Figura 5-46: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 264

Figura 5-47: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 265
Figura 5-48: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo 268
Figura 5-49: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo 272
Figura 5-50: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo 274
Figura 5-51: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL 275
Figura 5-52: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama 278
Figura 5-53: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo 279
Figura 5-54: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina 282
Figura 5-55: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 285
Figura 5-56: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 286
Figura 5-57: Registro de CE para los pozos L10-1, Cuña 6 y Cuña 7 a junio 2022 287
Figura 5-58: Niveles observados (m s.n.m.) L1-4 del PC del Sistema Soncor 294
Figura 5-59: Niveles observados (m s.n.m.) L1-5 del PC del Sistema Soncor 294
Figura 5-60: Niveles observados (m s.n.m.) L7-4 del PC del Sistema Soncor 295
Figura 5-61: Niveles observados (m s.n.m.) L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor 295
Figura 5-62: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 299
Figura 5-63: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa 302
Figura 5-64: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex 305
Figura 5-65: Descensos observados (m) en L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana 308
Figura 5-66: Descensos observados (m) en L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana 308
Figura 5-67: Descensos observados (m) en L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana 309
Figura 5-68: Descensos observados (m) en L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana 309
Figura 5-69: Cronograma de informes conforme la aplicación de la HVES 312
Figura 5-70: Niveles observados (m s.n.m.) en L10-4 del PAT Sistema Peine 314

Figura 5-71: Niveles observados (m s.n.m.) en L10-11 del PAT Sistema Peine 314
Figura 5-72: Niveles observados (m s.n.m.) en 1028 del PAT Sistema Peine 315
Figura 5-73: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex 318
Figura 5-74: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 318
Figura 5-75: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 319
Figura 6-1: Infraestructura englobada en el sistema Soncor – Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 325
Figura 6-2: Niveles medidos en los puntos del sector Tambillo 327
Figura 6-3: Descensos calculados de los puntos del sector de Tambillo 328
Figura 6-4: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor 329
Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 331
Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar 333
Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas del entorno laguna Puilar. Detalle de puntos Reglilla Puilar 334
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas del entorno laguna Puilar. Detalle de puntos L7-G2 334
Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas del entorno del aforo Puente San Luís 336
Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa 337
Figura 6-11: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros 338
Figura 6-12: Niveles medidos en las reglillas entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros 339
Figura 6-13: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial 342
Figura 6-14: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal 345
Figura 6-15: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección 346
Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15, L1-16, L7-10 y L7-11) 349

Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10) 351
Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez 353
Figura 6-19: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez 354
Figura 6-20: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección 356
Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos ubicados al este del desborde y más cercanos al aluvial 358
Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga Desborde Sur- lado este 360
Figura 6-23: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga Desborde Sur- lado oeste 361
Figura 6-24: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor 363
Figura 6-25: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor 365
Figura 6-26: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en el cuerpo principal de Barros Negros – Soncor 366
Figura 6-27: Superficie histórica de laguna Chaxa – SONCOR. 367
Figura 6-28: Superficie histórica de superficie lacustre en laguna Puilar – SONCOR. 368
Figura 6-29: Meteorología Estación Chaxa 370
Figura 6-30: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial) 371
Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4 373
Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4 374
Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5 375
Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6 376
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3 377
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5 378
Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3 379
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6) 380
Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14 381
Figura 6-40: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla 382
Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1 383
Figura 6-42 Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1 386

Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana 389
Figura 6-44: Diagrama de Piper para los puntos Mullay-1 y Allana 392
Figura 6-45: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto 395
Figura 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa 397
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros 400
Figura 6-48: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar 403
Figura 6-49: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor 405
Figura 6-50: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros . 406
Figura 6-51: Registro de mediciones en el aforo de Puente San Luís 407
Figura 6-52: Registro de mediciones en el aforo de Barros Negros 408
Figura 6-54: Infraestructura englobada en el sistema Aguas de Quelana y clasificada según comportamiento de los niveles 409
Figura 6-54: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana 411
Figura 6-55: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 413
Figura 6-56: Descensos calculados de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial 415
Figura 6-57: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana 416
Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13) 419
Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3) 420
Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L14) 421
Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L4) 422
Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5) 424

Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13) 425
Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3) 426
Figura 6-65: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14) 426
Figura 6-66: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4) 427
Figura 6-67: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5) 427
Figura 6-68: Estimación de superficie lacustre para el año 2022 (rectángulo plomo) y su tendencia histórica 428
Figura 6-69: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial) 430
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3..... 431
Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6..... 432
Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8..... 433
Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9..... 434
Figura 6-74: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12..... 435
Figura 6-75: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3..... 436
Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10..... 437
Figura 6-77 : (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 438
Figura 6-78: (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10..... 439
Figura 6-79: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10..... 441
Figura 6-80: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2 442
Figura 6-81: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B 445
Figura 6-82: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B 448
Figura 6-83: Infraestructura englobada en el sistema Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles..... 449

Figura 6-84: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al sistema de Vegetación Borde Este 451
Figura 6-85: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este 451
Figura 6-86: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este..... 452
Figura 6-87: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial) 453
Figura 6-88: 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) 455
Figura 6-89: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017) 459
Figura 6-90: Infraestructura englobada en el sistema Peine y clasificada según comportamiento de los niveles 460
Figura 6-91: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine 462
Figura 6-92: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo..... 463
Figura 6-93: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine 465
Figura 6-94: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine..... 466
Figura 6-95: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Salada. 467
Figura 6-96: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Saladita. 468
Figura 6-97: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en laguna Interna. 468
Figura 6-98: Diferencias en delimitación de superficie lacustre en zona sur de laguna Saladita..... 470
Figura 6-99: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1..... 472
Figura 6-100: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4..... 473
Figura 6-101: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028 474
Figura 6-102: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada 475
Figura 6-103: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita..... 478
Figura 6-104: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna..... 480
Figura 6-105: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10% ... 482

Figura 6-106: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna 483
Figura 6-107: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine 484
Figura 6-108: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles 485
Figura 6-109: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo 487
Figura 6-110: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 488
Figura 6-111: Infraestructura englobada en el núcleo y clasificada según comportamiento de los niveles 489
Figura 6-112: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar ... 491
Figura 6-113: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle 492
Figura 6-114: 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 493
Figura 6-115: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar 494
Figura 6-116: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar 495
Figura 6-117: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar ... 496
Figura 6-118: Estación meteorológica KCL..... 6-498
Figura 6-119: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C 499
Figura 6-120: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001 500
Figura 6-121: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1) 503
Figura 6-122: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 2) 503
Figura 6-123: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este) 505
Figura 6-124: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)..... 509
Figura 6-125: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste) 513
Figura 6-126: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia.... 518
Figura 6-127: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia..... 518

Figura 6-128: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 521
Figura 6-129: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 522
Figura 6-130: 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 524
Figura 6-131: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia 526
Figura 6-132: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia 529
Figura 6-133: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC 531
Figura 6-134: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC 533
Figura 6-135: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine 535
Figura 6-136: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine 536
Figura 6-137: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine 536
Figura 6-138: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia 538
Figura 6-139: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia 539
Figura 6-140: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia 539
Figura 6-141: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC 540
Figura 6-142: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC 541
Figura 6-143: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC 542
Figura 6-144: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC 542

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe 36
Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia 37
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección 43
Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH 49
Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor 54
Tabla 4-4: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 59
Tabla 4-5: Comparación entre las anteriores y las nuevas coordenadas de la reglilla Chaxa CONAF 62
Tabla 4-6: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 66
Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este 71
Tabla 4-8: Puntos de monitoreo del Sistema Peine 75
Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo 78
Tabla 4-10: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama 80
Tabla 4-11: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 81
Tabla 4-12: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 83
Tabla 4-13: Piezómetros Indicadores de Estado del Plan de Contingencia 86
Tabla 4-14: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua subterránea 90
Tabla 4-15: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua superficial 92
Tabla 4-16: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 94
Tabla 4-17: Métodos y frecuencias para la medición de la superficie lagunar en el PSAH 97
Tabla 4-18: Características generales de la totalidad de imágenes satelitales de alta resolución, utilizadas en los informes PSAH 98
Tabla 4-19: Resumen de las fechas comprometidas para la medición con técnica RTK 101
Tabla 4-20: Relación número serial del flujómetro con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 103
Tabla 4-21: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 106

Tabla 4-22: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 107
Tabla 4-23: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 107
Tabla 4-24: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales 108
Tabla 4-25 Rangos según SDT para definición de agua dulce, transición y salmuera. 112
Tabla 4-26: Clasificación de tipos fluidos en base a TSD, CE y Densidad. 114
Tabla 5-1: Detalle de la frecuencia y el responsable de las mediciones según éstas sean comprometidas o tomadas de forma voluntaria 122
Tabla 5-2: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de ingreso a RNF 127
Tabla 5-3: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de las comunidades .. 129
Tabla 5-4: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor por una ETFA 130
Tabla 5-5: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor 132
Tabla 5-6: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 134
Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 137
Tabla 5-8: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 137
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros 140
Tabla 5-10: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 141
Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa 143
Tabla 5-12: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 144
Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez 146
Tabla 5-14: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 149
Tabla 5-15: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 152
Tabla 5-16: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 153
Tabla 5-17: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector norte 155
Tabla 5-18: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor 156
Tabla 5-19: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 157
Tabla 5-20: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor 159
Tabla 5-21: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 160

Tabla 5-22: Registro de niveles en reglillas del Sistema Soncor – subsector del Puente San Luis 162
Tabla 5-23: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 162
Tabla 5-24: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor 164
Tabla 5-25: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 165
Tabla 5-26: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa 167
Tabla 5-27: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 169
Tabla 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Soncor 172
Tabla 5-29: Resultados calidad del agua en pozos de extracción 174
Tabla 5-30 Resultados calidad del agua en agua superficial 177
Tabla 5-31: Resultados validación Soncor 180
Tabla 5-32: Resultados aforos manuales en el punto de Aforo Barros Negros y Puente San Luis 182
Tabla 5-33. Superficies lacustres primer semestre 2022. 184
Tabla 5-34: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana 188
Tabla 5-35: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 190
Tabla 5-36: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 191
Tabla 5-37: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 193
Tabla 5-38: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 194
Tabla 5-39: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5196
Tabla 5-40: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 198
Tabla 5-41: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua 201
Tabla 5-42: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 202
Tabla 5-43: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas 205
Tabla 5-44: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 207
Tabla 5-45: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 209
Tabla 5-46: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 209
Tabla 5-47: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana 212

Tabla 5-48: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 213
Tabla 5-49: Superficie lacustre para el año 2022 en Aguas de Quelana 214
Tabla 5-50: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 215
Tabla 5-51: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 217
Tabla 5-52: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B, Camar-2 y L4-10..... 219
Tabla 5-53: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana..... 221
Tabla 5-54: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 225
Tabla 5-55: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 226
Tabla 5-56: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este..... 228
Tabla 5-57: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 229
Tabla 5-58: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este..... 231
Tabla 5-59: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015 233
Tabla 5-60 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este. 235
Tabla 5-61: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine..... 237
Tabla 5-62: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine 238
Tabla 5-63: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 239
Tabla 5-64: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine 241
Tabla 5-65: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 242
Tabla 5-66: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine 244
Tabla 5-67: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 244
Tabla 5-68: Resultados calidad del agua en pozos del sistema Peine 246
Tabla 5-69: Resultados calidad del agua en cuerpos lagunares del sistema Peine. 250
Tabla 5-70 Resultados de la validación en el sistema Peine. 255
Tabla 5-71: Resultados aforos manuales Saladita y Salada 257
Tabla 5-72: Superficies Lacustres primer semestre 2022 Peine 258
Tabla 5-73: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 263
Tabla 5-74: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 263
Tabla 5-75: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo..... 265
Tabla 5-76: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 265

Tabla 5-77: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo 267
Tabla 5-78: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 268
Tabla 5-79: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo 270
Tabla 5-80: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 271
Tabla 5-81: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo 273
Tabla 5-82: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 273
Tabla 5-83: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL 274
Tabla 5-84: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama 277
Tabla 5-85: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina 280
Tabla 5-86: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina 281
Tabla 5-87: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 282
Tabla 5-88: Puntos singulares obtenidos de los perfiles CE del presente semestre 284
Tabla 5-89: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno 288
Tabla 5-90: Estado del Plan de Contingencias 290
Tabla 5-91: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 293
Tabla 5-92: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 298
Tabla 5-93: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del 301
Tabla 5-94: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este-Vegetación Brea-Atriplex 304
Tabla 5-95: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes 307
Tabla 5-96: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine 313
Tabla 5-97: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias 316
Tabla 5-98: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este. 317

LISTADO DE ANEXOS

Nombre Anexo		Tipo documento
Anexo 1	**RESPONSABLES Y PARTICIPANTES**	pdf
Anexo 2	**CATASTRO INFRAESTRUCTURAS PSAH**	pdf
Anexo 3	**METODOLOGIA SQM**	
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	*Currículums monitores SQM (cumplimiento RES. 127/2019)*	pdf
Anexo 4	**COMUNICACIONES**	
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 (formato RES. 127/2019)*	pdf
Anexo 5.2	*Resultado de niveles (formato RES.894/2020)*	xls
Anexo 5.3	*Informe levantamiento topográfico Reglilla Chaxa*	pdf
Anexo 6	**CALIDAD QUÍMICA**	
Anexo 6.1	*Informes ETFA (formato RES. 127/2019)*	pdf
Anexo 6.2	*Calidad de Agua resultante (formato RES. 894/2020)*	xls
Anexo 7	**CAUDAL AGUA INDUSTRIAL** *(formato RES. 894/2020)*	xls
Anexo 8	**CAUDAL AGUA SUPERFICIAL** *(formato RES. 894/2020)*	xls
Anexo 9	**VARIABLES METEOROLOGICAS**	
Anexo 9.1	*Resultados variables meteorológicas*	pdf
Anexo 9.2	*Informes para el relleno de series*	pdf
Anexo 10	***EXTENSION LAGUNAR***	
Anexo 10.1	*Resultados extensión lagunar*	pdf
Anexo 10.2	*Informe cálculo extensión lagunar mediante análisis satelital*	pdf
Anexo 10.3	*Informe levatamiento estacas perimetrales*	pdf
Anexo 10.4	*Informe levantamiento perímetro lagunar - RTK*	pdf
Anexo 11	**ESTRATIGRAFIA Y HABILITACIÓN DE PIEZÓMETROS Y POZOS**	pdf
Anexo 12	**INDICADORES, UMBRALES Y MEDIDAS APLICABLES AL SISTEMA PEINE**	
Anexo 12.1	*Anexo 4.02 del PdC: Definición de umbrales para sistema Peine PdC*	pdf
Anexo 12.2	*Anexo 4.03 del PdC: Definición de medidas de control frente a la activación de Fase I y Fase II 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

El presente informe expone y reporta los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) que se realiza en el Salar de Atacama, para el período enero a junio de 2022, de acuerdo con los compromisos establecidos en el proyecto "Cambios y Mejoras de la operación Minera en el Salar de Atacama" calificado favorablemente mediante la Resolución ExentaNº226/2006 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta (en adelante RCA N°226/2006), cuyo titular es SQM Salar S.A. Dichos compromisos han sido actualizados y ampliados en el Programa de Cumplimiento (PdC) en el marco del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) [1]. Dicho documento fue aprobado el pasado 29 de agosto de 2022, mediante la RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

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, los cuales quedaron establecidos en el considerando 10.2 de la RCA N°226/2006. De acuerdo con el considerando 10.2.7 de la RCA Nº226/2006, 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 el Plan de Contingencia (PC) y a caracterizar el comportamiento de las variables hidrogeológicas que permitirá

[1] Asimismo, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente alzo las medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1877&2022, de 25 octubre de 2022.

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[2];
- 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 sector donde se ubica

[2] 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.

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 Nº 226/2006, es así como nos encontramos con una extracción de 1.600 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[3], una reducción progresiva del caudal promedio anual máximo de extracción hasta alcanzar un caudal promedio anual de salmuera de 1.187,96 l/s y 120 l/s de agua. Asimismo, a inicios

[3] La última versión del Programa de Cumplimiento fue presentada el 29 de septiembre de 2021, aprobado mediante Res. Ex N° 38/Rol F.41-2016..

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[4].

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 15 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 4.4.8 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 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.

[4] Acción 8 del PdC aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

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[5]). 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 N.º 56/2019 de CONAF, que considera, entre otras cosas, controles y autorizaciones de ingreso a diversos sectores de la Reserva por parte de CONAF

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 primer semestre de 2022 de los indicadores de estado definidos han evolucionado, en términos generales, de acuerdo con lo esperado.

A modo de resumen, para el presente periodo reportado (enero a junio 2022) 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 N.º 29 del PSAH. Esta activación se vincula

[5] Acción 5 del PdC, aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

al cambio de la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros, que dio lugar a la primera activación en mayo de 2018.

Durante el semestre reportado se ha producido la activación de la Fase II del indicador L1-4, situación que se mantiene durante todo el semestre. Cabe decir que este indicador se definió como alerta de la actividad extractiva de agua en el acuífero aluvial, pero según la ubicación de este punto, éste se encuentra desconectado hidráulicamente del acuífero aluvial. No obstante, los análisis realizados para el informe de investigación y de efectividad de la medida concluyen también que la medida adoptada, en forma de reducción de los caudales de los pozos Allana y Mullay-1 han sido efectivos en el acuífero aluvial y en los pozos del entorno.

En el Sistema Aguas de Quelana se produjo la activación de Fase II del indicador L5-10 durante el semestre pasado, en diciembre 2021, lo cual fue reportado en el informe PSAH N.º 30. Próximo al cierre del informe el nivel ascendió, desactivando temporalmente la Fase II. Es en septiembre (2022) que se produce de nuevo la activación del indicador. Los informes de investigación elaborados llevan a que las causas de este descenso son producto del efecto de las extracciones de salmuera de SQM y en menor medida las extracciones de Albermale, junto con el agravante del periodo de escasas lluvias en la cuenca que se viene dando entre 2020 y 2022. Los informes de efectividad de la medida dan cuenta de que se requiere de un mayor tiempo para comprobar los efectos de la reducción de salmuera sobre el entorno del indicador.

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 Nº226/2006, en caso de activación de Fase I, corresponde dar aviso a la autoridad (Superintendencia del Medio Ambiente) y disponer que el monitoreo de estos puntos pase de mensual a quincenal, lo que estaría cubierto con las medidas diarias que SQM se efectúan a los pozos pertenecientes al PC.

Por otro lado, el indicador L2-27 activa la Fase I en enero (2022) y luego, en febrero (2022) la Fase II. Esta situación se da producto de que, en esta época del año, el pozo reproduce su mínimo estacional.

Posteriormente, durante la recuperación hacia el máximo estacional, en junio sale de Fase I y Fase II cerrando así el semestre sin ninguna de las fases activadas.

Respecto del sistema Peine, en el presente semestre reportado se activa la Fase I de los tres indicadores. En septiembre (2021) se produjo la primera activación del sistema, en el indicador L10-11. Posteriormente, en febrero (2022) ya dentro del presente semestre reportado, se produjo la activación de un segundo indicador en este caso el 1028. Durante el mes de marzo se produjeron una serie de pequeños eventos de lluvia que produjeron un aumento de los niveles en estos indicadores, lo que supuso que, de forma temporal, los niveles ascendieran sobrepasando el umbral de Fase I y posteriormente retomar la pendiente de descenso, volviendo entonces a sobrepasar el umbral. Finalmente, en el mes mayo (2022) se produjo también la activación del tercer indicador, el L10-4.

Según el PdC, se requiere la elaboración de un informe a los seis meses de cada activación que aplique la Herramienta de Verificación de Efecto Sinérgico (HVES), los cuales han sido entregados en el momento del cierre el presente reporte. En resumen, de los informes HVES resultantes se obtiene que la mayor parte de la contribución de los descensos que han generado dichas activaciones vendría por parte de la extracción de SQM, alrededor del 80% y el 20% restante (aproximadamente) sería producto de la extracción de Albermale.

Se recalca que, en la primera entrega de un informe HVES se elaboró un análisis crítico de la metodología HVES, lo que ha llevó a generar una propuesta de modificación en esta herramienta con el propósito presentar resultados más representativos; los procesos naturales de un sistema hidrológico no producen cambios de forma lineal, por lo que se vuelve necesario que la revisión de las acciones sea de forma cronológica y no de forma agregada como se describe en la metodología inicial.

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. La Fase II se produce dentro del periodo reportado (enero 2022) y permanece así durante todo el semestre.

iv. **L5-10 (Sistema Aguas de Quelana):** en diciembre (2021) se produce la activación de la Fase II, desactiva la misma en junio 2022 y posteriormente activa la Fase II de nuevo en septiembre 2022 (fuera del periodo reportado).

v. **L4-12 (Sistema Aguas de Quelana):** en enero (2022) se produce la activación de la Fase I y posteriormente, en marzo (2022) se produce la desactivación.

vi. **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.

vii. **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.

viii. **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.

ix. **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.

x. **L10-11 (Sistema Peine):** en septiembre (2021) se produce la activación de la Fase I, desactiva la misma en marzo 2022 y posteriormente activa la Fase I de nuevo en abril 2022. Se mantiene en la misma situación durante todo el periodo reportado.

xi. **1028 (Sistema Peine):** en febrero (2022) se produce la activación de la Fase I, desactiva la misma en marzo 2022 y posteriormente activa la Fase I de nuevo en mayo 2022. Se mantiene en la misma situación durante todo el periodo reportado.

xii. **L10-4 (Sistema Peine):** en mayo (2022) se produce la activación de la Fase I. 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, extensión lagunar y cuña salina) 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.

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

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°31 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (en adelante PSAH) y tiene por objeto reportar y analizar la información recolectada durante el primer semestre del año 2022 (periodo enero – junio del 2022), 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). El compromiso deriva específicamente de 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[6].

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 (primer semestre de 2022), las mediciones de nivel y caudal efectuadas con frecuencias menores a diarias han sido realizadas por la ETFA 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

[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 ajustará a lo indicado en el Protocolo de ingreso aprobado por la Resolución Nº 56 de junio de 2019 de CONAF.

puntos dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos (en adelante 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.

No obstante, lo anterior, con fecha 25 de abril (de 2022) se publicó en el Diario Oficial las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, que actualizan y reemplazan las resoluciones asociadas a requisitos y operatividad para las ETFAs, Inspectores/as Ambientales (IA) y titulares según el siguiente detalle:

- **RES. EX. N.º 573/2022:** Dicta instrucción de carácter general para la operatividad del reglamento de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental ETFA, para titulares de instrumentos de carácter ambiental. Este documento actualiza y reemplaza las resoluciones exentas N.º 986/2016, Nº1.094/2016 y Nº1.024/2017.
- **RES. EX. N.º 574/2022:** Dicta instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental e Inspectores Ambientales y revoca resoluciones que indica. Este documento actualiza y reemplaza la Resolución Exenta N.º 127/2019.
- **RES. EX. N.º 575/2022**: Dicta instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental y revoca resoluciones que indica. Este documento actualiza y reemplaza la Resolución Exenta N.º 126/2019.

A efectos del titular, SQM, sin considerar los cambios que suponen estas nuevas resoluciones al funcionamiento interno de la misma ETFA, el principal cambio en que se traduce la aplicación de esta nueva normativa se detalla concretamente en la RES. EX. N.º 573/2022, y resulta en la definición del responsable de la medición (entre el titular y la ETFA) en función de la variable y la frecuencia comprometida de cada caso. Para la aplicación de estos cambios se ha requerido de un periodo de transición y adaptación, tanto por parte de la ETFA como de SQM, lo que ha llevado a que no haya sido posible proceder bajo la nueva normativa hasta el 6 de septiembre (de 2022). De esta forma, a pesar de que la aprobación de la normativa se haya dado durante el primer semestre 2022, es a partir del segundo semestre que estos cambios han sido efectivos.

Por otro lado, tal y 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[7] 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.

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.

[7] 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.

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[8] Mantención y descarga de datos de estaciones meteorológicas
SEGEA	Mediciones de nivel freático y nivel de agua superficial (incluidos los puntos del ex convenio CONAF-SQM). Caudales superficiales. Muestreo de aguas, medición de parámetros de campo
ALS Environmental S.A.	Análisis de parámetros fisicoquímicos en laboratorio
SRGIS	Procesamiento de imágenes satelitales y cálculo de extensión lagunar derivado
ATYGEO	Levantamiento de puntos de control para procesamiento de imágenes satelitales. Actividades en terreno para obtención RTK y cálculo extensión lagunar derivado. Actividades en terreno para levantamiento de estacas perimetrales y cálculo extensión lagunar derivado, en el marco de ex convenio CONAF-SQM.

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[9].

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

[9] En enero de 2022 se presentó 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
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 enero - junio de 2022.

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 las principales incertidumbres asociadas a los métodos utilizados.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Salar de Atacama, objeto del presente informe de seguimiento se localiza en la Región de Antofagasta, provincia el Loa, a 55 km al sur de la Comuna de San Pedro de Atacama y 316 km al noreste de Antofagasta (capital regional). Se encuentra a una altura aproximada de 2.300 m.s.n.m., tiene unos 100 km de largo y 80 km de ancho aproximadamente, abarcando un área aproximada de 3.100 km2. El núcleo del Salar, donde se ubican las faenas extractivas de salmuera, posee una superficie aproximada de 1.100 km2, y está rodeado por una zona marginal de unos 2.000 km2 de extensión aproximadamente. Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial que alberga un acuífero desde donde el titular realiza la extracción del agua industrial para el proyecto.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OBJETO DEL PSAH

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el PSAH contempla mediciones en siete sistemas y/o sectores del salar de Atacama; en la Figura 4-1 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

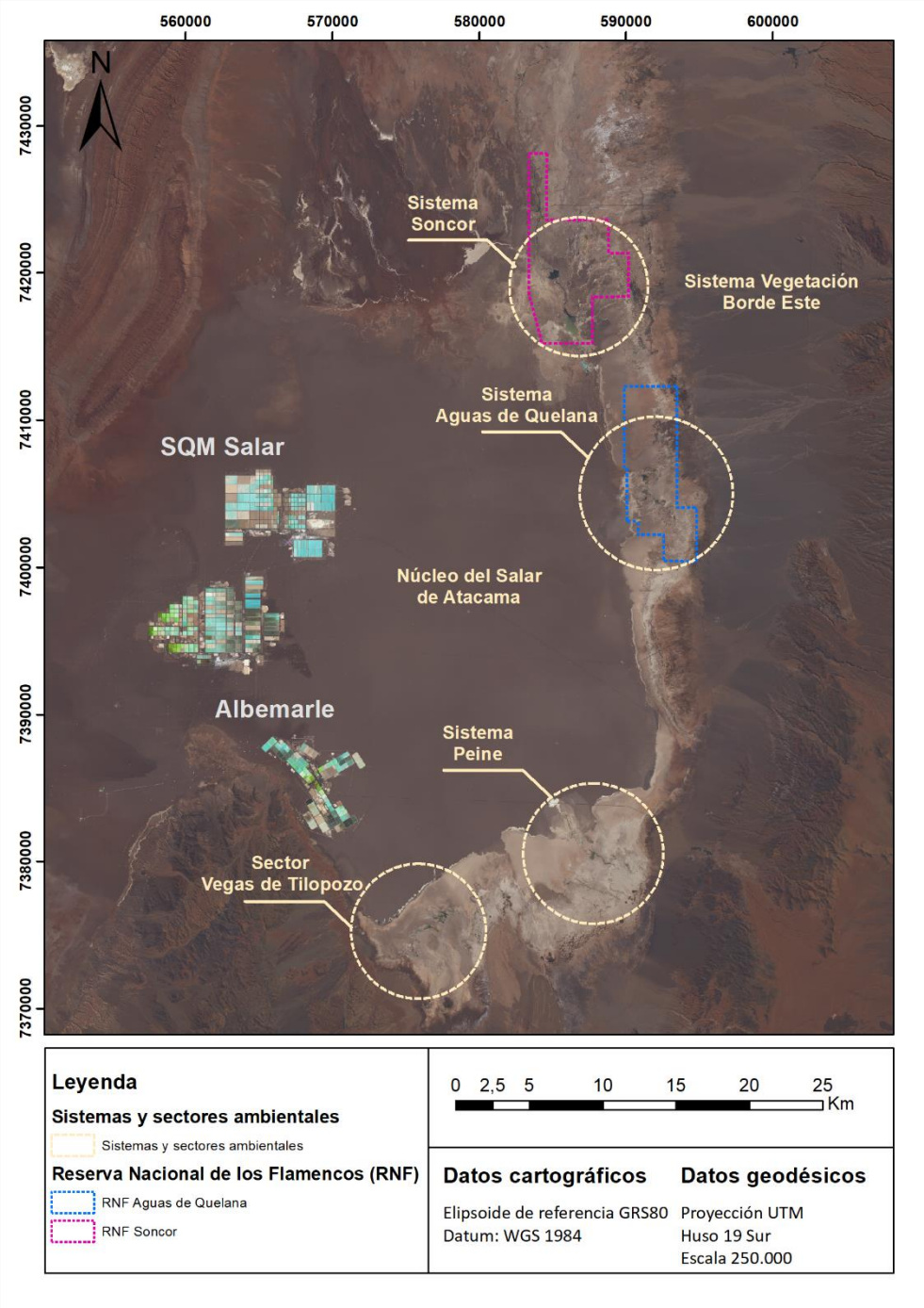
la laguna a través de 2 puntos principales: uno ubicado al oeste de la laguna (conocido como Cola de Pez) y el otro al extremo sur de la misma (conocido como Desborde sur).

- **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[10].

[10] 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 4-15

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



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020

En la Tabla 4-1 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 4-2 puede verse también los actuales polígonos que delimitan la Reserva Nacional Los Flamencos, para Soncor y Aguas de Quelana.

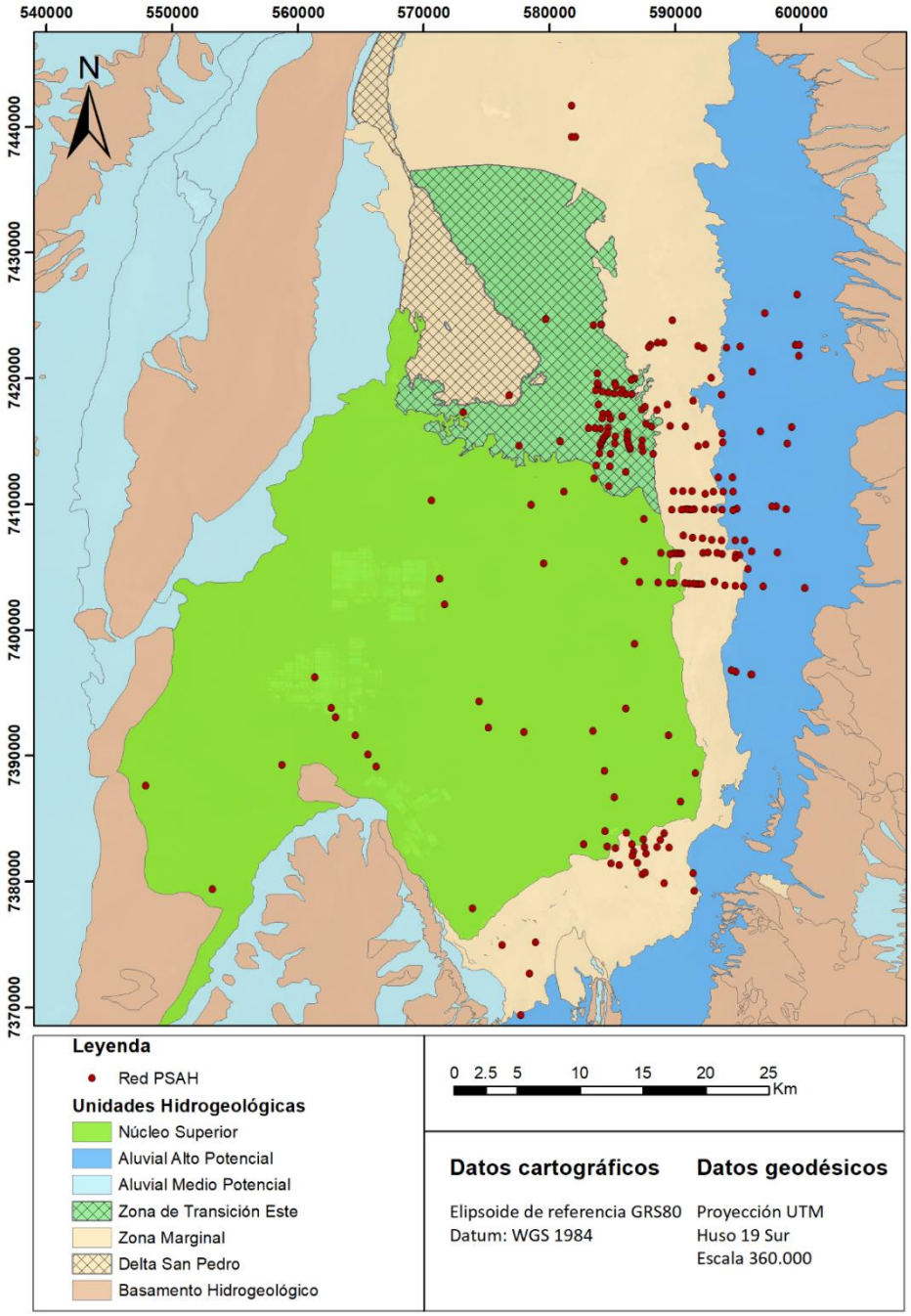
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección

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 4-2, esto es; zona aluvial, zona marginal y zona núcleo. Esta delimitación tiene como base referencial la identificación de las Unidades Hidrogeológicas (UH) en el acuífero libre superior de la cuenca, lo que permite clasificar los distintos comportamientos hidrológicos e hidrogeológicos esperables en cada sector o sistema.

Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama basado en la delimitación de las unidades hidrogeológicas (UH)



Fuente: Elaboración propia

4.3 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES

Con base a la RCA 226/2006 y la Res. Ex. N.º 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" se ha considerado pertinente entregar un informe de Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) considerando los resultados de la elaboración de línea base de la influencia del proyecto, como también los potenciales efectos ambientales. La forma en que se reportan estos parámetros en los anexos de este informe se basa en las indicaciones contenidas en la Res. Ex. N.º 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 N° 226/2006 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 4-2 se muestran las variables y los parámetros que se reportan en el presente informe y que parten del compromiso adquirido en la RCA N.º 226/2006. 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. N.º 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. N.º 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.

No obstante lo anterior, con fecha 25 de abril (de 2022) se publicó en el Diario Oficial las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, que actualizan y reemplazan las resoluciones asociadas a requisitos y operatividad para las ETFAs, Inspectores/as Ambientales (IA) y titulares según el siguiente detalle:

- **RES. EX. N.º 573/2022:** Dicta instrucción de carácter general para la operatividad del reglamento de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental ETFA, para titulares de instrumentos de carácter ambiental. Este documento actualiza y reemplaza las resoluciones exentas N.º 986/2016, Nº1.094/2016 y Nº1.024/2017.
- **RES. EX. N.º 574/2022:** Dicta instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental e Inspectores Ambientales y revoca resoluciones que indica. Este documento actualiza y reemplaza la Resolución Exenta Nº 127/2019.
- **RES. EX. N.º 575/2022**: Dicta instrucción de carácter general que establece los requisitos para la autorización de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental y revoca resoluciones que indica. Este documento actualiza y reemplaza la Resolución Exenta N.º 126/2019.

A efectos del titular, SQM, sin considerar los cambios que suponen estas nuevas resoluciones al funcionamiento interno de la misma ETFA, el principal cambio en que se traduce la aplicación de esta nueva normativa se detalla concretamente en la RES. EX. Nº573/2022. El alcance de esta resolución concretamente, menciona que el titular del proyecto (en este caso SQM) que tenga la obligación de realizar mediciones, análisis y muestreo, deberá contratar una ETFA para la realización de dichas actividades y que deberán ser entregados los resultados derivados en un informe cuyo contenido mínimo ha sido regulado por la SMA en el documento “Instrucción de carácter general que establece directrices generales para la operatividad de las entidades técnicas de fiscalización ambiental. En este sentido, esta parte permanece igual respecto la resolución anterior; los principales cambios responden a las nuevas excepciones definidas para el sistema ETFA, y es que señala que NO se requerirá que las actividades de muestreo y/o medición sean realizadas por una EFTA, en el componente agua, cuando tales actividades cumplan alguna de las tres

condiciones que se reescriben a continuación. Para cada una de estas condiciones, en la parte inferior se detalla el alcance con respecto el seguimiento ambiental concreto que mantiene SQM según su RCA Nº226/2006:

i. Para los parámetros Nivel freático y Nivel de agua, cuando el punto de medición no cuente con un valor límite o umbral de cumplimiento establecido en un instrumento de carácter ambiental de competencia de esta Superintendencia. Las actividades de muestreo y/o medición deberán ser ejecutadas por el personal del titular del proyecto, para lo cual se deberá demostrar su competencia técnica y mantener los registros del control metrológico de los equipos utilizados en tales mediciones, en los mismos términos descritos en el párrafo anterior referido a las actividades automatizadas (condición iii).
El principal cambio, en los términos en que se ha estado procediendo hasta ahora, respecto de la medición de niveles del PSAH, radica en el responsable encargado de la medición según la frecuencia comprometida; las mediciones mensuales serán medidas ahora por SQM, mientras que las mediciones diarias serán medidas ahora por la ETFA.

   - En la Tabla 4-2 se añade una columna en donde se especifica el cambio para este caso.
   - Respecto de la demostración de la competencia técnica del equipo de SQM designado para las mediciones correspondientes, en el Anexo 3.4 del presente informe se entregan los Currículum de los monitores.

ii. Para los siguientes parámetros, cuando las actividades de muestreo y/o medición sean realizadas con una frecuencia horaria (todas las horas) o diaria (todos los días): *caudal, volumen acumulado, cloro libre residual o cloro libre, cloro total o cloro residual, conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos sedimentables, temperatura, turbiedad.*
Las actividades de muestreo y/o medición deberán ser ejecutadas por el personal del titular del proyecto, para lo cual se deberá demostrar su competencia técnica y mantener los registros del control metrológico de los equipos utilizados en tales mediciones, en los mismos términos descritos en el párrafo anterior referido a las actividades automatizadas (condición iii).

   - Dado que los parámetros mencionados son medidos con frecuencias menores a las indicadas, esta excepción al nuevo alcance de las ETFA no aplicaría para el PSAH de SQM.
   - En la Tabla 4-2 puede verse el detalle.

iii. Para cualquier parámetro del componente agua, cuando las actividades de medición son llevadas a cabo en forma automatizada, en cuyo caso, los titulares deberán mantener registros asociados al control metrológico (calibraciones, verificaciones, entre otros) y mantenciones de los equipos utilizados en tales mediciones, así como demostrar la competencia técnica de los operadores de

los mencionados equipos. La competencia técnica del personal podrá ser demostrada a través de registros, capacitaciones, evaluaciones, entre otros.

- Respecto de los registros asociados al control metrológico, en el Anexo 3.2 y 3.3 se entregan los certificados de calibración de todos los equipos que SQM usa para las mediciones automatizadas del PSAH.
- Respecto de la demostración de la competencia técnica del equipo de SQM designado para las mediciones correspondientes, en el Anexo 3.4 del presente informe se entregan los Currículum de los monitores.

Así, tal y como se ha descrito anteriormente, el principal cambio que afecta al seguimiento de las variables del PSAH de SQM es la nueva definición del responsable de las mediciones de nivel, y en concreto el nuevo compromiso de la medición diaria (pozos del PC) pasa a ser de la ETFA y el resto de las mediciones, de SQM. Ello ha llevado a la obligación de configurar un nuevo contrato por parte de SQM con SEGEA en este caso (en el Anexo 04.5 se entrega email conforme la solicitud de nuevo presupuesto a SEGEA). Adicionalmente, la empresa SEGEA se ha visto obligado a generar una serie de cambios internos, en términos estructurales y de personal, no solo por la solicitud de SQM, sino también por la afectación por su parte de las RES. EX. N.º 574/2022 y RES. EX. N.º 573/2022.

De esta forma, para la aplicación de estos cambios se ha requerido de un periodo de transición y adaptación, tanto por parte de la ETFA como de SQM, lo que ha llevado a que no haya sido posible proceder bajo la nueva normativa hasta el 6 de septiembre (de 2022). De esta forma, a pesar de que la aprobación de la normativa se haya dado durante el primer semestre 2022, es a partir del segundo semestre que estos cambios han sido efectivos. En el Anexo 04.5 se entrega también una carta elaborada por SEGEA donde se explica por fechas los avances que se han ido dando entre la ETFA y SQM hasta la implementación de la normativa.

Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Formato de reportabilidad de la data	Método | Frecuencia | Responsable de la medición *Según normativa previa a la RES. EX. Nº 573/2022*	Método | Frecuencia | Responsable de la medición *Cambios derivados de la aplicación de la RES. EX. Nº 573/2022*
Agua	Agua subterránea	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020	**Red PSAH:** Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM	**Red PSAH:** Manual | Mensual | SQM Continua | 1 min | SQM
					Red PC: Manual | Diaria | SQM Continua | 1 min | SQM[11]	**Red PC**: Manual | Diaria | ETFA Continua | 1 min | SQM
					Mediciones manuales voluntarias: Red PSAH | Mensual | SQM Red PC | Quincenal| ETFA	-
			Caudal bombeo	Res. Ex. N° 894/2020	Continua | Mensual | SQM	No aplica
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Semestral | ETFA	No aplica
	Agua superficial	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020[12]	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM	Manual | Mensual | SQM Continua | 1 min | SQM
			Superficie Lacustre[13]	Propio	RTK | 5 años | SQM Estacas | Trimestral | SQM Imágenes satelitales | Anual | SQM	No aplica
			Caudal	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM	No aplica
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Trimestral | ETFA	No aplica
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación Evaporación Velocidad del viento Temperatura	Propio	Continua | 5 min | SQM	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

4.4 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 N.º 226/2006 y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se encontraban todos habilitados el 31 de

[11] 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 4.4 Ubicación de los puntos o áreas de Monitoreo.

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

[13] 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 4.5 Materiales, Equipos y Metodologías de monitoreo.

octubre de 2007. Todos los puntos de monitoreo corresponden a puntos fijos en el tiempo y, en algunos casos, estos puntos forman parte de más de uno de los sistemas objeto de protección.

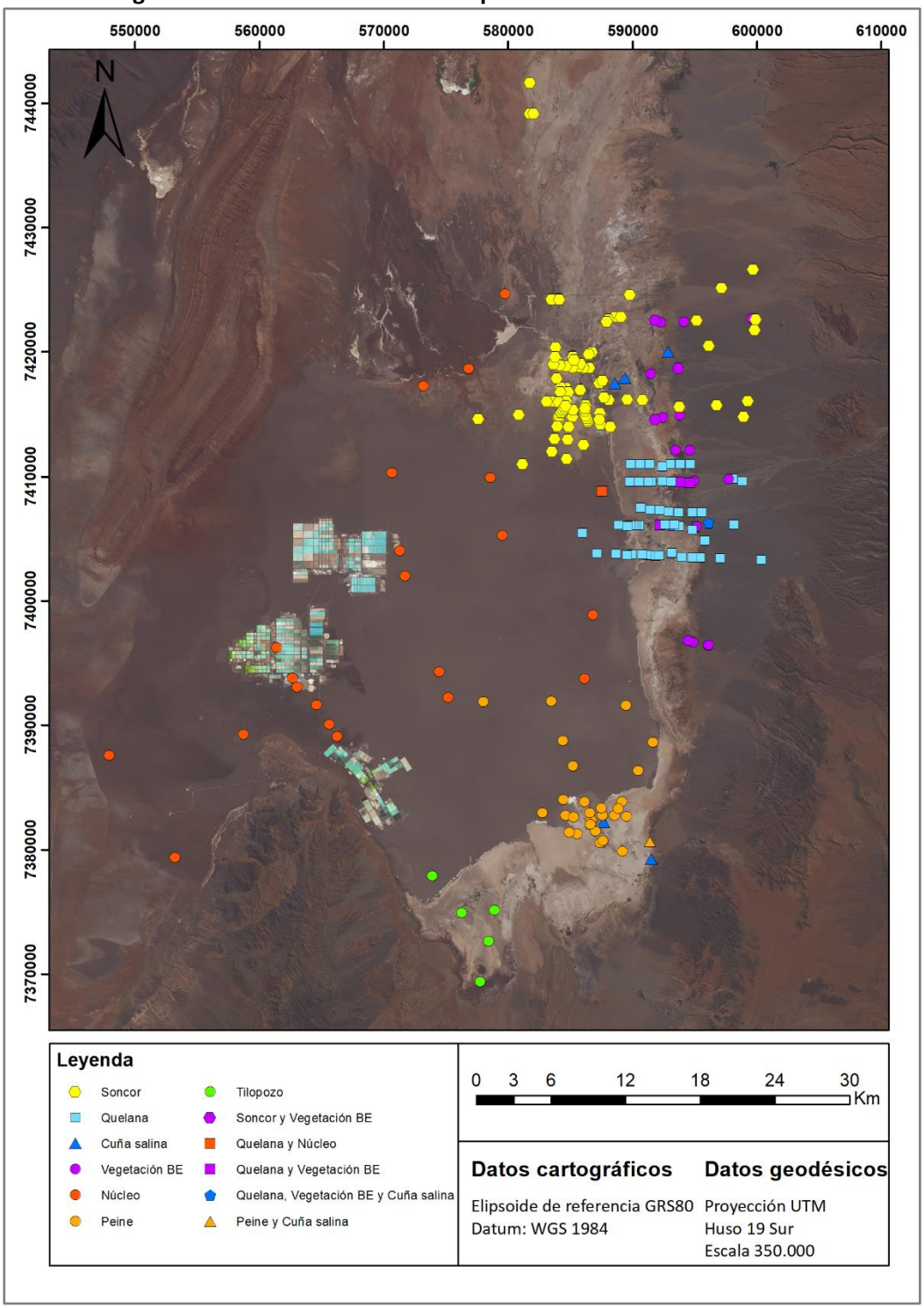
Los puntos de monitoreo del PSAH del proyecto se pueden clasificar en función de la variable ambiental objeto de monitoreo, de la siguiente manera:

- 196 pozos de monitoreo de nivel de agua/salmuera subterránea
- 4 pozos de bombeo de agua industrial
- 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 4-3, 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 N.º 226/2006. 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.

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



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

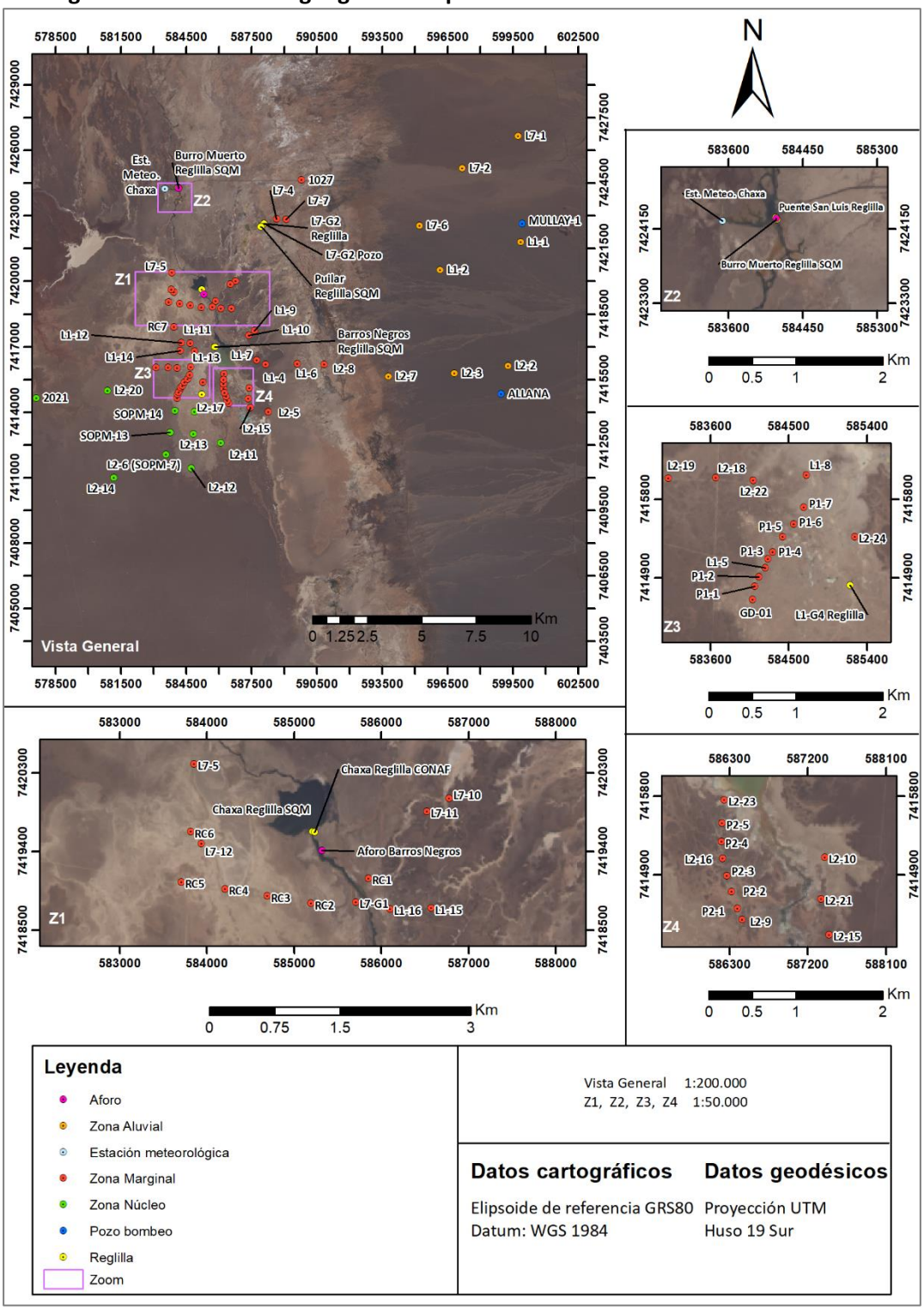
4.4.1 SISTEMA SONCOR

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 4-4, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. En la Tabla 4-3 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), así de esta forma se puede verificar el funcionamiento de los sensores y calibrarlos de nuevo cuando sea necesario.

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



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

Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor[14]

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 (PC)	Diaria
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

[14] Para los puntos indicadores de estado asociados al Plan de Contingencias (indicados en la tabla como PC) del Sistema Soncor denominados pozos L1-5, L1-4, L1-G4 Reglilla y L7-4, 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 L1-3, L2-4, L7-6 y L2-7 que forman parte del Plan de Contingencias del Sistema Borde este, pero se listan en la presente tabla. Indicar que el PdC fue aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

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 (PC)	Diaria
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[15]	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel (PC)	Diaria
L1-4	Pozo	7.416.184,620	588.137,910	Nivel (PC) Calidad 1	Diaria Trimestral

[15] 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		
L1-5	Pozo	7.415.017,400	584.234,490	Nivel (PC) Calidad 1	Diaria Trimestral
L7-1	Pozo	7.426.657,160	599.732,770	Nivel	Mensual
L7-2	Pozo	7.425.182,290	597.177,200	Nivel	Mensual
L7-3	Pozo	7.422.583,150	591.858,280	Nivel (PC) Calidad 1	Diaria Trimestral
L7-4	Pozo	7.422.857,860	588.645,260	Nivel (PC)	Diaria Continuo
L7-5	Pozo	7.420.404,720	583.851,590	Nivel	Mensual
L7-G2	Pozo	7,.22.646,485	588.066,951	Nivel	Continuo
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 (PC) Calidad 1	Diaria 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
L1-G4 Reglilla	Reglilla	7.414.816,880	585.209,910	Nivel (PC) Calidad 1	Diaria Trimestral
L1-G4 Pozo	Reglilla	7.414.816,621	585.210,673	Nivel	Continuo
L7-G2 Reglilla[16]	Reglilla	7.422.644,485	588.066,951	Nivel	Mensual
L7-G2 Pozo	Reglilla	7422646,485	588066,951	Nivel	Continuo
Reglilla Barros Negros SQM	Reglilla	7.416.975,777	585.802,725	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Reglilla Barros Negros CONAF	Reglilla	7.416.990,132	585.823,712	Nivel	Mensual
Reglilla Chaxa SQM	Reglilla	7.419.630,863	585.209,976	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral

[16] Las coordenadas mostradas en la tabla corresponden a la infraestructura repuesta, ya que la original se encontró caída durante el monitoreo del segundo semestre 2021 (informado en el informe PSAH Nº 30).

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
Reglilla Chaxa CONAF[17]	Reglilla	7.419.626,964	585.233.081	Nivel	Mensual
Reglilla Puilar SQM	Reglilla	7.422.497,026	587.947,438	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
Reglilla Puilar CONAF	Reglilla	7.422.502,187	587.940,752	Nivel	Mensual
Reglilla Burro Muerto SQM	Reglilla	7.424.265,027	584.156,079	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
Reglilla Burro Muerto CONAF[18]	Reglilla	7.424.262,130	584.154,081	Nivel	Mensual
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
Puente San Luis Reglilla	Reglilla	7.424.281,174	584.141,109	Nivel	Mensual
Puente San Luis Pozo	Reglilla	7.424.282,452	584.142,704	Nivel	Continuo
RC-1[19]	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

[17] Las coordenadas mostradas en la tabla corresponden a la infraestructura repuesta, ya que la original se encontró caída durante el monitoreo del primer semestre 2021 (informado en el informe PSAH N.º 29).

[18] Las coordenadas mostradas en la tabla corresponden a la infraestructura repuesta, ya que la original se encontró caída durante el monitoreo del presente semestre reportado (primer semestre 2022), lo que se informa al final del presente capítulo.

[19] 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.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
ALLANA	Pozo Bombeo	7.414.838,020	598.957,610	Nivel Calidad 4 Volumen	Mensual Trimestral Mensual
Laguna Barros Negros	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años[20] 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.

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

[20] 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.

Tabla 4-4: 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).

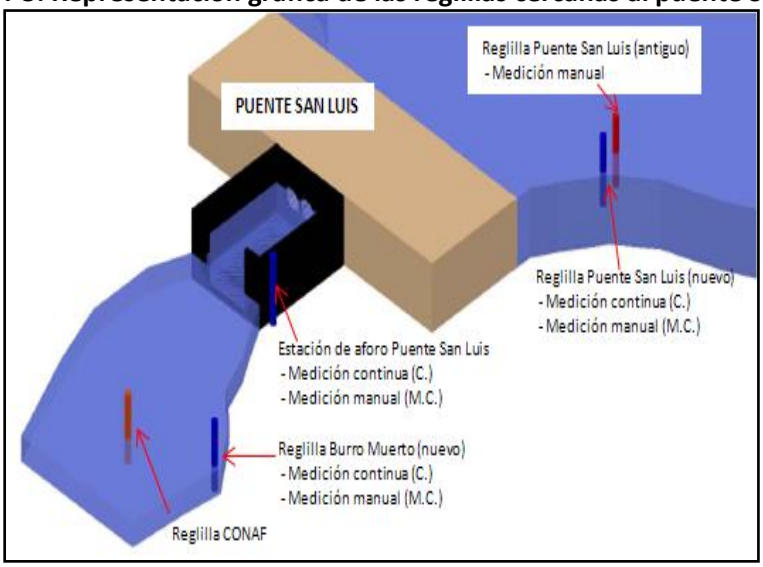
A modo explicativo, en la Figura 4-5 se presentan las reglillas y aforos instalados en el entorno del puente San Luis (Figura 4-5):

i. **Reglilla Puente San Luis**: Aguas arriba del puente San Luis existen dos reglillas que han sido monitoreadas históricamente por SQM (reglilla Puente San Luis nueva y antigua); la reglilla nueva es usada actualmente 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.

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



Fuente: Elaboración propia.

De forma paralela, tal y como también se anticipó en el informe PSAH N.º 29 y PSAH N.º 30, 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 4-6), por lo que la caída debió haberse producido en el intervalo de estas dos fechas.

Si bien se han hecho algunas visitas al punto para el levantamiento topográfico del nuevo punto de referencia, correspondiente a la reglilla repuesta, en este entorno se requiere de mediciones en varios hitos intermedios que precisan, por tanto, de más mediciones y visita de diversos puntos en la misma campaña. Dado que el ingreso a Puilar es bastante restringido, no ha sido posible todavía realizar la extensa campaña de mediciones que se precisa para un correcto resultado. Por lo que todavía, no se dispone de una elevación definitiva para esta infraestructura.

No obstante lo anterior, las mediciones de nivel comprometidas sobre el punto L7-G2 Reglilla se han mantenido en la misma frecuencia que la se estipula en la RCA N.º 226/2006, con el fin de dar cumplimiento a las obligaciones ambientales derivadas. Es por este motivo que la visualización de los resultados, en términos de metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) del capítulo de resultados (5.1.2.1.4.1) y de análisis histórico (6.1.1.1.4), no se está visualizando en la altura que le corresponde todavía. En el momento en que se disponga de la elevación definitiva del punto de referencia, automáticamente estas mediciones de nivel se trasladarán a la cota correspondiente.

De todas formas, dado que en el entorno de esta infraestructura se encuentran otros puntos muy próximos y que miden el mismo cuerpo de agua (L7-G2 Pozo, Puilar Reglilla CONAF y Puilar Reglilla SQM), no se considera que esta falta pueda estar ocasionando una deficiencia en el seguimiento de este sistema.

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 4-6: Registro fotografico de 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 a reportar se registra en la visita a terreno del día 15 de marzo de 2022, en la que se encontró caída la reglilla Chaxa CONAF (Figura 4-7) La última medición se dicha infraestructura se realizó el día 07 de septiembre de 2021 y el hallazgo de la caída el día 15 de marzo de 2022, por lo que, se infiere que la caída ocurrió entre el rango de fechas anteriormente mencionado. Los trabajos necesarios para restituir la reglilla se realizaron en el momento en que se dispuso la autorización de ingreso a RNF Soncor, es decir, el día 22 de junio de 2022 y durante el mismo día se realizó la primera medición en la nueva reglilla.

Figura 4-7 : Registro fotografico de reglilla Chaxa CONAF



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.

En el Anexo 5.3 se encuentra el memorándum conforme el levantamiento topográfico de precisión a la nueva infraestructura, que se realizó el día 24 de junio 2022. En la Tabla 4-5 se muestra la comparación de las coordenadas y elevación de la reglilla original con respecto a la restituida. Tal como se ilustra en la tabla (colores), la nueva infraestructura se encuentra a 0,18 m con respecto a la ubicación de la reglilla original.

Tabla 4-5: Comparación entre las anteriores y las nuevas coordenadas de la reglilla Chaxa CONAF

Fecha último dato previo a la caída	Coordenadas previas a la caída			Fecha primer dato con reglilla restituida	Coordenadas de la infraestructura remplazada		
	Norte	Este	Elevación del punto de referencia [msnm]		Norte	Este	Elevación del punto de referencia [msnm]
07/09/2021	7.419.626,78	585.233,10	2.300,9730	20/07/2022	7.419.626,96	585.233,08	2.300,699

Coordenadas en sistema de referencia WGS 84 Huso 19S. Fuente: Elaboración propia

De igual manera, la elevación del punto de referencia también es diferente, vale decir, la antigua reglilla se encontraba a 27,4 cm más elevada que la nueva (Figura 4-7).Las mediciones que se realizan posterior a la reposición de la nueva reglilla, no presenta saltos entre mediciones previas y posterior a la reposición de reglilla, puesto que, ambas infraestructuras contienen el mismo punto de referencia, es decir, se registran los datos desde el nivel del mar (metros

sobre el nivel del mar) correspondientes al periodo de vigencia de cada infraestructura (2.300,9730 msnm para el periodo entre 01/10/2004 a 07/09/2021 y 2.300,699 msnm desde el 20/07/2022 en adelante).

Figura 4-8: Registro fotográfico de reposición de reglilla Chaxa CONAF



Registro fotográfico del 22/06/2022 del levantamiento topográfico de la nueva reglilla Chaxa CONAF. Fuente: SQM Salar

4.4.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

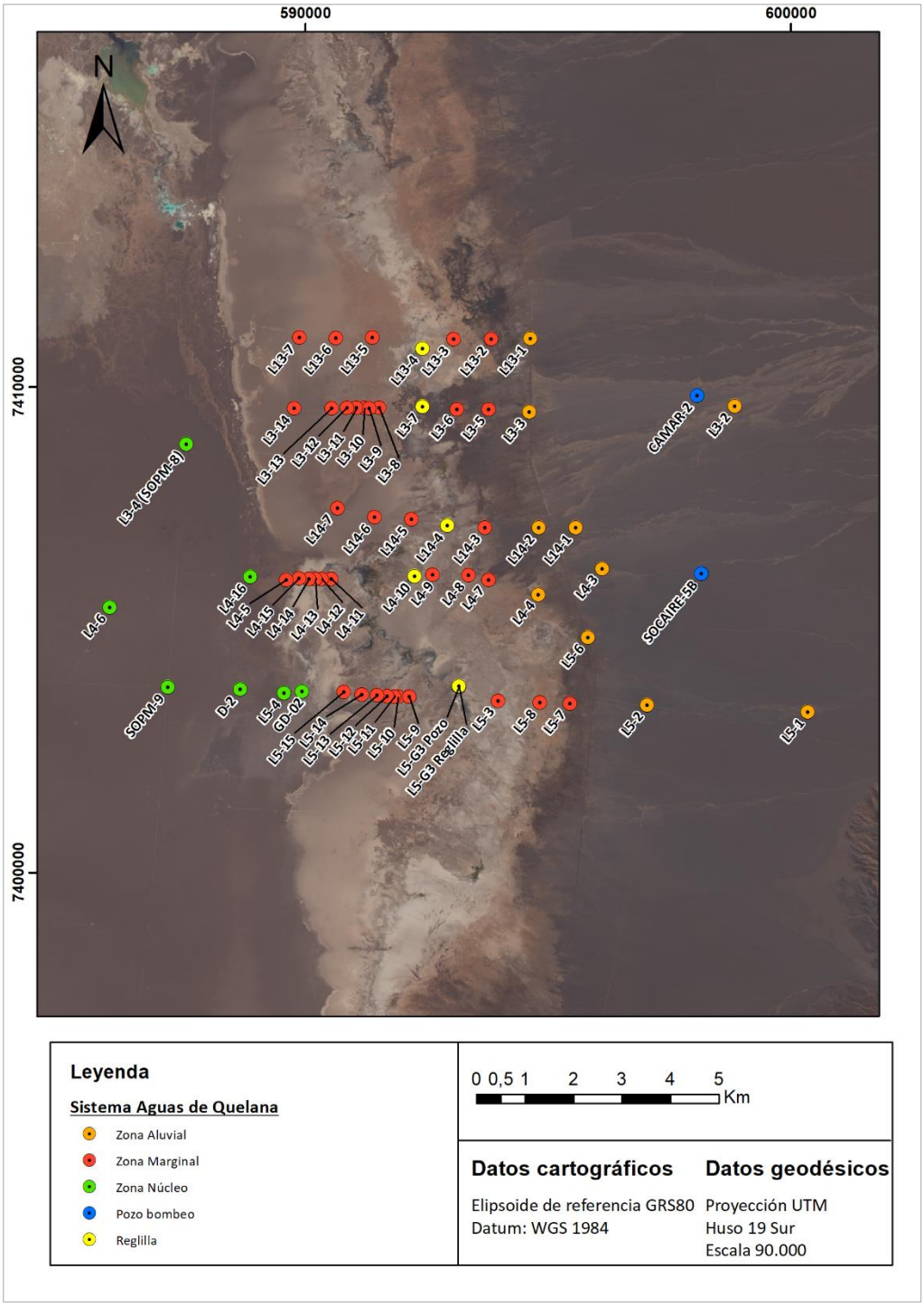
Los puntos que conforman la red de monitoreo del PSAH del Sistema Aguas de Quelana se ubica entre las coordenadas UTM 7.415.000 a 7.400.000 norte y 585.000 a 602.000 este. La totalidad de los puntos corresponden a piezómetros de monitoreo de nivel de agua o salmuera y a reglillas.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-9. 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).

Aunque el pozo de extracción de agua industrial Camar-2 fue desmantelado por completo, tal como se describe en el informe N°30 del PSAH, la medición manual de su nivel y las mediciones continuas en este punto se han mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria, al igual que las mediciones de calidad química.

Figura 4-9: 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[21]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L3-5	Pozo	7.409.547,430	593.776,020	Nivel (PC)	Diario 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 (PC)	Diario Continuo
L3-10	Pozo	7.409.577,910	591.215,470	Nivel	Continuo
L3-11	Pozo	7.409.581,800	591.057,160	Nivel (PC)	Diario
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 (PC)	Diario Continuo
L4-8	Pozo	7.406.127,780	593.360,430	Nivel (PC) Calidad 1	Diario 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 (PC) Calidad 1	Diario 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

[21] Para los indicadores de estado asociados al Plan de Contingencias (indicados como PC en la tabla) 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, L3-3, L4-3 y L3-11 que forman parte del Plan de Contingencias del Sistema Borde este, pero se listan en la presente tabla. Indicar que el PdC fue aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
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
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 (PC)	Diario Continuo
L5-9	Pozo	7.403.630,730	592.139,000	Nivel	Mensual
L5-10	Pozo	7.403.629,280	591.910,900	Nivel (PC)	Diario 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 (PC)	Diario
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 (PC) Calidad 1	Diario 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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L4-10[22]	Reglilla	7.406.210,740	592.251,599	Nivel (PC) Calidad 3	Diario Trimestral
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	Reglilla	7.403.843,512	593.160,262	Nivel	Mensual
L5-G3 Pozo	Reglilla	7.403.837,529	593.160,166	Nivel	Continuo
CAMAR-2	Pozo Bombeo	7.409.831,330	598.072,110	Nivel Volumen Calidad 4	Continuo 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 4-4, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

4.4.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

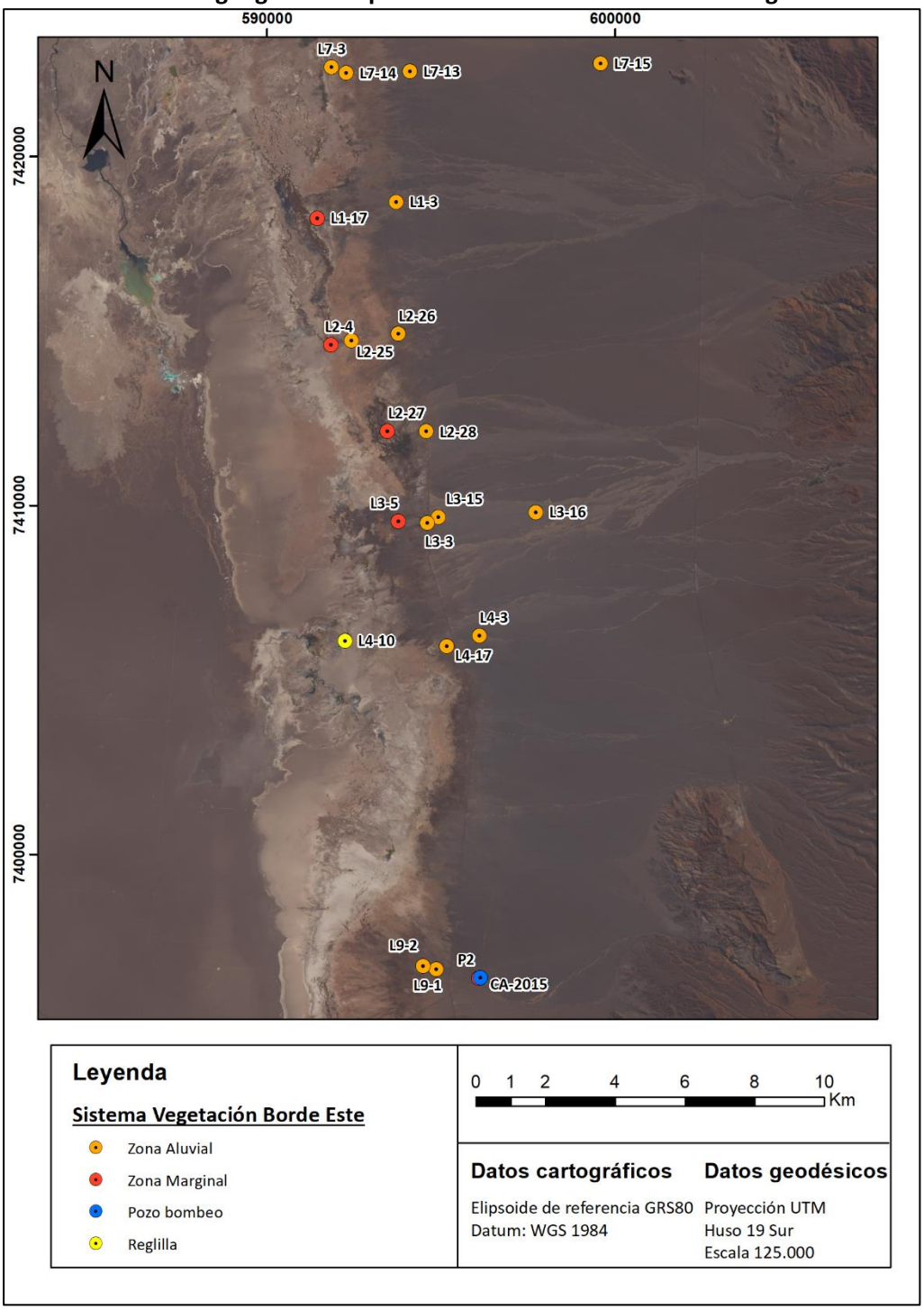
Los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este se encuentran entre las coordenadas UTM 7.425.000 a 7.395.000 norte y 590.000 a 600.000 este. La totalidad de ellos corresponde a puntos de monitoreo de nivel, reglilla y pozo de extracción de agua industrial.

En la siguiente Figura 4-10 se muestra la distribución geográfica de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema. 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.

[22] Con fecha 26 de septiembre de 2019, se efectúa una campaña topográfica de verificación en algunos puntos del PSAH, para este punto se encontró una diferencia en su ubicación de 95,74m. Esto fue debidamente reportado en el Informe PSAH Nº25.

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 4-10: 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[23]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L2-25	Pozo	7.414.726,680	592.439,510	Nivel (PC)	Diario
L3-5	Pozo	7.409.547,430	593.776,020	Nivel	Continuo
L7-14	Pozo	7.422.403,410	592.286,510	Nivel (PC)	Diario
L9-1	Pozo	7.396.682,170	594.862,350	Nivel (PC)	Diario
L9-2	Pozo	7.396.786,420	594.486,720	Nivel (PC)	Diario
L7-13	Pozo	7.422.455,200	594.116,420	Nivel (PC)	Diario
L2-26	Pozo	7.414.918,140	593.786,540	Nivel (PC)	Diario
L3-15	Pozo	7.409.664,060	594.922,470	Nivel (PC)	Diario
L1-17	Pozo	7.418.238,880	591.453,180	Nivel (PC)	Diario
L2-27	Pozo	7.412.130,850	593.470,530	Nivel (PC)	Diario
L2-28	Pozo	7.412.131,550	594.586,000	Nivel (PC)	Diario
L4-17	Pozo	7.405.962,950	595.169,370	Nivel (PC)	Diario
L4-10	Reglilla	7.406.115,110	592.247,070	Nivel (PC)	Diario
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 (PC) Calidad 1	Diario Trimestral
L3-3	Pozo	7.409.496,340	594.614,770	Nivel (PC)	Diario
L7-3	Pozo	7.422.583,150	591.858,280	Nivel (PC) Calidad 1	Diario Trimestral
L1-3[24]	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel (PC)	Diario

[23] 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, L9-2, 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. Indicar que el PdC fue aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

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.

[24] 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		
L4-3	Pozo	7.406.265,010	596.113,200	Nivel (PC) Calidad 1	Diario Trimestral
CA-2015	Pozo Bombeo	7.396.451,888	596.135,704	Nivel Calidad 4 Volumen	Mensual Trimestral Mensual
P2[25]	Pozo	7.396.429,300	596.087,060	Nivel	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 4-4, 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.

4.4.4 SISTEMA PEINE

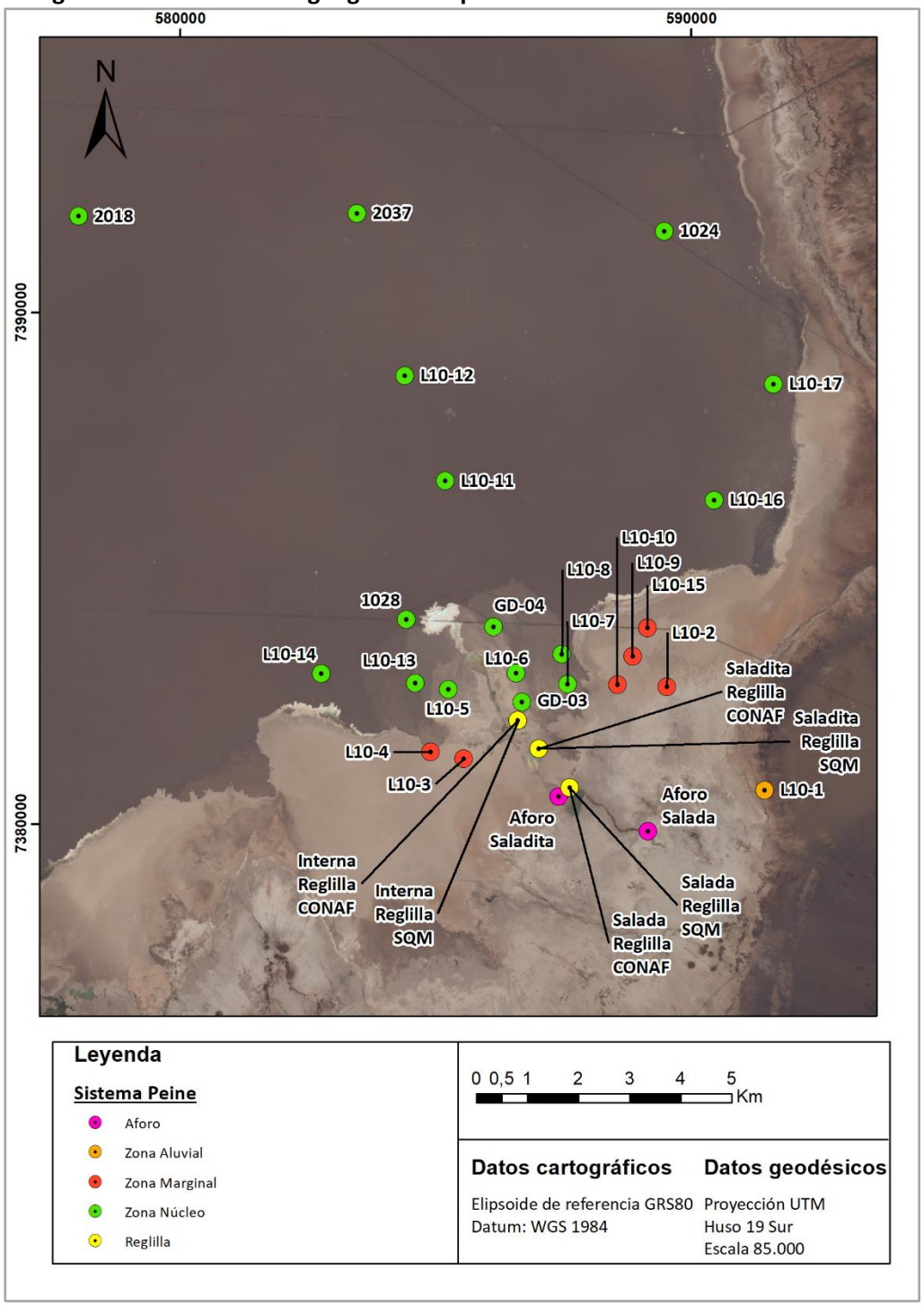
Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector y las lagunas de Salada, Saladita e Interna, 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. 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.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-11. A continuación, en la Tabla 4-8 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de

[25] 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. No obstante, se mantiene la medición mensual de nivel de forma voluntaria en esta infraestructura.

monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-11: 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[26]

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 (PC) Calidad 1	Diario 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 (PC)	Diario
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 (PC) Calidad 1	Diario 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

[26] Los puntos indicadores de estado asociados al Sistema Peine, pozos 1028, L10-11 y L10-4, fueron definidos en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto a la SMA en el procedimiento F-041-2016. Indicar que el PdC fue aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
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
Laguna Salada	Laguna	7.380.706,645	587.624,464	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual[27]
Laguna Saladita	Laguna	7.381.471,227	587.023,022	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual[25]
Laguna Interna	Laguna	7.382.021,412	586.614,799	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual[25]

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-19, 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 4-4, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

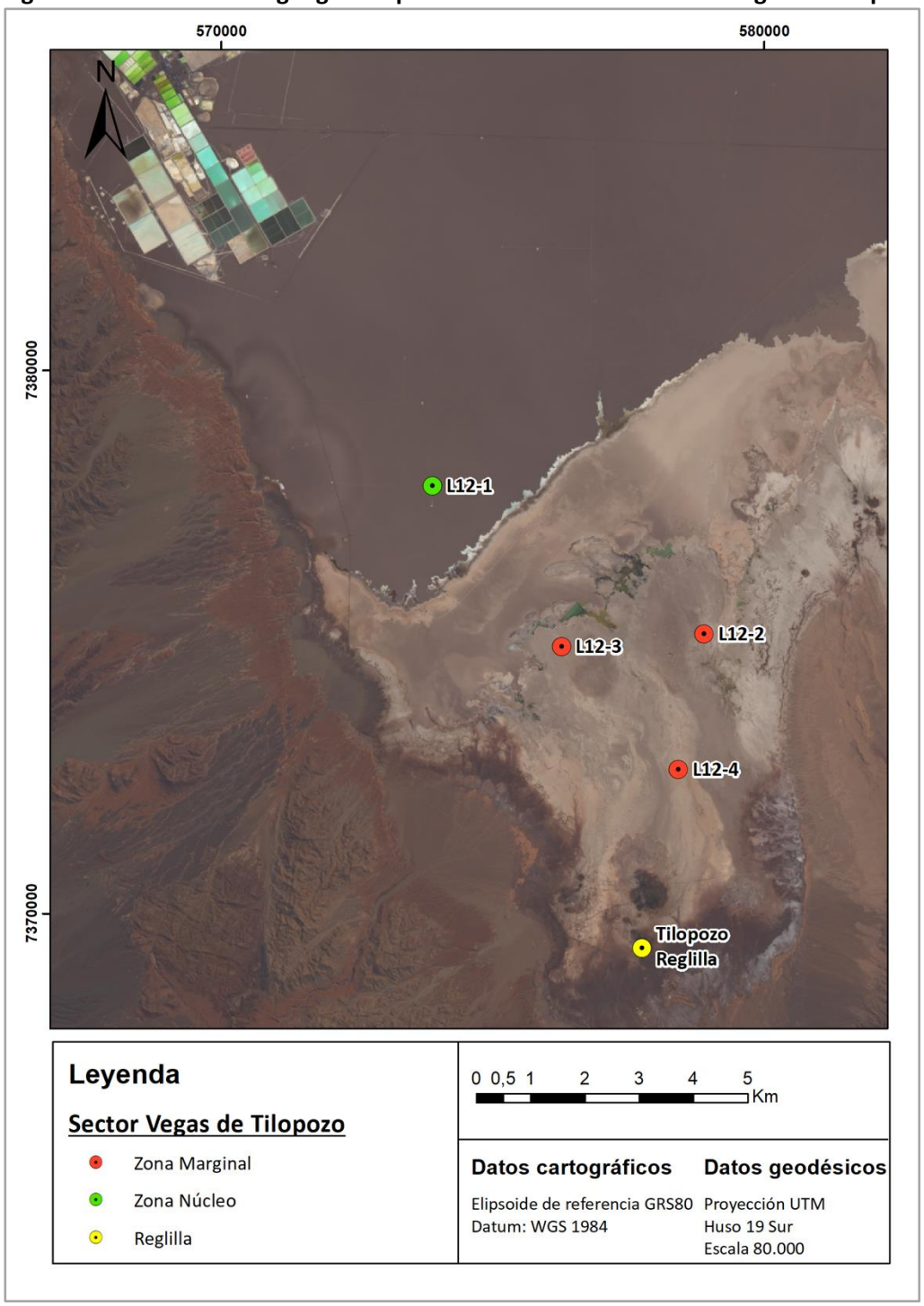
4.4.5 SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

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 4-12, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Tabla 4-9. 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.

[27] Actualmente con PdC 2022, se compromete el aumento de frecuencia de monitoreo de anual a trimestral. PdC fue aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

Figura 4-12: 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[28]	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
Reglilla Tilopozo	Reglilla	7.369.363,760	577.756,460	Nivel	Mensual

Fuente: Elaboración propia.

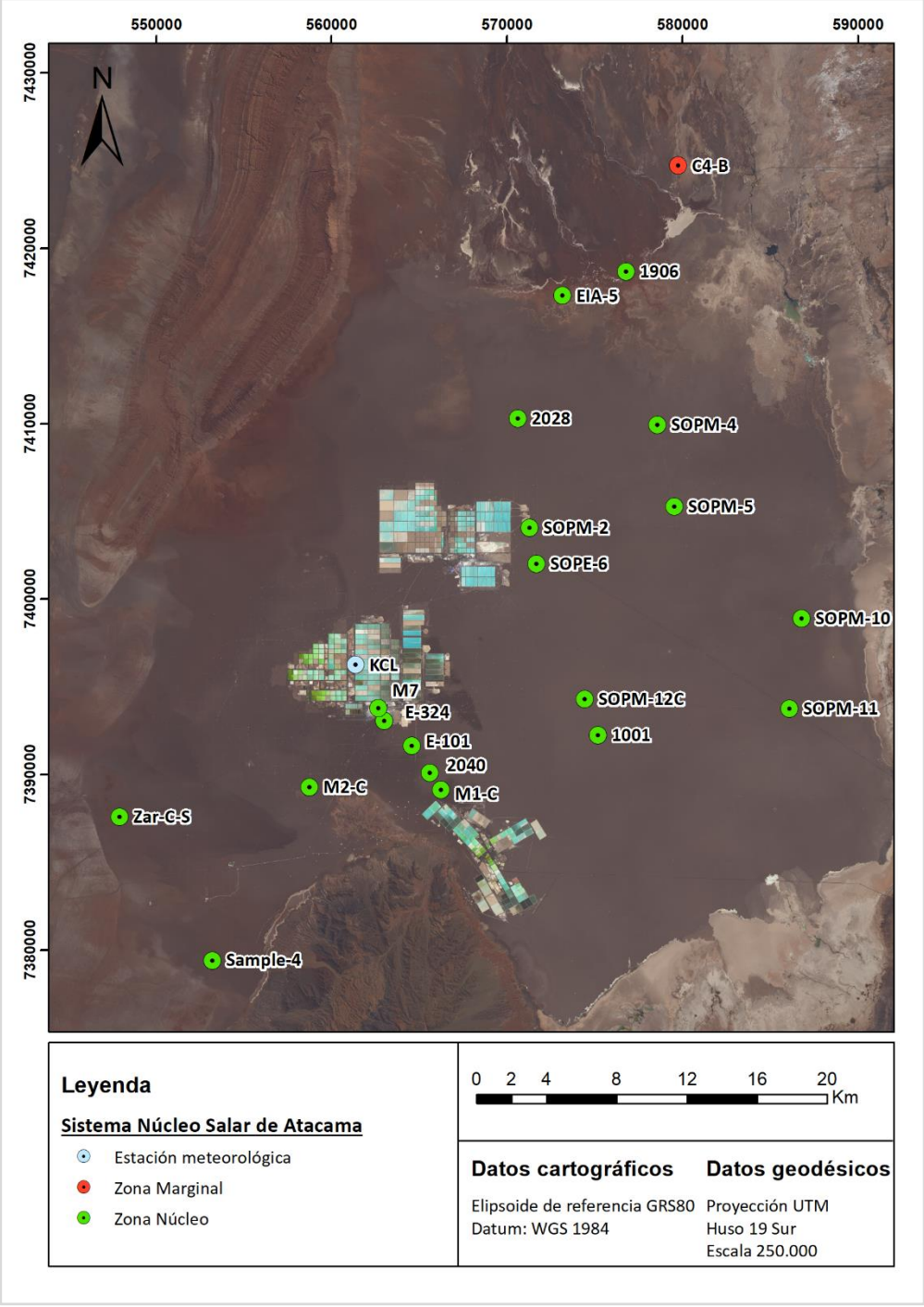
4.4.6 NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

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 4-13. 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.

[28] 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 4-13: 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[29]

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).

[29] 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.

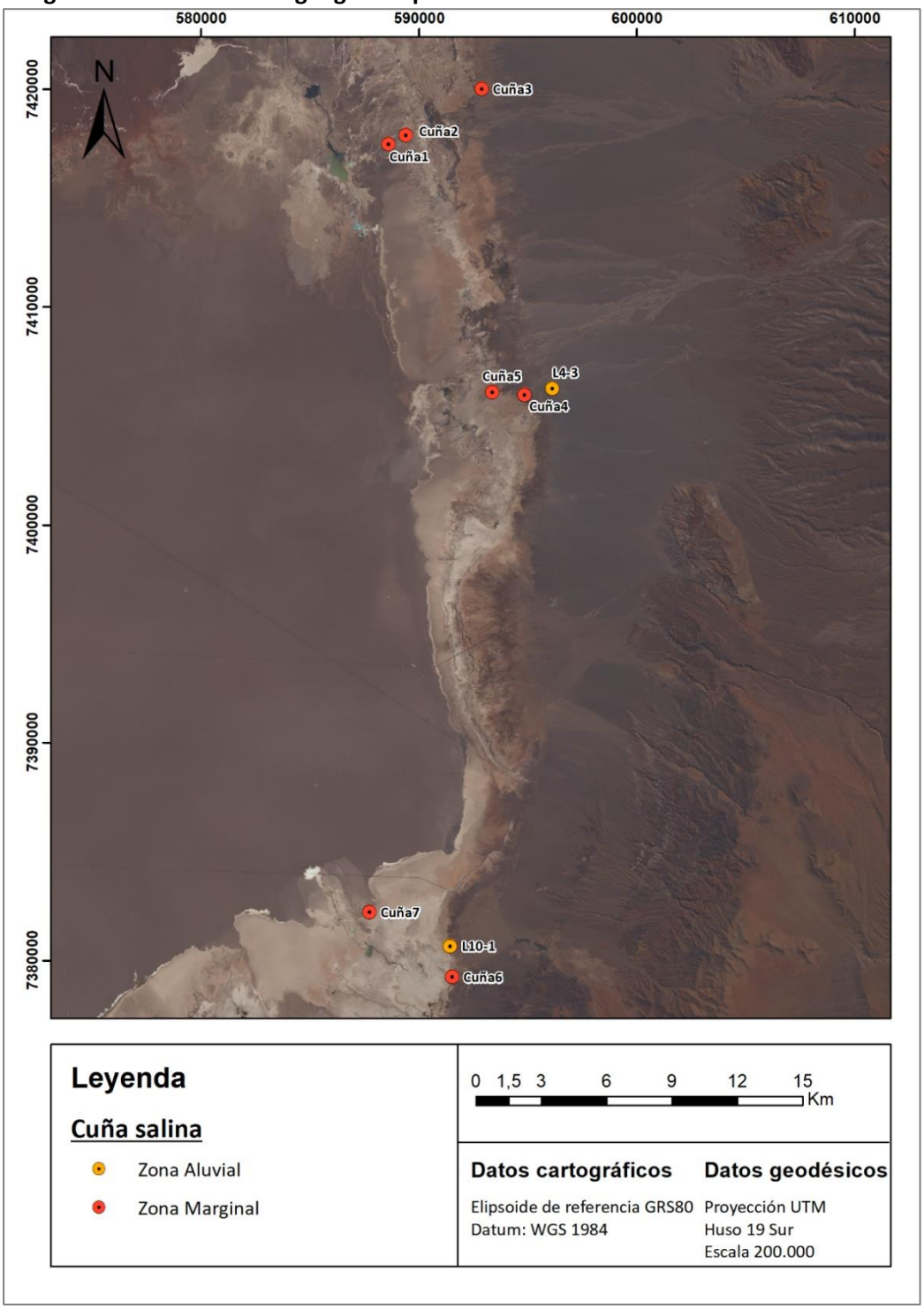
Para el caso de la Estación Meteorológica de KCL, se considera la medición de los parámetros Precipitación (mm), Evaporación (mm), Velocidad del Viento (m/s) y Temperatura (ºC).

4.4.7 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 4-14. A continuación, en la Tabla 4-12 e 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 4-14: 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[30]	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).

4.4.8 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 considerando 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:

- Revisión de los valores de activación en función de la información histórica recopilada (promedios, desviación estándar, descensos máximos).

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

- 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, este 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, 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)[31].

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 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[32].

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

[31] 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 aprobó el programa de cumplimiento mediante la Res. Ex 38/Rol F-041-2016 con fecha de 29 de agosto 20221 las que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

[32] Como se indicó anteriormente, propuestos en el marco del programa de cumplimiento aprobado por la SMA en el proceso F-041-2016.

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

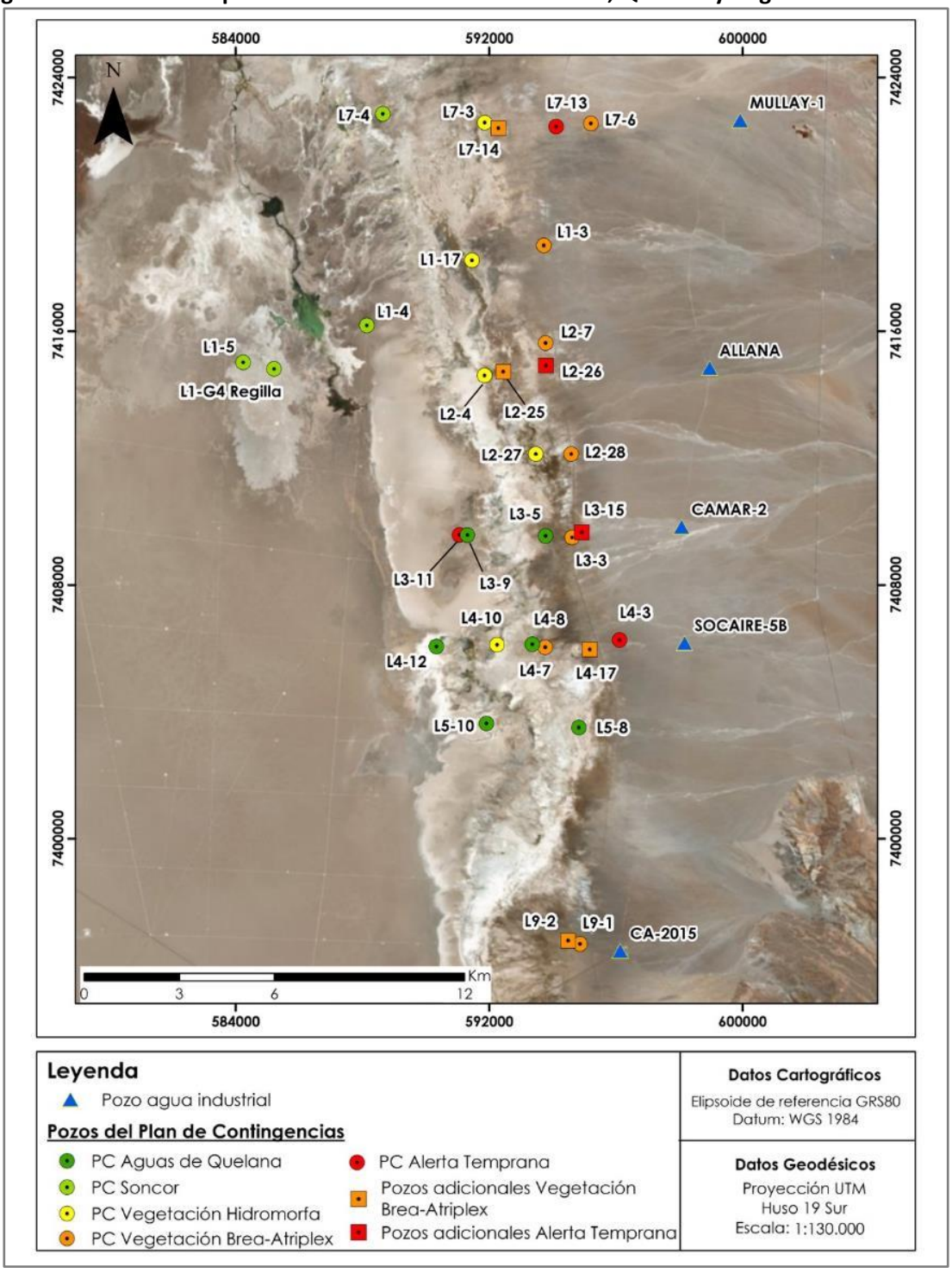
De acuerdo con lo anterior, los Indicadores de Estado del Plan de Contingencias, que además forman parte de los puntos de control del PSAH señalados en las secciones anteriores, se identifican en la Tabla 4-13, y su ubicación espacial se presentan en el mapa de la Figura 4-15

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 REGLILLA	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
Pozos adicionales	Vegetación Brea-Atriplex	L2-25 L7-14 L4-17 L9-2	Pozos adicionales SQM
	Alerta Temprana	L2-26 L3-15	

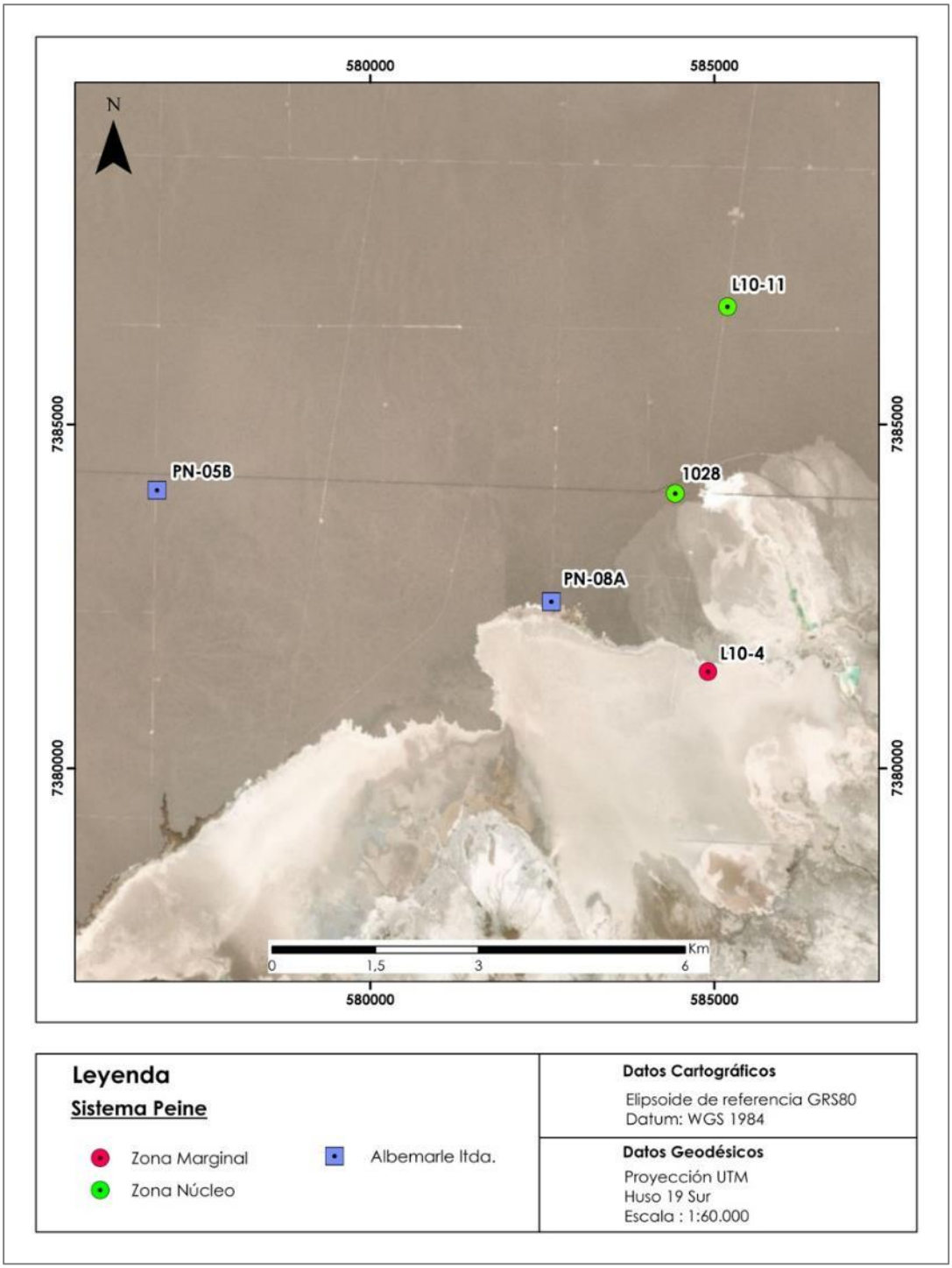
Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-16: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

4.5 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 se entrega un mayor detalle sobre los procedimientos e instructivos.

4.5.1 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 con código 040-01.

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 Anexo.3.3 y los correspondientes a las ETFA, en el Anexo 5.1.

4.5.1.1 Materiales y/o equipos

- Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 o 150 metros
- Vástago 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

4.5.1.2 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 la ETFA SEGEA código 040-01.

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 o dinámico 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[33]. 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.

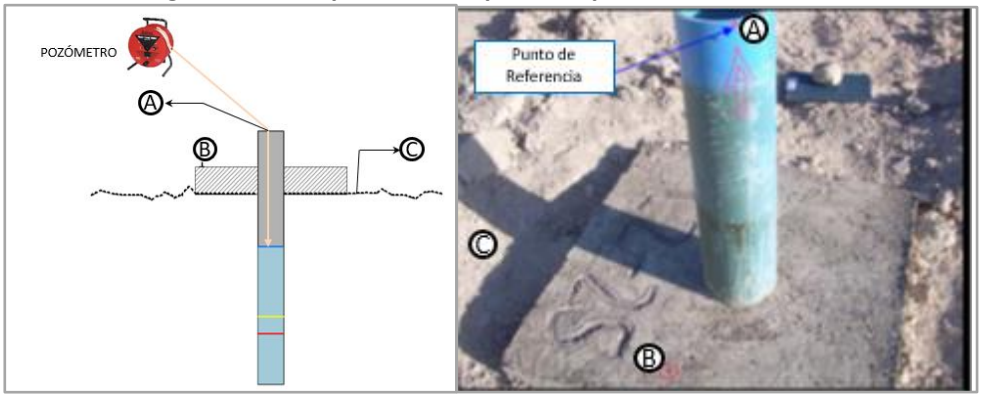
Fuente: elaboración propia.

[33] Tal y como se menciona en el capítulo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, 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).

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 4-17 muestra la nomenclatura estandarizada para este informe de la siguiente forma:

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

Figura 4-17: 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 para obtener el nivel medido bajo la referencia del nivel del mar.

4.5.2 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 código ETFA 040-01.

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 Anexo 3.3 y los correspondientes a la ETFA, en el Anexo 5.1.

4.5.2.1 Materiales y/o equipos

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

4.5.2.2 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 código 040-01.

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.

4.5.3 MONITOREO CONTINUO DE NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA

De la red de seguimiento del PSAH, 49 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 3.3.

4.5.3.1 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 o computador con software Win-Situ, cable conector RS232, cargador para camioneta (según corresponda)
- Piseta con agua destilada
- Flexómetro
- Densímetros
- Tablet y/o planilla de pozos a monitorear

4.5.3.2 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 4.5.1).
5) Reinicio de transductor de presión y configuración para nuevo período de medición (según corresponda).
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 (primer semestre 2022). 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.

4.5.4 MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE

Para el seguimiento de esta variable se cuenta con varias técnicas y frecuencias que se lleva a cabo para la obtención de la extensión lagunar. Cada una fue ajustada mediante la Resolución Exenta Nº 244/2010 de la COREMA de la Región de Antofagasta. Para el presente informe PSAH Nº31 correspondería la medición

mediante dos de las tres metodologías previstas, correspondiente a las estacas perimetrales y medición vía imágenes satelitales de alta resolución (Tabla 4-17).

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

Cabe mencionar que el compromiso que se recoge de la RCA Nº226/2006, y que se ha estado llevando a cabo hasta el momento, es la obtención de una imagen satelital anual para la obtención de la extensión lagunar con esta frecuencia. No obstante, debido al recién aprobado PdC (Res. Ex 38/Rol F-041-2016), se propuso que la frecuencia aumentara y pasara a ser trimestral. De esta forma, para el cumplimiento de la RCA Nº 226/2006 la captura de la imagen se mantiene en los meses de abril entonces, se suman desde ya las capturas en los meses de enero, junio y octubre para dar cumplimiento también al PdC.

El compromiso que se deriva de ambos instrumentos de seguimiento ambiental (PdC, 2022 y RCA, 2006) definen que los cuerpos que deben ser medidos mediante esta técnica son:

- Sistema Soncor: laguna Chaxa, laguna Puilar[34] y laguna Barros Negros.
- Sistema Aguas de Quelana: cuerpos de agua dispersos por el área.
- Sistema Peine: laguna Salada, laguna Saladita y desborde Interna[35].

[34] Cabe decir que las estacas perimetrales que se han realizado desde el inicio de la aplicación de esta técnica por parte de CONAF en el subsector de Puilar, no corresponden al cuerpo principal, sino al canal de entrada a la laguna. Por otro lado, el método de obtención de la extensión lagunar mediante imágenes satelitales y también mediante el método RTK sí corresponden al cuerpo principal de la laguna.

[35] Cabe decir que la RCA Nº226/2006 no establece la medición de estacas perimetrales en el desborde Interna.

Tabla 4-17: Métodos y frecuencias para la medición de la superficie lagunar en el PSAH

Tipo de mediciones	Frecuencia de monitoreo según: RCA Nº226/2006 Res. Ex 38/Rol F-041-2016	Monitoreo a reportar en el presente informe PSAH	Próximo informe PSAH en que se reportará
Medición mediante imágenes satelitales	Anual (abril) - RCA Nº226/2006 Trimestral (enero) - Res. Ex 38/Rol F-041-2016	Sí	Informe 32 (Segundo 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.

4.5.4.1 Medición mediante imágenes satelitales

La medición de las superficies lagunares mediante imágenes satelitales de alta resolución consta de la captura de la imagen dentro de las primeras dos semanas del comienzo de cada trimestre (enero, abril, julio y octubre, tal y como se ha indicado en el punto anterior). Dicho producto es preprocesado (correcciones satelitales) y utilizado como base para recuperación de cuerpos lagunares siguiendo la metodología establecida en la Res. Ex. 244/2010. La recuperación de estas superficies es rectificada mediante toma de puntos de control efectuados sincrónicamente en el periodo de captura satelital.

4.5.4.1.1 Materiales y/o equipos

- Imágenes satelitales de alta resolución para los meses de enero y abril (este informe) y julio y octubre (próximo PSAH) de sensores, Wordview, GeoEye y SkySat. La Tabla 4-18 entrega características espaciales y espectrales de los productos utilizados.
- Sistema Satelital de Navegación Global (siglas en ingles GNSS) modelo Trimble R4 o equivalente (base y móvil) para medición RTK de puntos de control. Esto, para la obtención de los puntos de control que complementan el análisis.
- Software de procesamiento GIS (ENVI, QGIS o similar)

Tabla 4-18: Características generales de la totalidad de imágenes satelitales de alta resolución, utilizadas en los informes PSAH

Satélite o sensor remoto	Rango espectral [mín - máx] (nm)	Resolución espacial (m)
Quickbird II	VIS-NIR [430 – 918]	2,4 (0,6 pan)
GeoEye-1	VIS-NIR [450 – 920]	2 (0,5 pan)
SkySat	VIS-NIR [450 – 900]	0,5*
Worldview II	VIS-NIR [442 – 901]	2 (0.5 pan)
Worldview III	VIS-NIR [450 – 895]	1,4 (0,3 pan)

Fuente: Elaboración propia. Para el periodo reportado se utilizó producto SkySat para enero y GeoEye-1 para abril. * mosaico entregado en dicha resolución por el proveedor.

4.5.4.1.2 Metodología de medición

La metodología seguida para la medición de superficies lacustres 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:

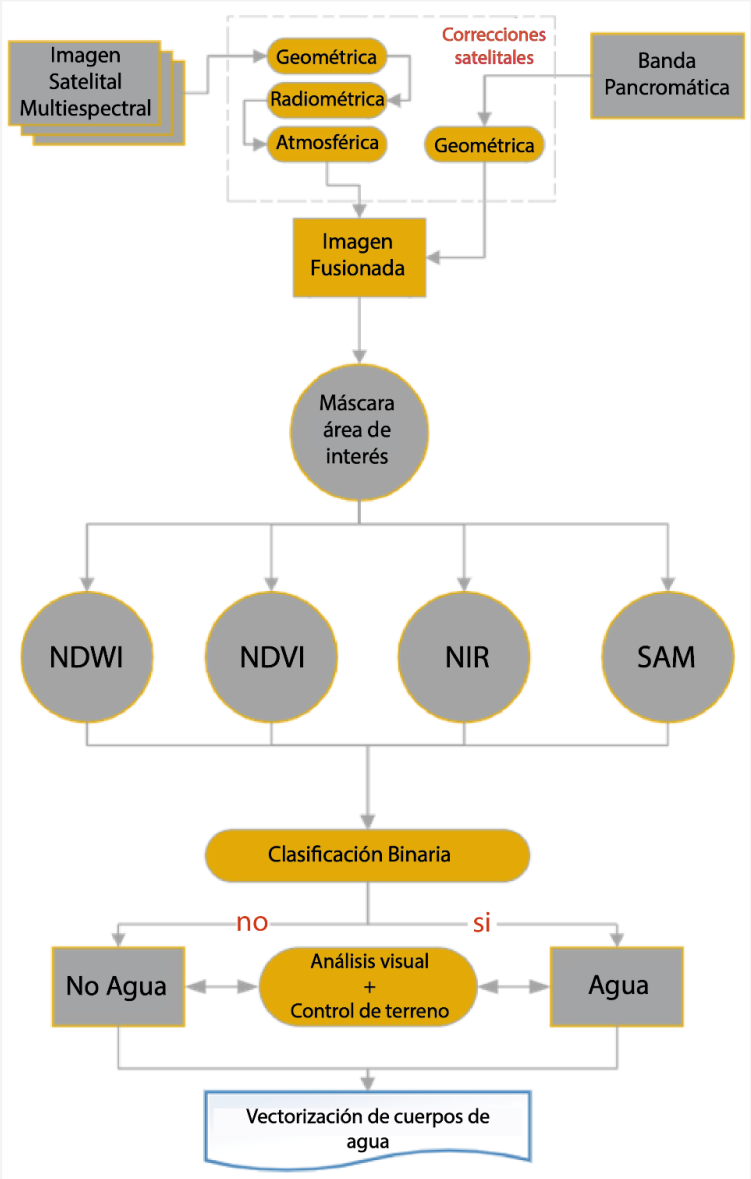
1) Obtención de las imágenes satelitales de alta resolución
2) Georreferenciación de las imágenes satelitales
3) Fusión de imágenes multiespectral y pancromática
4) Realización de las transformaciones digitales, obteniendo así los Índices NDWI, TSAVI e IHS
5) Digitalización de los contornos
6) Implementación 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

Por otro lado, la resolución N°244/2010 no establece los rasgos específicos de la metodología que debieran aplicar al sector de Aguas de Quelana, ya que corresponde a un sistema altamente heterogéneo formado por un elevado número de cuerpos lagunares de poca altura de agua y de contornos poco definidos, que varían fuertemente espacial como temporalmente. Lo anterior, hace que el cálculo de superficie lacustre deba considerarse la aplicación de una conceptualización distinta a los cuerpos bien definidos de Soncor y Peine. No obstante, la base metodológica con relación al uso de imágenes de alta resolución, el

tratamiento de la imagen, la obtención de los índices espectrales y la necesidad de la medición de puntos de control es idéntica y se ajusta en todo caso a la RES N°244/2010.

La metodología base para delimitación de superficie lacustre puede ser vista en la Figura 4-18, en donde se evidencia un diagrama de flujo del análisis integrado base de la imagen satelital, detallado de manera general en los párrafos sucesivos (detalle en Anexo 10.1).

Figura 4-18: Metodología general para recuperación de superficie lacustre



Fuente: SRGIS Geología y Geomática Ltda.

La imagen multiespectral brindada por el proveedor viene en DN o niveles digitales, los cuales son necesarios corregir a valores de reflectancia (o reflectancia relativa) para su comparación con curvas espectrales de materiales (suelo, agua, vegetación, etc.). En efecto, se realizan correcciones geométricas (si aplica), radiométricas y atmosféricas al producto multiespectral.

Se genera una máscara de procesamiento, elemento que cumple con un doble propósito; el primero es establecer un área de interés para el cálculo de superficie lacustre y su preprocesamiento, mientras que el segundo es reducir tiempo computacional empleado en el flujo de trabajo.

Con posterioridad se generan índices de diferencia normalizada de agua (siglas en ingles NDWI), selección de valores bajos de la banda infrarrojo cercano (siglas en ingles NIR), generación de índice normalizado de vegetación (siglas en ingles NDVI) y clasificador-índice Mapeador de Ángulos Espectrales (siglas en ingles SAM); con objeto de determinar umbrales de corte para selección de píxeles agua y no agua. Esta última selección corresponde a una clasificación tipo binaria, en donde se discrimina si un píxel cumple con condiciones o características espectrales propias del agua de la zona de estudio.

Finalmente, vía puntos de control de terreno, inspección o análisis visual y uso de índices como HSI o TSAVI se vectorizan cuerpos de agua en un software GIS para la delimitación final de la extensión lagunar.

Cabe mencionar que recién en este primer semestre 2022, al haber podido contar con la medición de las estacas perimetrales para el mismo mes de la captura de la imagen, se ha usado este trabajo de terreno en forma de puntos de control. Lo que ha resultado una mejora muy satisfactoria en el procesamiento de la imagen, ya que ha permitido incrementar el número de puntos de amarre llevando así a que la calidad del resultado sea más confiable, en relación sobre todo a años en que no se ha podido realizar trabajos de terreno producto de los cierres de los sistemas.

4.5.4.2 Medición mediante recorrido a pie (RTK)

Para las mediciones de los perímetros y áreas de las lagunas se realiza un levantamiento topográfico con GPS o GNSS y con la técnica de levantamiento RTK (Real-Time Kinematic), 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.

El año 2020 correspondía ejecutar una medición (Informe PSAH N.º 27), pero no fue posible debido al cierre de la Reserva Nacional Los Flamencos, por los efectos de la pandemia COVID-19. Por este motivo, se tuvo que posponer la medición a abril de 2021 (Informe PSAH N.º 29). Durante esos meses, no fue posible completar para todas las lagunas comprometidas, por lo que durante el mes de abril de 2022 se han logrado completar la medición en algunas las lagunas mediante esta técnica, con el objetivo es disponer de resultados análogos al mismo año para todos los casos, facilitando así los posteriores análisis. En efecto, el resultado de dichos levantamientos será expuesto en el presente informe. Para clarificar la situación descrita, se presenta la Tabla 4-19.

Tabla 4-19: 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 N.º 7	Reportado en Informe correspondiente al compromiso
Abril 2015	Cada 5 años según Res. Ex. 244/2010	Informe PSAH N.º 17	Reportado en Informe correspondiente
Abril 2020		Informe PSAH N.º 27	Se reporta entre los informes PSAH N.º 29 (abril 2021) y N.º 31 (abril 2022)
Abril 2025		Informe PSAH N.º 37	Próxima fecha de medición según frecuencia comprometida

Fuente: elaboración propia.

4.5.4.2.1 Materiales y/o equipos

- GPS marca Trimble modelo R4 (base) o similar
- 1 receptor GNSS modelo Trimble R4 o equivalente (móvil)

4.5.4.2.2 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

4.5.4.3 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 consultor especializado en estos trabajos ATyGEO.

4.5.4.3.1 Materiales y/o equipos

- GPS cartográfico modelo Trimble® Nomad® 900G o equivalente
- Mediciones topográficas de perímetro con estacas de CONAF
- Cinta métrica o Flexómetro
- Brújula azimutal para cálculo de ángulo (azimut)

4.5.4.3.2 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.
2) Se determina el azimut de la huincha o flexómetro comprendido entre la estaca y el punto de contacto suelo/agua mediante brújula azimutal.
3) Posteriormente, los datos son ingresados al software GIS donde se generan los nuevos polígonos de las lagunas y se calcula su área.

Esta metodología presenta imprecisiones y no representa la superficie real de la laguna (ejemplo Puilar), 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 N.º 403/1995 y N.º 226/2006.

4.5.5 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 4-20 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 (primer semestre 2022). Los certificados de calibración de cada flujómetro (identificado por el número se serial) está disponible en el Anexo 3.2.

Tabla 4-20: 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	21/01/2021 11:36	28/03/2022 10:43	S5W504499
	28/03/2022 10:44	Vigente al cierre del periodo	S5W504502
Socaire-5	01/01/2021 0:00	6/04/2022 19:25	S5W504501
	6/04/2022 19:26	Vigente al cierre del periodo	S5P800409
Allana 1	21/01/2021 16:50	23/06/2022 12:13	S5W504500
	23/06/2022 12:14	Vigente al cierre del periodo	S5W905097
Mullay 1	28/01/2021 10:53	27/03/2022 12:59	S5WB07076
	27/03/2022 13:00	Vigente al cierre del periodo	S5P800411

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.1 Materiales y/o equipos

- Flujómetro (Totalizadores): Endress+Hauser Flowtec o similar conectados vía API a la base de datos de SQM en Línea.

4.5.5.2 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 y disponibiliza esta misma información al público general a través del sitio web www.sqmsenlinea.com (SQM Sustentable en

Línea[36]). Esta plataforma contiene además el cálculo directo del caudal promedio mensual, además del detalle de los cambios de flujómetro. De manera que esta información, para el reporte en los Informes del PSAH, procede directamente de esta fuente y no se realiza ningún cálculo ni aproximación posterior.

4.5.6 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 con código ETFA 040-01 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.

4.5.6.1 Materiales y/o equipos

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

4.5.6.2 Metodología de medición

La medición del caudal pasante por las distintas secciones de aforo es realizada por la ETFA SEGEA con código ETFA 040-01 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).

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

- Medición de la velocidad del agua (m/s) en el centro de cada sección 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.

4.5.7 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.

4.5.7.1 Materiales y/o equipos

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500 o similar

4.5.7.2 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 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. Los pasos indicados a continuación son un resumen de la metodología para realizar esta medición.

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 (si corresponde).
4) Determinación de caudal pasante a partir de los datos descargados mediante utilización de curva de descarga preestablecida.

En la Tabla 4-21 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 (primer semestre 2022) Los certificados de calibración de cada Level Troll (identificado por el número serial) está disponible en el Anexo 3.3.

Tabla 4-21: 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 - 17/05/2022 12:00	685372
	17/05/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	593903

Fuente: Elaboración propia.

4.5.8 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. Las muestras recolectadas en terreno, por SEGEA (ETFA 040-01) para este primer semestre de 2022, son luego enviadas a laboratorio. Las muestras han sido analizadas este semestre por ALS Life Sciences Chile código ETFA 029-01.

Los procedimientos seguidos son de acuerdo con las metodologías acreditadas para cada parámetro en particular y 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 6.1.

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.

4.5.8.1 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.

4.5.8.1.1 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

Material	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 la ETFA correspondiente, se hace de acuerdo con las normas de referencia principales que se muestran en la Tabla 4-23 según sea agua subterránea o superficial. No obstante, en la Tabla 4-24 se describen las actividades para el muestreo según agua subterránea y superficial.

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

	Normativas de referencia
Agua subterránea	Norma Chilena 411/3 2014 Calidad del agua. Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
	Norma NCh 411/11: Guía para el muestreo de aguas subterráneas.
Agua superficial	NCh-ISO 5667/4 Calidad del Agua. Parte 4: Guía para la toma de muestras de lagos naturales y artificiales.
	NCh-ISO 5667/6 Calidad del Agua. Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
	Norma Chilena 411/3 2014 Calidad del agua. Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

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

	Actividad	Agua subterránea	Agua superficial
1	Medición del nivel freático, antes y después de tomar la muestra	•	
2	Purga de pozo (cuando corresponda [37])	•	
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.

4.5.8.2 Medición de parámetros fisicoquímicos en terreno

A continuación, la descripción de materiales y metodología desarrollada para la medición de los parámetros fisicoquímicos durante las labores de terreno.

4.5.8.2.1 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

[37] 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.

- Papel “tissue” u otros no abrasivos, paños de algodón de poca pelusa
- Registros o ficha de información de muestreo y parámetros de terreno
- Guantes desechables (especialmente para medición de parámetros orgánicos)
- Agua destilada/desionizada

4.5.8.2.2 Metodología de medición

Para la correcta medición de parámetros fisicoquímicos en terreno, se deben efectuar las labores indicadas en la Tabla 4-24 que permiten 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, (durante este semestre la ETFA formo parte de esta actividad corresponde a SEGEA con código 029-01), como por SQM de forma adicional y complementaria.

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 (Tabla 4-24).
- 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 caudal de la bomba (cuando corresponda).
- Registrar datos, condiciones ambientales y observaciones.
- Limpieza del material utilizado con agua destilada.

4.5.8.3 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 (en el capítulo 5) con el objetivo de identificar si han existido desviaciones importantes en los resultados de algunos parámetros y que se deriven de posibles anomalías durante el proceso de recogida o análisis de la muestra, ya que podrían 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 como no validados. Sin embargo, existen situaciones donde el desbalance supera el 20% y se debe a que el número de analitos a reportar comprometidos en la RCA 226/2006 no permiten realizar el debido cálculo y el sesgo de su validación por tanto aumenta.

- **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), pero dadas las elevadas concentraciones que se encuentran en la salmuera, de acuerdo con la literatura disponible para el análisis de muestras de salmueras con elevadas concentraciones (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. Sin embargo, de igual forma que en los balances de masas, existe un numero de iones que no son compromiso RCA 226/2006, lo que restringe los cálculos. En las tablas de validación de balances iónicos del capítulo 5, se entregan estos cálculos como “No aplica” (NA) refiriéndose a este concepto.

- **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:

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

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

En donde "Validado [X]" representa la concentración empleada como valor para detectar valores que pueden considerarse *outlayers*, "$\bar{x}$" 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 (si corresponde). En caso de existir diferencias notables 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.

4.5.8.4 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

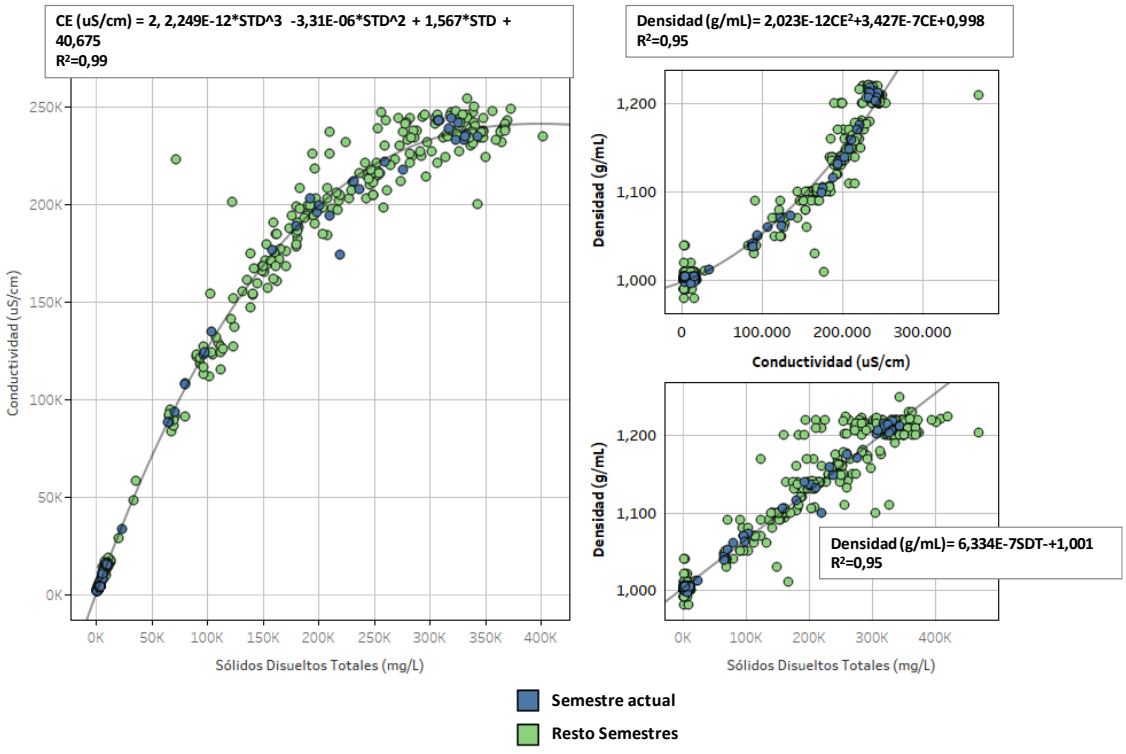
Fuente: Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall

En la Figura **4-19** 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 **4-19** se presenta también la correlación entre CE y densidad que resulta útil conocer para otros potenciales estudios.

Los datos empleados en la Figura **4-19** 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 4-19: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016



Fuente: Elaboración propia.[38]

Considerando estas correlaciones y la definición para agua dulce, zona de transición y salmuera mostrada en la Figura **4-19**, 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. 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

4.5.9 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.

4.5.9.1 Materiales y/o equipos

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

[38] 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.

4.5.9.2 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). 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.

4.5.10 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:

4.5.10.1 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

4.5.10.2 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 semanalmente en el caso de la

estación KCL y mensualmente en el caso de la estación Chaxa, información que es almacenada en servidores internos.

4.6 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS

Las fechas de muestreo, medición y/o análisis que se reportan en este informe corresponden al primer semestre de 2022, que comprende el período de entre el 01 de enero y el 30 de junio de 2022.

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.

4.7 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS

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

- Habilidad y el conocimiento de la persona que realiza el muestreo y/o la medición.
- Precisión de los equipos.
- Calibración de equipos.
- Representatividad de las muestras.
- 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[39]), 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

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

(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.. Nº1.314/2020 Resuelvo Primero, 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 de densidad pequeñas y la mayoría de los puntos de medición 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, 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, las que pueden ser disminuidas vía puntos de control de terreno y/o mosaicos de alta resolución multiespectral, obtenidos con sobrevuelos de Dron.

Se debe mencionar que, a una mayor resolución espacial (menor dimensión del píxel) se minimiza el efecto de mezcla espectral (píxel que contiene información superpuesta de suelo y agua). El fenómeno anterior puede derivar en malas clasificaciones o determinaciones de superficies, razón por la cual se privilegia el uso de imágenes satelitales de alta resolución. Otro factor que puede alterar la reflectancia superficial es la presencia de bruma, neblina, nubes dispersas y sombras generadas de difícil identificación en la imagen satelital (corrección atmosférica no elimina estos cuerpos), pudiendo ocasionar malas clasificaciones. Finalmente, se debe mencionar la restricción inherente al método para la estimación de cuerpos de dimensiones menores (centimétricos o decimétricos), así como la detección de cuerpos de agua someros (unos pocos centímetros) debido a que las características espectrales típicas del agua son obliteradas por las del suelo subyacente.

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 una incerteza aproximada de:

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

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.

Finalmente, 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.

5 RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE 2022

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 primer semestre del 2022.

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. Lo que lleva que se incorporen los resultados de la implementación de las acciones consideradas en el Programa de Cumplimiento (PdC)[40] que se encuentran relacionadas con el PSAH y el PC, cuyo inicio de ejecución se comprometió durante el segundo semestre de. 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.

[40] Aprobado mediante Res. Ex 38/Rol F-041-2016 el 29 de agosto 2022.

De manera que, de acuerdo con las instrucciones impartidas por la SMA (Decreto Supremo N°38/2013 y Res. Ex. N.º 127 de 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, quien realice las mediciones. 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, desde este semestre reportado (primer semestre de 2022), SQM solicitó a la ETFA que realizara mediciones mensuales adicionales con el objetivo de validar las mediciones realizadas por SQM.

Cabe decir que tal y como se ha justificado anteriormente, a pesar de que durante este primer semestre 2022 hayan sido publicadas las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, que actualizan y reemplazan las resoluciones asociadas a requisitos y operatividad para las ETFAs, Inspectores/as Ambientales (IA) y titulares anteriores, y que estarían afectando a la práctica a la definición del responsable de la medición según sea la frecuencia diaria o menor (ver apartado *4.3. Parámetros para caracterizar las variables ambientales*), no es hasta el segundo semestre 2022 que se ha puesto en práctica los cambios. Por lo que en el presente capítulo se dispone la misma relación entre responsable-medición que se tenía previamente. Serán en el informe PSAH Nº32 en donde se presentan los resultados bajo la nueva normativa descrita.

De esta forma, los resultados que se muestran en las tablas de este capítulo 5, corresponden solo a las mediciones comprometidas (ver “Medición comprometida en la Tabla 5-1”) y en los gráficos se muestran ambas mediciones (comprometida y voluntaria). No obstante, el resultado completo de las mediciones de este semestre (comprometidas y voluntarias) se entregan de forma tabulada en los respectivos anexos. Además, 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; SQM o SEGEA, que es la ETFA que ha realizado el monitoreo de esta variable durante este semestre.

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 enero hasta junio de 2022, agrupados según los siguientes sistemas y áreas de control (ver apartado 4.2. Descripción de los sistemas objeto del PSAH):

- Sistema Soncor _____ *Apartado 5.1.2*
- Sistema Aguas de Quelana _____ *Apartado 5.1.3*
- Sistema Vegetación Borde Este _ *Apartado 5.1.4*
- Sistema Peine _____ *Apartado 5.1.5*
- Sector Vegas de Tilopozo _____ *Apartado 5.1.6*
- Núcleo del Salar de Atacama ___ *Apartado 5.1.7*
- Cuña Salina _____ *Apartado 5.1.8*

Las variables monitoreadas en cada uno de estos sistemas, según corresponda, han sido agrupadas de la siguiente forma (ver apartado 4.3):

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

A modo de facilitar la visualización e interpretación conjunta del seguimiento ambiental y así el cumplimiento de la RES. 223/2015, se presenta 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, en las tablas 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 relación a la información entregada en los anexos; 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 que está controlado por la Comunidad de Peine (cartas de SQM solicitando ingreso y comunicaciones por parte de la comunidad). Por su parte, en el Anexo 4.3 se presentan las cartas que se han emitido a la Comunidad Coyo para la solicitud de ingreso al sector de Tambillo. Finalmente, en el Anexo 4.4 se presentan todas las cartas remitidas a CONAF solicitando el ingreso a las Reservas Nacionales de Soncor y Aguas de Quelana, con las respuestas oficiales correspondientes al primer y segundo trimestre de 2022. Por último, en Anexo 4.5 se presentan otras comunicaciones relacionadas con incidencias u otros aspectos relacionados con el monitoreo semestral.

Respecto de las variables, y en el caso de los niveles, 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. 894/2020, 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 este registro tabulado, se está incluyendo también la información levantada tanto por la ETFA como por SQM.

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. El formato y el contenido mínimo de los informes se presentan en cumplimiento de lo estipulado en la RES. EX. N.º 127/2019.

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. El formato y el contenido mínimo de los informes se presentan en cumplimiento de lo estipulado en la RES. EX. N.º 127/2019. Por otro lado, en el Anexo 6.2 se entregan todos los resultados de calidad obtenidos para este primer semestre de 2022 de acuerdo con el formato establecido en la RES. EX. N.º 894/2019, esto incluye también los perfiles de conductividad eléctrica.

El caudal medio mensual resultante de las extracciones de los pozos de agua industrial para este semestre se entrega en el Anexo 7. Los resultados de los aforos (caudal de agua superficial) se encuentra en el Anexo 8, de acuerdo con el formato establecido en la RES. EX. N.º 894/2029. En el anexo 9 se presenta todo lo relacionado con los datos meteorológicos; en el Anexo 9.1 se presentan las mediciones recopiladas y tabuladas de las estaciones meteorológicas y en el Anexo 9.2 los informes de respaldo conforme los rellenos de series que han sido necesarios realizar para el presente semestre reportado. Finalmente, la variable de extensión lagunar se entrega de forma tabulada en el Anexo 10.

Por último, en el Anexo 11 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. A continuación se describe cada situación, junto con el resultado correspondiente al primer semestre de 2022.

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 vigor el 14 de junio de 2019, según Resolución N.º 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, las actividades 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 primer semestre 2022, para el sistema Soncor, el L7-4 ha podido visitarse una vez cada mes. Los indicadores dentro de RNF de Aguas de Quelana, que son L3-11, L3-9, L4-10, L4-12, L4-8, han sido mensualmente entre 1 y 5 veces.

En cuanto a las mediciones de las lagunas, en Sistema Soncor, en los meses de enero y febrero no se pudo medir nivel ni muestrear (en la campaña correspondiente a enero) en las lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar. Esta última laguna tampoco fue visitada en marzo. El resto de los meses sí se alcanzó a visitar mensualmente. Respecto de los trabajos en terreno para el cálculo de superficie lacustre, no se pudo ingresar a ninguno de los sistemas lagunar para la campaña de enero. En la campaña de abril, se realizaron levantamiento de estacas perimetrales y levantamiento de perímetro lagunar con topografía de precisión (RTK), en donde para barros negros se privilegió la extensión de las áreas de inundación.

Finalmente, respecto de los aforos en el sistema de Soncor, en los meses de enero, febrero y marzo no se pudo realizar la medición mensual en el punto del aforo llamado Barros Negros, a la salida de la laguna Chaxa. Para el resto de los meses y para el punto Aforo Puente San Luís, sí se tiene la medición mensual comprometida.

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	ene-22	GMPL 244/2021	24/12/2021	Nº 2/2022	07/01/2022
	feb-22				
	mar-22				
	abr-22	GMPL 048/2022	21/03/2022	Nº 7/2022	08/04/2022
	may-22				
	jun-22				
CONAF -Sistema AGUAS DE QUELANA	ene-22	GMPL 243/2021	24/09/2021	Nº 3/2022	07/01/2022
	feb-22				
	mar-22				
	abr-22	GMPL 46/2021	21/03/2022	Nº 5/2022	04/04/2022
	may-22				
	jun-22				

Fuente: Elaboración propia.

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[41]), 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.
- 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.

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

- 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 primer semestre 2022 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.

Cabe mencionar que 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)[42]. Los motivos que llevaron al cierre fueron para preservar las tasas de reproducción de flamencos en el territorio.

Para el primer semestre 2022, en estos puntos situados dentro del área controlada por la comunidad, no se ha logrado medir nivel en los meses de enero y febrero en la mayoría de estos puntos ubicados dentro de esta área. En el caso de los aforos, no se accede al punto de Salada hasta abril (2022) y al punto de Saladita hasta mayo (2022). Respecto de los trabajos en terreno para el cálculo de la extensión lagunar, el trabajo de las estacas perimetrales no se logra hacer para la campaña de enero (2022) y se restablecen las actividades para la campaña de abril (2022). Puede verse más detalle en la sección 5.1.5.

Respecto del sector de Tilopozo, durante el presente semestre reportado sí se ha podido acceder cada mes para realizar las mediciones de niveles mensuales correspondientes.

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

[42] 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.

dado aviso a la SMA del impedimento de poder realizar el monitoreo. SQM ha ido emitiendo cartas mensuales conforme la solicitud de acceder a esta área, sin haber recibido ninguna respuesta (ver detalle de cartas en Tabla 5-3. Por tanto, no se ha podido contar con el permiso de la comunidad para la visita a estas infraestructuras en ningún momento del primer semestre 2022.

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)	ene-22	GMPL 245/2021	24/12/2021	S/R	-
	feb-22				
	mar-22				
	abr-22	GMAL 47/2022	21/03/2022	S/R	-
	may-22				
	jun-22				
Comunidad de Coyo *(Sector Tambillo)*	ene-22	GMAL 03/2022	07/01/2022	S/R	-
	feb-22	GMAL 32/2022	08/02/2022	S/R	-
	mar-22	GMAL 42/2022	09/03/2022	S/R	-
	abr-22	GMAL 54/2022	31/03/2022	S/R	-
	may-22	GMAL 76/2022	18/05/2022	S/R	-
	jun-22	GMAL 91/2022	07/06/2022	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 (86 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 primer semestre de 2022 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	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22
1027	1				*		
L1-8	1		*				
L1-9	1	*			*		
L1-10	1	*			*		
L1-11	1		*				
L1-12	1		*				
L1-13	1		*				
L1-14	1		*				
L1-15	1	*			*		
L1-16	1	*			*		
L2-22	1		*				
L2-24	1					*	
L7-4	1				*		
L7-10	1	*			*		
L7-11	1	*			*		
L7-G1	1	**					
L7-G2 REGLILLA	1	*	*	*	*		
L11-1	2	*	*	*	*	*	*
L11-2	2	*	*	*	*	*	*
L11-G1	2	*	*	*	*	*	*
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	1	**	*	*			
REGLILLA CHAXAS CONAF	1	**	*	*	**	*	
REGLILLA PUILAR	1	**	*	*			

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado para nivel. **: punto no muestreado. 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 4-4 y en la Tabla 4-3. 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

Esta zona consta de 11 puntos de control, de los cuales el L1-3, L2-7 y L7-6 resultan indicadores de estas. Por otro lado, ninguno se encuentra dentro de la reserva ni tampoco cuentan con mediciones continuas.

En la la Tabla 5-5 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el primer semestre 2022, en la en la Tabla 5-6, se puede ver de forma clara el número de mediciones realizadas por cada empresa y para cada mes. Finalmente, en la Figura 5-1 se muestra gráficamente los niveles obtenidos en el monitoreo completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las complementarias.

Cabe recordar que el compromiso en caso de los indicadores de estado son mediciones diarias realizadas por SQM y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por la ETFA. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Tal y como puede verse, toda la infraestructura de este sector ha podido visitarse con regularidad y con la frecuencia comprometida en todos los casos.

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

L1-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 10:35	2.328,473
19/2/22 11:14	2.328,484
19/3/22 14:07	2.328,526
22/4/22 10:32	2.328,512
21/5/22 12:09	2.328,532
18/6/22 14:28	2.328,560

L1-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 10:49	2.324,488
21/2/22 08:49	2.324,480
19/3/22 12:51	2.324,511
21/4/22 15:57	2.324,510
21/5/22 15:01	2.324,516
18/6/22 13:19	2.324,512

L2-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 10:08	2.323,771
19/2/22 10:20	2.323,771
19/3/22 11:19	2.323,794
21/4/22 14:40	2.323,810
21/5/22 11:18	2.323,793
18/6/22 11:55	2.323,802

L2-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 11:32	2.322,652
28/1/22 11:50	2.322,654 *
19/2/22 10:42	2.322,654
19/3/22 11:37	2.322,664
21/4/22 14:51	2.322,675
21/5/22 11:41	2.322,663
18/6/22 12:09	2.322,664

L7-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 11:54	2.333,214
21/2/22 09:42	2.333,231
19/3/22 13:39	2.333,289
28/3/22 09:13	2.333,251 *
21/4/22 16:37	2.333,287
21/5/22 13:35	2.333,300
18/6/22 13:58	2.333,307

L7-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 11:30	2.329,961
21/2/22 09:24	2.329,958
19/3/22 13:20	2.329,994
21/4/22 16:21	2.330,001
21/5/22 13:52	2.330,010
18/6/22 13:46	2.330,010

MULLAY-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 10:47	2.327,037
28/1/22 12:37	2.327,277 *
19/2/22 11:31	2.327,322
22/3/22 12:03	2.327,408
21/4/22 17:08	2.327,545
21/5/22 12:31	2.327,487
18/6/22 14:43	2.329,547
27/6/22 11:59	2.329,539 *
27/6/22 13:39	2.327,742 *

ALLANA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 09:46	2.323,186
28/1/22 08:30	2.321,809 *
19/2/22 09:57	2.323,165
21/3/22 10:46	2.323,200
21/4/22 14:09	2.323,230
30/4/22 17:37	2.323,721 *
21/5/22 10:55	2.323,214
18/6/22 11:39	2.323,240

L1-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.319,801	2.319,804
Feb 2022	2.319,798	2.319,798
Mar 2022	2.319,794	2.319,795
Abr 2022	2.319,796	2.319,799
May 2022	2.319,805	2.319,805
Jun 2022	2.319,812	2.319,816

L7-6		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.325,449	2.325,474
Feb 2022	2.325,457	2.325,485
Mar 2022	2.325,455	2.325,478
Abr 2022	2.325,471	2.325,483
May 2022	2.325,470	2.325,486
Jun 2022	2.325,476	2.325,489

L2-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Min	Max
Ene 2022	2.318,767	2.318,778
Feb 2022	2.318,759	2.318,770
Mar 2022	2.318,757	2.318,762
Abr 2022	2.318,760	2.318,765
May 2022	2.318,764	2.318,770
Jun 2022	2.318,770	2.318,778

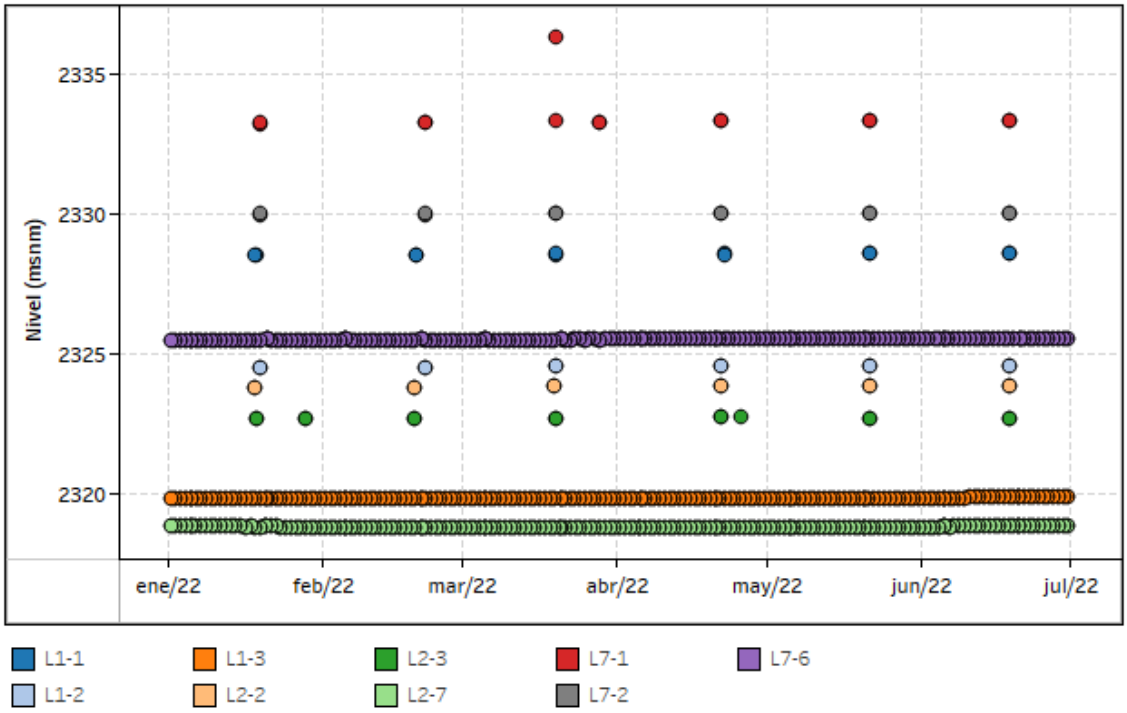
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) Corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
ALLANA	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
L1-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-3	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L2-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
L2-7	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L7-1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
L7-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-6	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
MULLAY-1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1

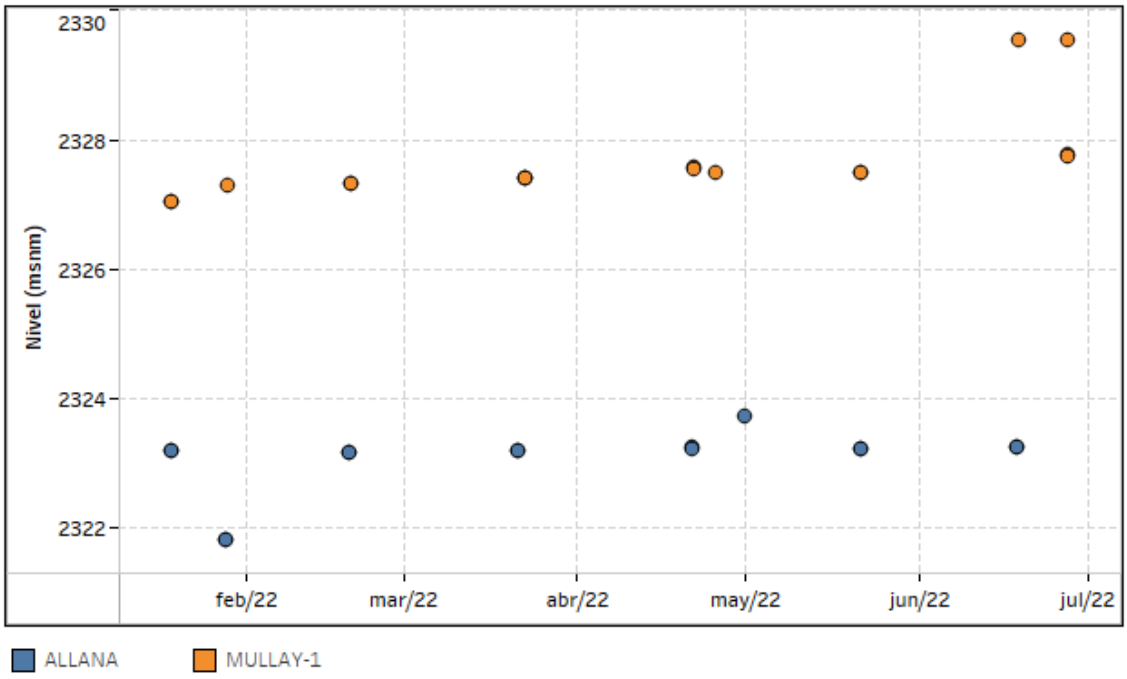
Fuente: Elaboración propia

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 primer semestre del año 2022 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.

5.1.2.1.2.1 Subsector Puilar

En el subsector de Puilar se cuenta con 4 puntos de control (sin considerar las reglillas), de las cuales los pozos L7-3 y L7-4 corresponden a un indicador de estado. En este caso, solo el L7-3 se encuentra dentro

de la reserva, no obstante, los puntos L7-7 y 1027 no se encuentran dentro, pero, el acceso a estos puntos sí está supeditado a los permisos de ingreso a la reserva, en concreto a los permisos de traspaso de la barrera del centro turístico de Chaxa.

En la Tabla 5-7 se muestra el resultado de las mediciones comprometidas y en la Tabla 5-8 el recuento mensual para cada empresa. Finalmente, en la Figura 5-3 se muestra el resultado gráficamente del resultado del monitoreo completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las adicionales.

Cabe recordar que el compromiso en caso de los indicadores de estado son mediciones diarias realizadas por SQM y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por la ETFA. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Durante el primer semestre 2022 se ha logrado mantener la visita estipulada todos los puntos, a excepción del pozo 1027 para el mes de abril (2022). Esto incluye también las visitas diarias del L7-4.

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

L7-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.302,250	2.302,251
Feb 2022	2.302,241	2.302,242
Mar 2022	2.302,231	2.302,231
Abr 2022	2.302,234	2.302,236
May 2022	2.302,243	2.302,243
Jun 2022	2.302,254	2.302,254

1027	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 08:42	2.307,871
16/2/22 08:36	2.307,813
16/3/22 12:51	2.307,787
30/4/22 12:00	S/I
17/5/22 09:11	2.307,848
15/6/22 15:26	2.307,898

L7-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 08:54	2.304,152
16/2/22 11:44	2.304,067
16/3/22 12:13	2.304,025
19/4/22 14:22	2.304,034
17/5/22 09:44	2.304,070
15/6/22 13:39	2.304,125

L7-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.313,398	2.313,438
Feb 2022	2.313,363	2.313,396
Mar 2022	2.313,357	2.313,394
Abr 2022	2.313,366	2.313,399
May 2022	2.313,399	2.313,449
Jun 2022	2.313,450	2.313,495

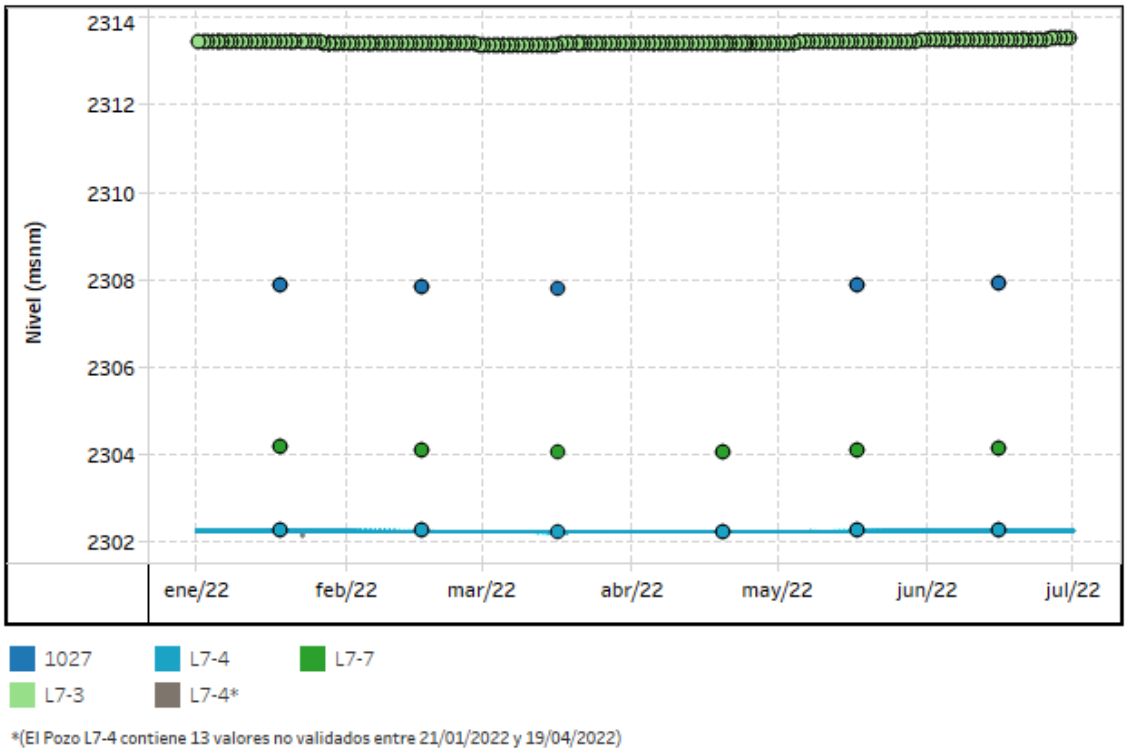
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
1027	1	1	1		1	1	1	1			1	1
L7-3	3	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L7-4	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
L7-7	1	1	1	1	1	1	1	1		1	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.

5.1.2.1.2.2 Subsector este de lagunas Chaxa y Barros Negros

Para el subsector ubicado al este de las lagunas de Chaxa y Barros Negros se disponen de 11 puntos de control, de éstos el L1-4 y L2-4 resultan ser indicadores de estado. Por otro lado, los pozos L1-10, L1-15, L1-16, L1-9 L7-10 y L7-11 se encuentran dentro de la reserva.

En la Tabla 5-9 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el primer semestre 2022, en la en la Tabla 5-10, se puede ver de forma clara el número de mediciones realizadas por cada empresa y para cada mes. Finalmente, en la Figura 5-4 se muestra gráficamente los niveles obtenidos en el monitoreo completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las complementarias.

Cabe recordar que el compromiso en caso de los indicadores de estado son mediciones diarias realizadas por SQM y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por la ETFA. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Los pozos que se encuentran dentro de la reserva no han podido visitarse regularmente durante el semestre ya que en los meses de enero y abril (2022) no se pudo acceder a éstos. El resto de los meses sí se ha mantenido la visita mensual comprometida en todos los pozos. Respecto de los dos indicadores de estado L1-4 y L2-4, en ambos casos las mediciones diarias de SQM se han podido mantener, junto con dos mediciones mensuales adicionales en estos puntos por parte de la ETFA.

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.)**
16/1/22 15:44	2.299,966
26/1/22 10:23	2.299,959 *
18/2/22 10:35	2.299,951
18/3/22 10:21	2.299,943
18/4/22 13:30	2.299,942
18/5/22 12:55	2.299,939
17/6/22 10:09	2.299,955

L1-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/1/22 15:31	2.299,727
18/2/22 10:15	2.299,709
18/3/22 10:06	2.299,709
18/4/22 12:57	2.299,714
18/5/22 12:41	2.299,713
17/6/22 09:57	2.299,706

L1-9	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
22/2/22 09:48	2.299,643
22/3/22 14:13	2.299,664
30/4/22 12:00	S/I
18/5/22 14:27	2.299,695
22/6/22 14:21	2.299,679

L1-10	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
22/2/22 09:56	2.299,659
22/3/22 14:05	2.299,669
30/4/22 12:00	S/I
18/5/22 13:16	2.299,647
22/6/22 14:14	2.299,649

L1-15	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
22/2/22 10:24	2.299,884
22/3/22 14:37	2.299,882
30/4/22 12:00	S/I
18/5/22 12:17	2.299,845
22/6/22 14:50	2.299,831

L1-16	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
22/2/22 10:16	2.299,934
22/3/22 14:28	2.299,988
30/4/22 12:00	S/I
18/5/22 12:42	2.300,045
22/6/22 14:41	2.300,048

L7-10	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
22/2/22 10:40	2.300,124
22/3/22 14:52	2.300,158
30/4/22 12:00	S/I
18/5/22 11:25	2.300,091
22/6/22 15:09	2.300,104

L7-11	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
22/2/22 10:34	2.299,965
22/3/22 14:44	2.299,979
30/4/22 12:00	S/I
18/5/22 11:53	2.299,903
22/6/22 15:03	2.299,907

L2-8	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
18/1/22 12:11	2.301,608
21/2/22 10:20	2.301,496
19/3/22 12:05	2.301,545
21/4/22 15:14	2.301,541
16/5/22 12:50	2.301,588
18/6/22 12:32	2.301,681

L1-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.299,716	2.299,726
Feb 2022	2.299,705	2.299,716
Mar 2022	2.299,704	2.299,720
Abr 2022	2.299,707	2.299,718
May 2022	2.299,701	2.299,710
Jun 2022	2.299,693	2.299,705

L2-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.303,382	2.303,407
Feb 2022	2.303,368	2.303,383
Mar 2022	2.303,367	2.303,422
Abr 2022	2.303,392	2.303,414
May 2022	2.303,414	2.303,441
Jun 2022	2.303,440	2.303,460

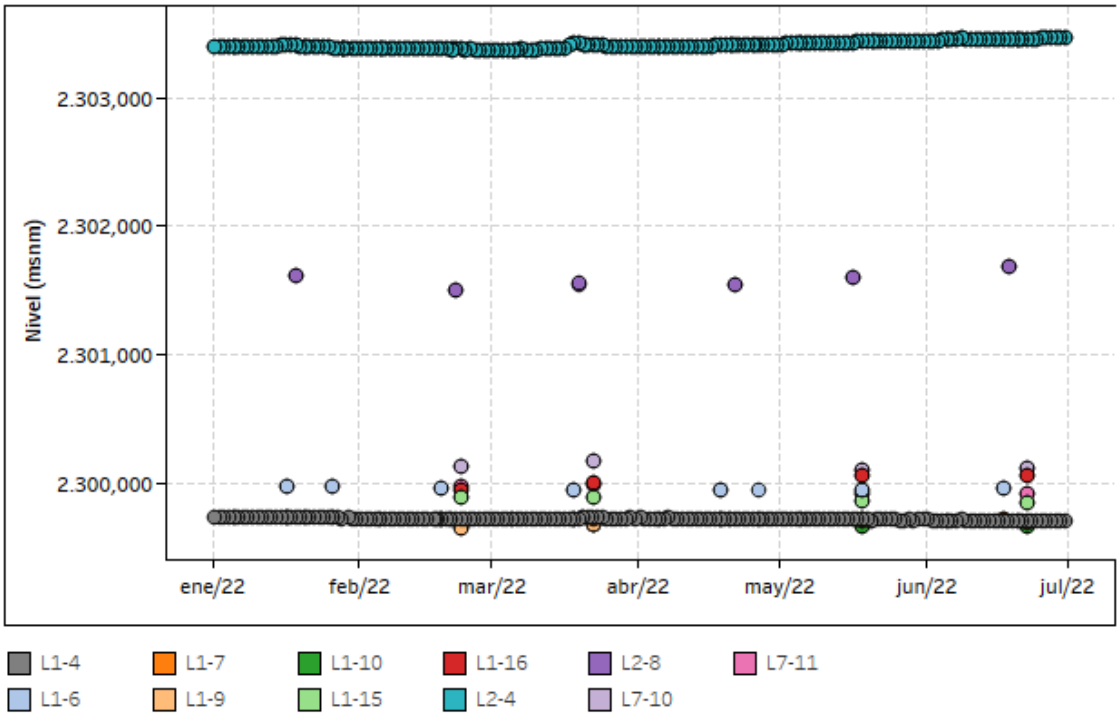
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L1-4	3	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L1-6	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
L1-7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
L1-9		1	1		1	1		1	1		1	1
L1-10		1	1		1	1		1	1		1	1
L1-15		1	1		1	1		1	1		1	1
L1-16		1	1		1	1		1	1		1	1
L2-4	3	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L2-8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-10		1	1		1	1		1	1		1	1
L7-11		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.

5.1.2.1.2.3 Subsector al oeste y sur de la laguna Chaxa

Para el subsector ubicado al oeste y sur de la laguna Chaxa se dispone de 9 piezómetros, los cuales cabe destacar que se encuentran todos dentro de RNF – Soncor y ninguno cuenta con medición continua. Ninguno es tampoco indicador de estado.

En la Tabla 5-11 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el primer semestre 2022, en la en la Tabla 5-12, se puede ver de forma clara el número de mediciones realizadas por cada empresa y para cada mes. Finalmente, en la Figura 5-5 se muestra gráficamente los niveles obtenidos en el monitoreo completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las complementarias.

Cabe recordar que el compromiso en caso de los indicadores de estado son mediciones diarias realizadas por SQM y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por la ETFA. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

En este caso, para el primer semestre 2022, todos los pozos de este grupo fueron medidos con la frecuencia comprometida.

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.)**
19/1/22 09:47	2.299,981
22/2/22 12:36	2.299,957
15/3/22 14:08	2.299,962
20/4/22 16:45	2.300,062
24/5/22 14:12	2.300,164
14/6/22 13:44	2.300,167

RC-2	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 10:27	2.299,736
22/2/22 13:04	2.299,728
15/3/22 14:22	2.299,720
26/4/22 14:00	2.299,712
24/5/22 15:18	2.299,714
14/6/22 13:30	2.299,721

RC-3	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 10:37	2.299,772
22/2/22 13:10	2.299,760
15/3/22 14:29	2.299,755
26/4/22 14:16	2.299,746
24/5/22 15:23	2.299,744
14/6/22 13:25	2.299,744

RC-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 10:47	2.299,522
22/2/22 13:17	2.299,509
15/3/22 14:37	2.299,502
26/4/22 14:35	2.299,493
24/5/22 15:29	2.299,482
14/6/22 13:19	2.299,477

RC-5	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 10:57	2.299,351
22/2/22 13:23	2.299,344
15/3/22 14:57	2.299,338
26/4/22 14:54	2.299,336
24/5/22 15:35	2.299,322
14/6/22 12:43	2.299,313

RC-6	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 11:15	2.299,821
22/2/22 13:32	2.299,807
22/3/22 12:55	2.299,824
27/4/22 10:58	2.299,802
25/5/22 11:31	2.299,796
14/6/22 13:03	2.299,794

RC-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 11:47	2.299,045
22/2/22 13:57	2.299,035
22/3/22 13:19	2.299,030
27/4/22 11:40	2.299,021
24/5/22 15:44	2.299,008
14/6/22 12:35	2.298,999

L7-5	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 11:25	2.299,918
22/2/22 13:38	2.299,899
22/3/22 13:05	2.299,929
27/4/22 11:16	2.299,905
25/5/22 11:07	2.299,902
14/6/22 13:10	2.299,902

L7-12	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 11:08	2.299,655
22/2/22 13:47	2.299,640
15/3/22 14:47	2.299,634
27/4/22 10:49	2.299,628
25/5/22 11:42	2.299,620
14/6/22 12:49	2.299,618

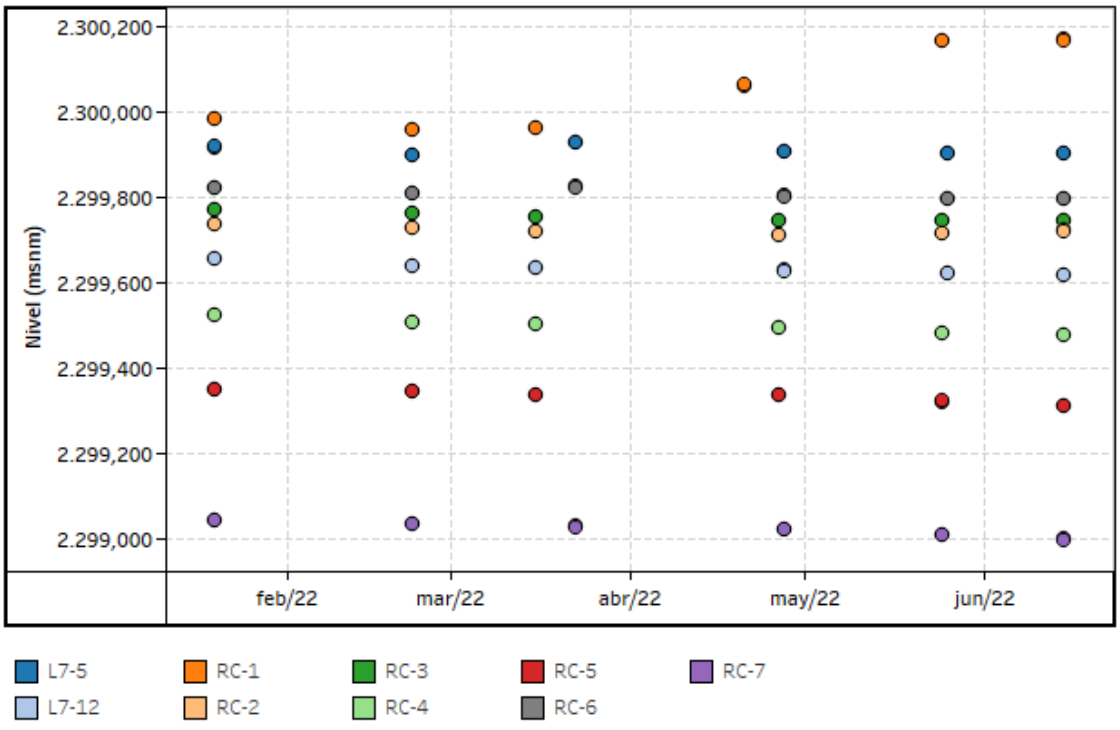
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L7-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-7	1	1	1	1	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 oeste y sur de la laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.2.4 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, que consta de 22 puntos de control (sin contar con las reglillas). En este grupo, se incluye el L1-5 como indicador de estado. Por otro lado, la transecta P1 (P1-1, P1-2, P1-3, P1-4, P1-5, P1-5, P1-6 y P1-7) dispone de mediciones continuas. Los puntos de este subsector que se encuentran dentro de la reserva son: L1-11, L1-12, L1-13, L1-14, L1-8, L2-22, L2-24, P1-5, P1-6 y P1-7.

En la la Tabla 5-13 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el primer semestre 2022, en la Tabla 5-14, se puede ver de forma clara el número de mediciones realizadas por cada empresa y para cada mes. Finalmente, en la Figura 5-6 se muestra gráficamente los niveles obtenidos en el monitoreo completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las complementarias.

Cabe recordar que el compromiso en caso de los indicadores de estado son mediciones diarias realizadas por SQM y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por la ETFA. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Para el presente semestre reportado, el indicador L1-5 cuenta con las mediciones de nivel diarias y adicionalmente, entre 2 y 3 medidas mensuales realizadas por la ETFA. Los pozos fuera de la reserva cuentan con la medición mensual comprometida, mientras que los pozos que se encuentran dentro de la reserva no pudieron ser visitados durante el mes de febrero y en algunos casos también en el mes de mayo, tal y como puede verse en las tablas.

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

L1-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 13:10	2.299,123
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 12:04	2.299,111
27/4/22 12:27	2.299,105
18/5/22 16:42	2.299,099
25/5/22 14:41	2.299,096 *
14/6/22 11:33	2.299,088

L1-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 12:27	2.299,340
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 12:22	2.299,317
26/4/22 13:14	2.299,294
18/5/22 16:00	2.299,279
14/6/22 12:02	2.299,258

L1-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 12:18	2.299,054
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 12:28	2.299,034
26/4/22 12:47	2.299,017
18/5/22 16:06	2.299,006
14/6/22 12:08	2.298,992

L1-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 12:40	2.299,291
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 12:37	2.299,270
26/4/22 12:30	2.299,251
18/5/22 15:44	2.299,239
14/6/22 12:18	2.299,227

L1-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 12:00	2.298,918
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 12:15	2.298,900
26/4/22 13:33	2.298,894
18/5/22 15:31	2.298,885
14/6/22 11:55	2.298,872

GD-01	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 08:41	2.298,677
20/2/22 08:50	2.298,664
22/3/22 08:32	2.298,679
20/4/22 12:04	2.298,688
20/5/22 09:50	2.298,655
20/6/22 09:28	2.298,640

L2-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 12:48	2.298,697
17/2/22 11:10	2.298,682
16/3/22 13:38	2.298,669
18/4/22 10:34	2.298,716
17/5/22 13:49	2.298,680
16/6/22 15:47	2.298,667

L2-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 12:36	2.298,657
17/2/22 10:52	2.298,642
17/3/22 13:06	2.298,635
18/4/22 10:05	2.298,672
17/5/22 13:20	2.298,633
16/6/22 15:35	2.298,622

L2-18	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 10:54	2.298,830
17/2/22 09:07	2.298,820
17/3/22 09:39	2.298,811
17/4/22 14:34	2.298,827
17/5/22 10:39	2.298,805
16/6/22 13:09	2.298,791

L2-19	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 10:47	2.298,706
17/2/22 09:14	2.298,695
17/3/22 09:07	2.298,685
17/4/22 14:25	2.298,710
17/5/22 10:25	2.298,683
16/6/22 13:17	2.298,671

L2-22	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 13:00	2.298,839
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 11:56	2.298,829
27/4/22 12:14	2.298,827
18/5/22 16:31	2.298,815
25/5/22 14:17	2.298,812 *
14/6/22 11:45	2.298,804

L2-24	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 14:41	2.299,107
22/2/22 11:45	2.299,094
22/3/22 11:02	2.299,098
27/4/22 14:19	2.299,104
28/5/22 12:00	S/I
14/6/22 10:44	2.299,084

P1-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 09:05	2.299,002
15/2/22 08:41	2.298,987
16/3/22 11:26	2.298,976
22/3/22 11:19	2.298,991 *
15/4/22 11:10	2.299,007
15/5/22 11:57	2.298,976
15/6/22 11:25	2.298,961

P1-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 09:16	2.298,935
15/2/22 08:50	2.298,922
16/3/22 11:35	2.298,913
15/4/22 11:22	2.298,946
15/5/22 12:10	2.298,912
15/6/22 11:30	2.298,895

P1-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 09:26	2.299,029
15/2/22 09:00	2.299,015
16/3/22 11:44	2.299,004
15/4/22 11:32	2.299,037
27/4/22 13:17	2.299,023 *
15/5/22 12:20	2.299,004
15/6/22 11:18	2.298,988

P1-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 09:35	2.299,151
15/2/22 09:08	2.299,138
16/3/22 11:55	2.299,127
15/4/22 11:41	2.299,158
27/4/22 13:10	2.299,145 *
15/5/22 12:35	2.299,127
15/6/22 11:11	2.299,111

P1-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 14:02	2.299,020
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 11:45	2.299,009
27/4/22 13:00	2.299,015
25/5/22 15:19	2.298,996
14/6/22 11:01	2.298,989

P1-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 13:56	2.298,980
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 11:28	2.298,963
27/4/22 12:49	2.298,971
28/5/22 12:00	S/I
14/6/22 11:08	2.298,948

P1-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 13:47	2.299,155
28/2/22 12:00	S/I
22/3/22 11:36	2.299,149
27/4/22 12:37	2.299,147
28/5/22 12:00	S/I
14/6/22 11:21	2.299,123

L2-12	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/1/22 12:26	2.298,696
5/2/22 07:47	2.298,685
17/2/22 10:41	2.298,682 *
17/3/22 11:39	2.298,674
18/4/22 09:52	2.298,709
17/5/22 13:00	2.298,669
16/6/22 15:25	2.298,656

L2-17	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
16/1/22 11:32	2.298,742
5/2/22 08:02	2.298,732
17/2/22 09:36	2.298,729 *
17/3/22 10:08	2.298,719
17/4/22 14:54	2.298,754
17/5/22 11:10	2.298,719
16/6/22 14:35	2.298,705

L1-5		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Ene 2022	2.299,124	2.299,137
Feb 2022	2.299,111	2.299,125
Mar 2022	2.299,106	2.299,142
Abr 2022	2.299,122	2.299,142
May 2022	2.299,099	2.299,121
Jun 2022	2.299,081	2.299,098

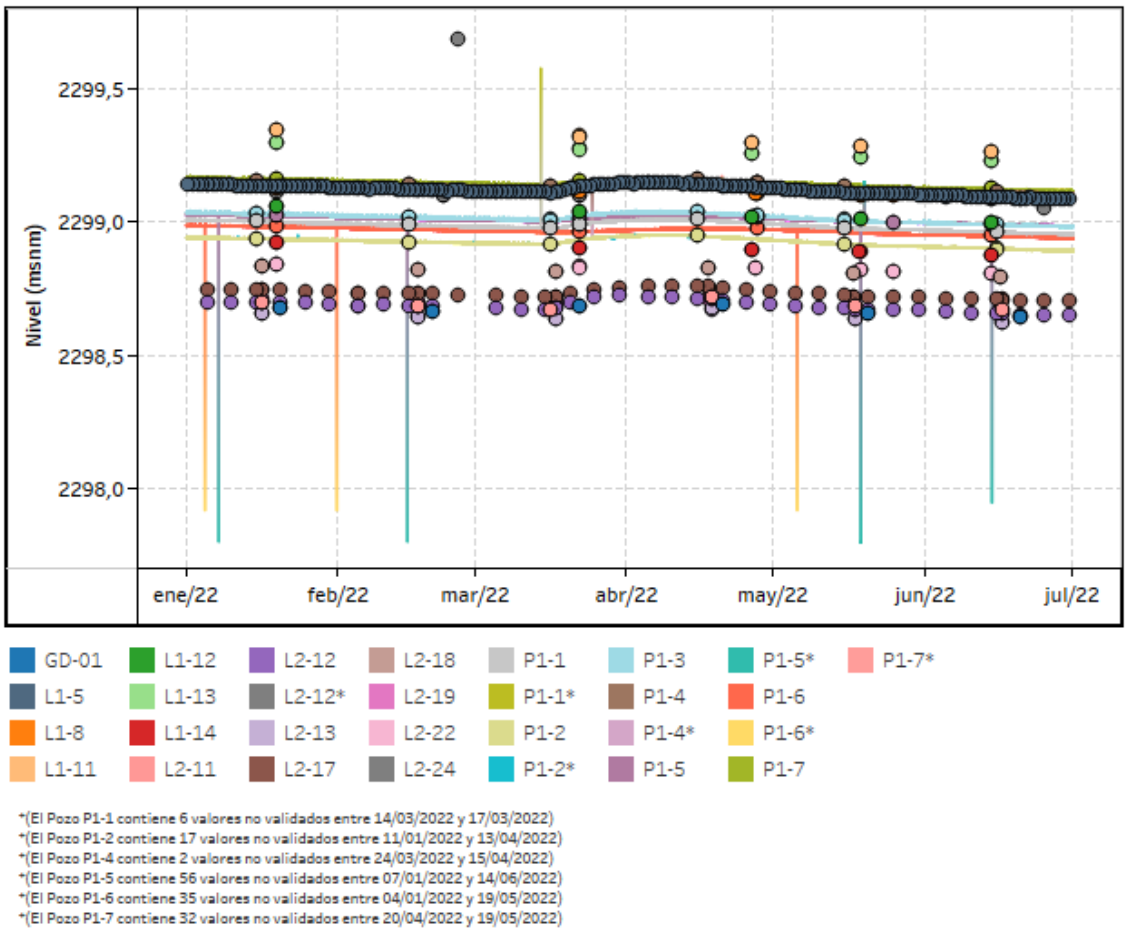
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
GD-01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-5	3	2	2	2	2	2	31	29	31	31	31	30
L1-8	1		1	1	2	1	1		1	1	2	1
L1-11	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1
L1-12	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1
L1-13	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1
L1-14	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	2	1	1	1	1	7	6	7	7	7	7
L2-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-17	1	2	1	1	1	1	7	6	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	2	1	1		1	1	2	1
L2-24	1	1	1	1		1	1	1	1	1		2
P1-1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
P1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P1-3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
P1-4	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
P1-5	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1
P1-6	1		1	1		1	1		1	1		1
P1-7	1		1	1		1	1		1	1		1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.2.5 Subsector descarga sur de Barros Negros

Para la otra zona de descarga de Barros Negros, Descarga Sur, cuenta con un total de 12 puntos que se encuentran en este subsector, de los cuales ninguno es indicador de estado. El grupo de pozos L2-23, P2-4 y P2-5 se encuentran dentro de la reserva. Por otro lado, son 8 pozos los que cuentan con medición continua; los tres pozos indicados anteriormente y que están dentro de la reserva, junto con el L2-16, L2-9, P2-1, P2-2 y P2-3.

Se presentan los resultados del monitoreo en la Tabla 5-15 realizado por la ETFA, en la Tabla 5-16 se muestra el recuento de mediciones por empresa y en el gráfico de la Figura 5-7 se muestran todos los resultados incluyendo las mediciones continuas.

Como puede verse, durante el primer semestre 2022 todos los pozos ubicados fuera de la reserva cuentan con las mediciones mensuales comprometidas. Por otro lado, en el caso de los pozos dentro de la reserva, la frecuencia de visita es menor destacando que el L2-23 se visitó solo en el mes de junio.

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

L2-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 14:30	2.299,426
26/1/22 14:02	2.299,419 *
18/2/22 09:00	2.299,410
17/3/22 13:31	2.299,416
18/4/22 11:12	2.299,391
18/5/22 11:05	2.299,380
16/6/22 16:04	2.299,378

L2-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 10:12	2.298,803
15/2/22 09:33	2.298,776
16/3/22 13:28	2.298,760
15/4/22 13:58	2.298,888
15/5/22 13:50	2.298,893
15/6/22 12:17	2.298,880

L2-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 15:17	2.299,564
18/2/22 10:00	2.299,558
18/3/22 09:51	2.299,539
18/4/22 12:20	2.299,592
18/5/22 12:25	2.299,597
17/6/22 09:38	2.299,599

L2-21	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 14:52	2.299,441
18/2/22 09:22	2.299,409
17/3/22 14:22	2.299,410
18/4/22 11:51	2.299,544
18/5/22 12:00	2.299,556
16/6/22 16:30	2.299,575

L2-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 14:38	2.299,152
18/2/22 09:09	2.299,122
17/3/22 13:44	2.299,105
18/4/22 11:35	2.299,226
18/5/22 11:31	2.299,277
16/6/22 16:14	2.299,320

L2-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 10:54	2.299,374
15/2/22 10:42	2.299,365
16/3/22 13:20	2.299,448
15/4/22 13:17	2.299,516
15/5/22 13:42	2.299,522
15/6/22 12:28	2.299,539

L2-23	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
23/2/22 12:00	S/I
28/3/22 12:00	S/I
30/4/22 12:00	S/I
28/5/22 12:00	S/I
14/6/22 10:15	2.299,949

P2-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 10:20	2.298,870
15/2/22 09:40	2.298,845
16/3/22 12:24	2.298,831
15/4/22 12:12	2.298,961
15/5/22 13:04	2.298,967
15/6/22 12:11	2.298,954

P2-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 10:30	2.299,032
15/2/22 09:46	2.299,009
16/3/22 13:03	2.299,009
15/4/22 12:50	2.299,102
15/5/22 13:17	2.299,106
15/6/22 12:03	2.299,092

P2-3	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
15/1/22 10:45	2.299,195
15/2/22 10:15	2.299,174
16/3/22 13:11	2.299,197
15/4/22 13:01	2.299,260
15/5/22 13:34	2.299,258
15/6/22 11:57	2.299,247

P2-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
19/1/22 14:54	2.299,632
22/2/22 11:32	2.299,635
22/3/22 09:46	2.299,751
30/4/22 12:00	S/I
28/5/22 12:00	S/I
14/6/22 09:40	2.299,781

P2-5	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
29/1/22 12:00	S/I
23/2/22 12:00	S/I
22/3/22 10:43	2.299,900
30/4/22 12:00	S/I
28/5/22 12:00	S/I
14/6/22 09:58	2.299,932

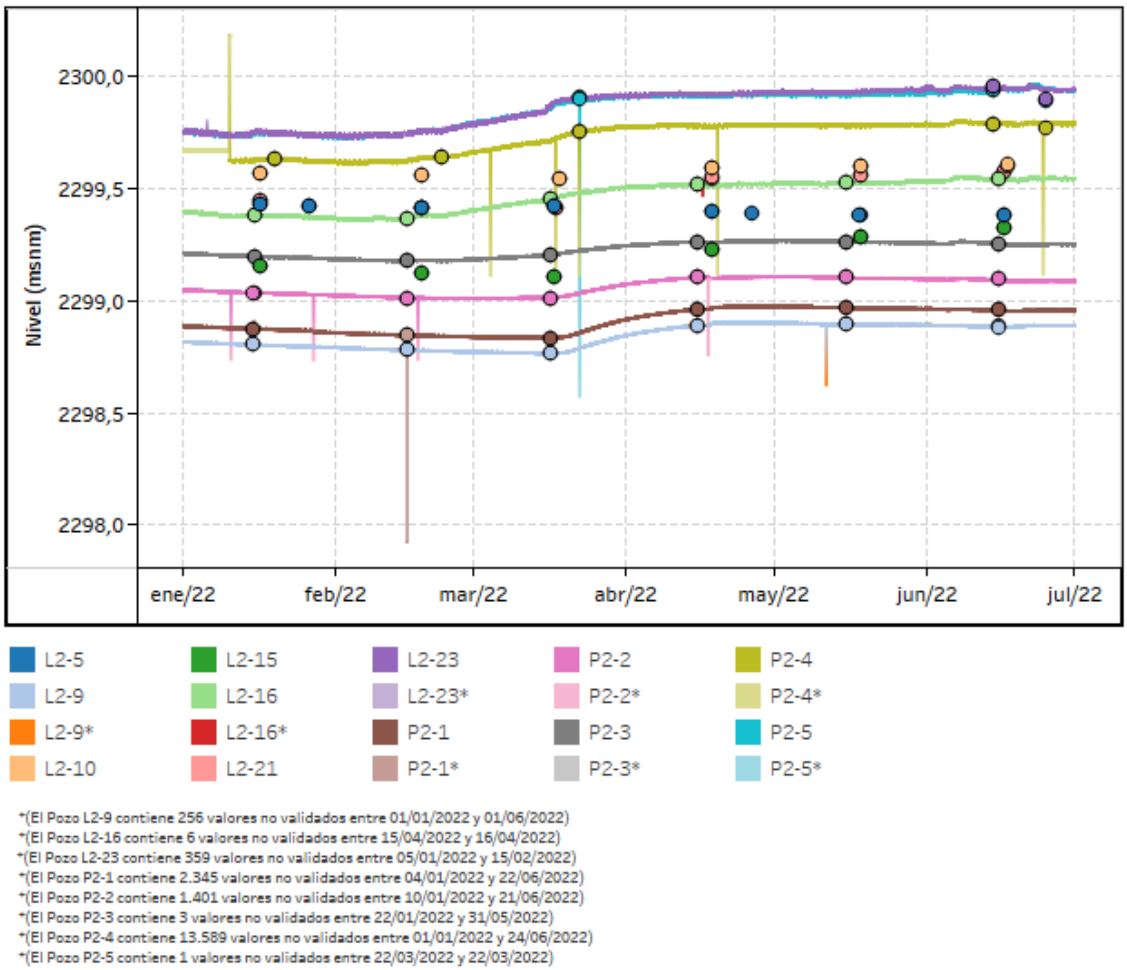
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L2-5	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
L2-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
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	1	1
L2-21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L2-23						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	1			1	1	1	1			2
P2-5			1			1			1			2

Fuente: Elaboración propia

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



*(El Pozo L2-9 contiene 256 valores no validados entre 01/01/2022 y 01/06/2022)
*(El Pozo L2-16 contiene 6 valores no validados entre 15/04/2022 y 16/04/2022)
*(El Pozo L2-23 contiene 359 valores no validados entre 05/01/2022 y 15/02/2022)
*(El Pozo P2-1 contiene 2.345 valores no validados entre 04/01/2022 y 22/06/2022)
*(El Pozo P2-2 contiene 1.401 valores no validados entre 10/01/2022 y 21/06/2022)
*(El Pozo P2-3 contiene 3 valores no validados entre 22/01/2022 y 31/05/2022)
*(El Pozo P2-4 contiene 13.589 valores no validados entre 01/01/2022 y 24/06/2022)
*(El Pozo P2-5 contiene 1 valores no validados entre 22/03/2022 y 22/03/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.2.6 Subsector norte del Salar

Para el subsector ubicado al norte del Salar, se cuenta con los pozos L11-1 y L11-2. Como ya se ha mencionado, estos pozos se encuentran en un área donde el paso está cerrado impidiendo el acceso a la zona desde el pasado noviembre de 2019. Para el primer semestre 2022 se muestra la Tabla 5-17 sin información levantada.

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.)
29/1/22 12:00	S/I	29/1/22 12:00	S/I
23/2/22 12:00	S/I	23/2/22 12:00	S/I
23/3/22 12:00	S/I	23/3/22 12:00	S/I
28/4/22 12:00	S/I	28/4/22 12:00	S/I
24/5/22 12:00	S/I	24/5/22 12:00	S/I
28/6/22 12:00	S/I	28/6/22 12:00	S/I

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

5.1.2.1.3 Pozos en zona Núcleo

En la zona Núcleo correspondiente al Sistema Soncor se cuenta con un total de 6 pozos; de éstos, el pozo 2021 cuenta con mediciones continuas de nivel y ninguno corresponde a indicador de estado del PC.

En la Tabla 5-18 se presenta el resultado del monitoreo efectuado por la ETFA, donde se observa que los 6 puntos han sido visitados con normalidad. De la misma forma que en todos los sectores, SQM ha tomado medidas adicionales mensualmente; el recuento de mediciones por empresa se muestra en la Tabla 5-19 y el resultado completo del monitoreo (incluyendo las mediciones adicionales y las medidas continuas) se muestra gráficamente en la Figura 5-8.

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

SOPM-7 (L2-6)	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 12:17	2.298,692
26/1/22 12:46	2.298,688 *
17/2/22 10:32	2.298,679
17/3/22 11:27	2.298,678
17/4/22 15:36	2.298,712
17/5/22 12:38	2.298,666
16/6/22 15:15	2.298,653

SOPM-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 11:43	2.298,663
17/2/22 09:49	2.298,648
17/3/22 10:38	2.298,646
17/4/22 15:06	2.298,679
17/5/22 11:25	2.298,635
16/6/22 14:46	2.298,623

SOPM-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 11:25	2.298,651
26/1/22 12:21	2.298,647 *
17/2/22 09:27	2.298,636
17/3/22 09:51	2.298,630
17/4/22 14:44	2.298,665
17/5/22 10:55	2.298,624
16/6/22 14:28	2.298,610

L2-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 12:00	2.298,734
17/2/22 10:14	2.298,720
17/3/22 11:10	2.298,715
17/4/22 15:21	2.298,757
17/5/22 11:57	2.298,708
16/6/22 15:01	2.298,696

L2-20	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 10:27	2.298,660
17/2/22 08:48	2.298,647
17/3/22 08:45	2.298,639
17/4/22 14:02	2.298,677
15/5/22 11:10	2.298,639
16/6/22 12:51	2.298,621

2021	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 08:12	2.298,794
15/2/22 08:15	2.298,780
16/3/22 10:51	2.298,772
15/4/22 10:34	2.298,804
15/5/22 10:44	2.298,772
15/6/22 10:45	2.298,751

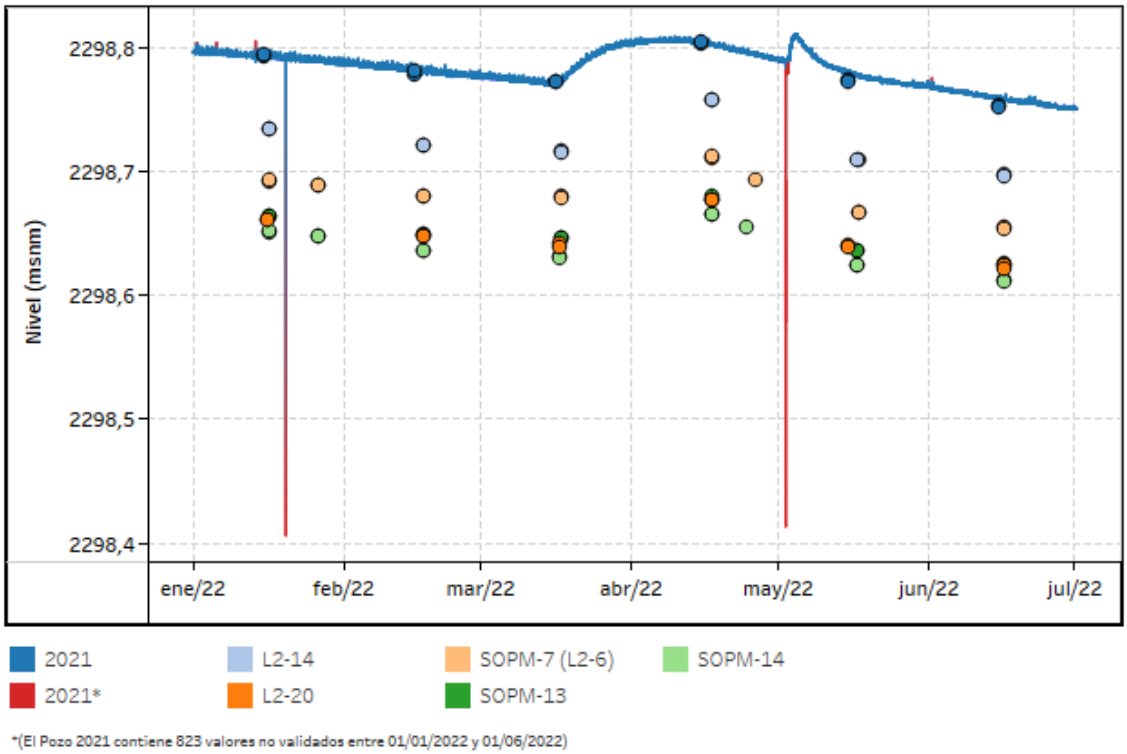
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
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)	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
SOPM-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOPM-14	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-8: 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). De éstos, el L7-G1 y L7-G2 se encuentran dentro de la reserva y, por otro lado, el L1-G4 es indicador de estado.

Respecto de las mediciones continuas, son el L7-G2 y el L1-G4 que cuentan con instalación de este tipo. Cabe decir que los transductores de presión se encuentran en las infraestructuras denominadas como Pozo (L7-G2 Pozo y L1-G4 Pozo), ya que en las propias reglillas no es factible su instalación debido al esquema constructivo del mismo. Aclarar por tanto que las mediciones (tanto continuas como manuales) realizadas en ambos tipos de infraestructura (correspondiente al pozo y la reglilla) de cada punto, están representando la misma área hidrogeológica (caso del L1-G4) o el mismo elemento hidrológico (caso del L7-G2). Todas cuatro infraestructuras mencionadas cuentan con mediciones manuales realizadas por la ETFA; en el caso de las reglillas son compromiso recogido en la RCA 226/2006 la medición mensual para el L7-G2 Reglilla y diaria para el L1-G4 Reglilla (por ser indicador de estado) y en los respectivos pozos, las mediciones manuales de nivel son adicionales ya que, a su vez, permiten calibrar las mediciones continuas.

En la Tabla 5-20 se muestra el resultado del monitoreo efectuado para el primer semestre 2022, en la Tabla 5-21 se muestra en detalle del recuento de mediciones efectuadas por cada empresa para cada mes y en la Figura 5-9 se muestra gráficamente los valores, tanto manual como continua.

Puede verse como la frecuencia de las mediciones manuales del L1-G4 Pozo han sido efectuadas a diario por SQM y entre 3 y 4 veces al mes por la ETFA. Respecto de la infraestructura dentro de la reserva, la frecuencia es menor, siendo por ejemplo que los puntos del L7-G2 solo han sido medidos en mayo y junio. Por otro lado, se cuenta con el respaldo de las mediciones continuas durante todo el periodo, tal y como se muestra en la Figura 5-9. Por su parte, el L11-G1 no ha podido ser visitado por encontrarse en el sector del norte del salar, donde el paso está cerrado impidiendo el acceso a la zona desde el pasado noviembre de 2019.

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

L11-G1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
23/2/22 12:00	S/I
23/3/22 12:00	S/I
28/4/22 12:00	S/I
24/5/22 12:00	S/I
28/6/22 12:00	S/I

L1-G4 POZO	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
5/1/22 10:16	2.299,144
15/1/22 09:54	2.299,142 *
20/1/22 08:59	2.299,140 *
26/1/22 11:22	2.299,138 *
5/2/22 08:30	2.299,133
15/2/22 09:19	2.299,128 *
20/2/22 09:02	2.299,128 *
5/3/22 09:02	2.299,123
16/3/22 12:14	2.299,118 *
20/3/22 09:10	2.299,122 *
5/4/22 10:31	2.299,138
15/4/22 11:57	2.299,142 *
20/4/22 12:28	2.299,139 *
5/5/22 09:54	2.299,130
15/5/22 12:50	2.299,123 *
20/5/22 09:27	2.299,118 *
5/6/22 10:19	2.299,113
15/6/22 11:43	2.299,110 *
20/6/22 09:10	2.299,108 *

L7-G1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 10:07	S/I
22/2/22 12:49	2.300,092
15/3/22 13:54	2.300,101
20/4/22 16:35	2.300,247
24/5/22 13:57	2.300,295
14/6/22 13:52	2.300,293

L7-G2 POZO	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
16/2/22 12:00	S/I
16/3/22 12:00	S/I
19/4/22 12:00	S/I
17/5/22 10:54	2.301,189
15/6/22 14:53	2.301,192

L7-G2 REGLILLA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
16/2/22 12:00	S/I
16/3/22 12:00	S/I
19/4/22 12:00	S/I
17/5/22 10:49	2.301,370
15/6/22 14:56	2.301,373

L1-G4 REGLILLA		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.299,140	2.299,144
Feb 2022	2.299,128	2.299,133
Mar 2022	2.299,121	2.299,123
Abr 2022	2.299,138	2.299,139
May 2022	2.299,117	2.299,130
Jun 2022	2.299,108	2.299,113

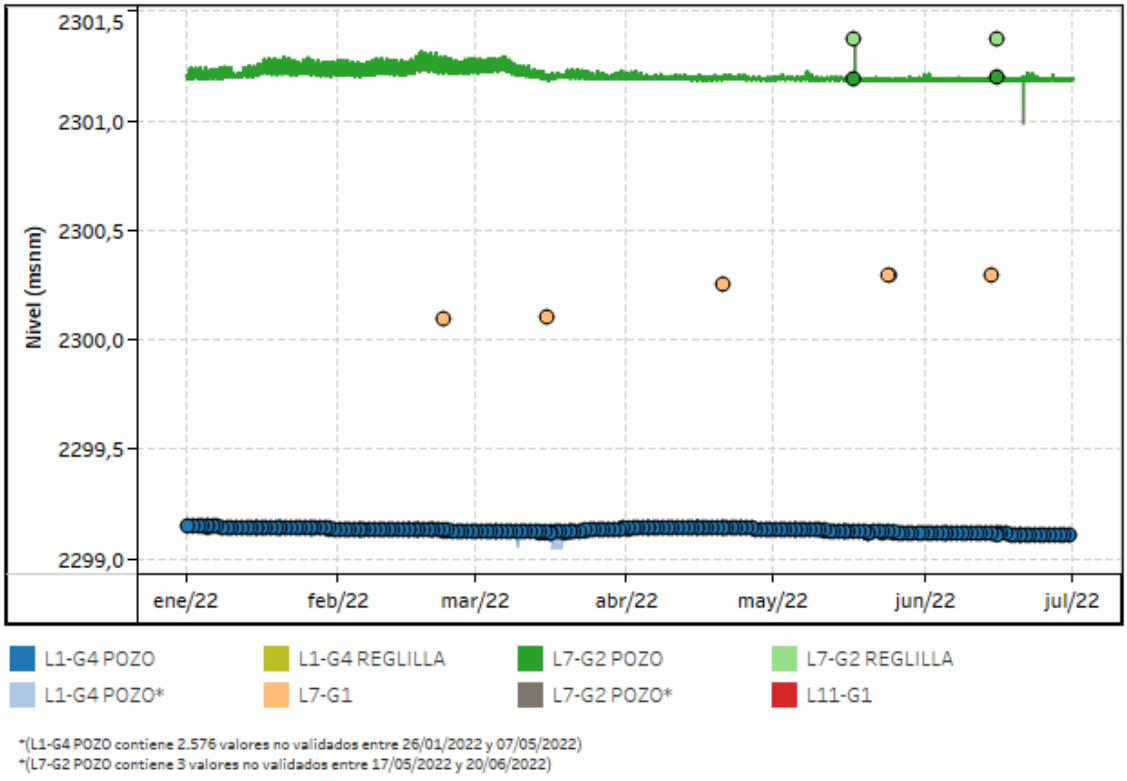
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L1-G4 POZO	4	3	3	3	3	3	32	30	32	32	32	31
L1-G4 REGLILLA	2	2	2	2	2	2	31	29	31	30	31	30
L7-G1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
L7-G2 POZO					1	1					1	1
L7-G2 REGLILLA					1	1					1	1
L11-G1												

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor



*(L1-G4 POZO contiene 2.576 valores no validados entre 26/01/2022 y 07/05/2022)
*(L7-G2 POZO contiene 3 valores no validados entre 17/05/2022 y 20/06/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.4.1 Nivel sector Puente San Luis

En el sector del Puente San Luis, se encuentran 4 puntos de medición de agua superficial (reglillas) y todos ellos se encuentran dentro de la reserva. De la misma manera que se ha descrito en los casos del L1-G4 y

L7-G2, la infraestructura llamada Puente San Luis cuenta con una reglilla y un pozo, y es en el segundo en donde se cuenta con las condiciones óptimas para la instalación del equipo para la medición continua (Puente San Luis Pozo). A pesar de ello, en ambos puntos (Puente San Luis Pozo y Puente San Luis Reglilla) se realizan mediciones manuales mensuales. Por otro lado, la Reglilla Burro Muerto cuenta con la infraestructura instalada en su día por SQM y la instalada por CONAF (Reglilla Burro Muerto SQM y Reglilla Burro Muerto CONAF respectivamente) y en este caso, el transductor de presión se encuentra instalado en la correspondiente a SQM. No obstante, el correcto seguimiento, mantención y medición de la infraestructura "CONAF" es asumida por SQM formando parte del PSAH comprometido en la RCA 226/2006.

En la Tabla 5-22 se presenta el resultado de las mediciones manuales para este primer semestre de 2022, en la Tabla 5-23 se muestra el recuento mensual de mediciones manuales realizadas por cada empresa. En la Figura 5-10 se pueden visualizar gráfica todos los resultados obtenidos, incluyendo las mediciones continuas. Puede verse que la frecuencia mensual de visita ha podido ser mantenida en todos los casos, siendo que todos los puntos se encuentran dentro de la reserva, tal y como se ha mencionado antes.

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.)
18/1/22 10:27	2.301,259
16/2/22 09:36	2.301,258
16/3/22 11:33	2.301,268
19/4/22 10:16	2.301,280
17/5/22 11:55	2.301,286
15/6/22 10:53	2.301,293

PUENTE SAN LUIS REGLILLA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 10:34	2.301,263
16/2/22 09:38	2.301,261
16/3/22 11:36	2.301,274
19/4/22 10:34	2.301,286
17/5/22 11:58	2.301,291
15/6/22 10:59	2.301,298

REGLILLA BURRO MUERTO SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 10:51	2.301,097
16/2/22 09:47	2.301,099
16/3/22 10:43	2.301,102
19/4/22 11:15	2.301,109
17/5/22 12:07	2.301,109
15/6/22 11:10	2.301,111

REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/1/22 10:57	2.301,087
16/2/22 09:53	2.301,090
16/3/22 10:47	2.301,094
19/4/22 11:33	2.301,099
17/5/22 12:11	2.301,101
15/6/22 11:15	2.301,102

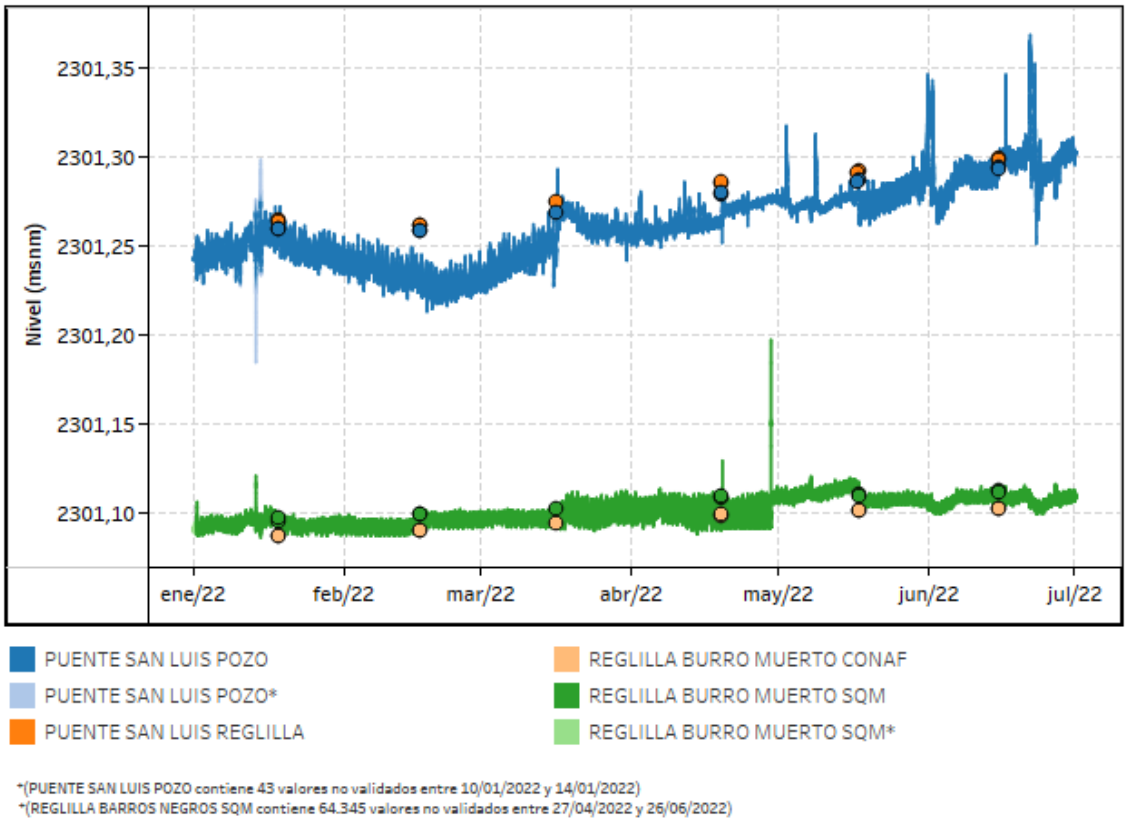
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

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

	SEGEA						SQM				
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	04/22	05/22	06/22
PUENTE SAN LUIS POZO	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
REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	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

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.4.2 Nivel lacustre

La medición del nivel de las lagunas en el sistema Soncor se realiza mediante reglillas instaladas en Barros Negros, Puilar y Chaxa. En todos los casos, de la misma forma que en casos anteriores, se cuenta con la infraestructura instalada en su día por SQM (Reglilla Barros Negros SQM, Reglilla Chaxas SQM y Reglilla Puilar SQM) y la instalada por CONAF (Reglilla Barros Negros CONAF, Reglilla Chaxas CONAF y Reglilla Puilar CONAF). No obstante, el correcto seguimiento y mantención de la infraestructura "CONAF" es asumida por SQM formando parte de la red de seguimiento del PSAH.

Respecto a la medición del nivel lacustre mediante reglillas, cabe señalar que cada una de las tres lagunas existentes en el Sistema Soncor cuenta con tres mediciones de nivel:

- Mediciones continuas en las reglillas de SQM (requerimiento RCA)
- Mediciones manuales en las reglillas de SQM y CONAF (complementario)

En la Tabla 5-24 se presenta el resultado de las mediciones manuales para este primer semestre de 2022, en la Tabla 5-25 se muestra el recuento mensual de mediciones manuales realizadas por cada empresa. En la Figura 5-11 se pueden visualizar gráfica todos los resultados obtenidos, incluyendo las mediciones continuas.

Como puede verse, la frecuencia de medición manual ha sido baja; asumiendo que las infrastructuras homónimas (SQM y CONAF) miden el mismo elemento hidrológico dada su cercanía, es posible resumir que la laguna Chaxa ha sido medida entre los meses de marzo a junio, Puilar de abril a junio y Barros Negros solo en los meses de abril y mayo. No osbtante lo anterior, los mismos cuerpos de gaua cuentan con medición continua, lo que permitiría completar el seguimiento del nivel en los meses no visitados.

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

REGLILLA BARROS NEGROS SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
23/2/22 12:00	S/I
28/3/22 12:00	S/I
26/4/22 11:41	2.299,984
25/5/22 12:35	2.299,983
28/6/22 12:00	S/I

REGLILLA PUILAR SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
16/2/22 12:00	S/I
16/3/22 12:00	S/I
19/4/22 15:53	2.301,197
17/5/22 10:26	2.301,208
15/6/22 14:42	2.301,213

REGLILLA CHAXAS SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 12:00	S/I
28/2/22 12:00	S/I
15/3/22 12:39	2.300,106
20/4/22 12:09	2.300,178
24/5/22 13:04	2.300,193
22/6/22 11:45	2.300,161

REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
23/2/22 12:00	S/I
28/3/22 12:00	S/I
26/4/22 11:05	2.299,983
25/5/22 12:45	2.299,989
28/6/22 12:00	S/I

REGLILLA PUILAR CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
16/2/22 12:00	S/I
16/3/22 12:00	S/I
19/4/22 16:22	2.301,184
17/5/22 10:32	2.301,182
15/6/22 14:46	2.301,188

REGLILLA CHAXAS CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 12:00	S/I
28/2/22 12:00	S/I
15/3/22 12:00	S/I
20/4/22 12:00	S/I
20/4/22 12:16	S/I
24/5/22 12:00	S/I
24/5/22 13:01	S/I
22/6/22 11:51	2.300,416

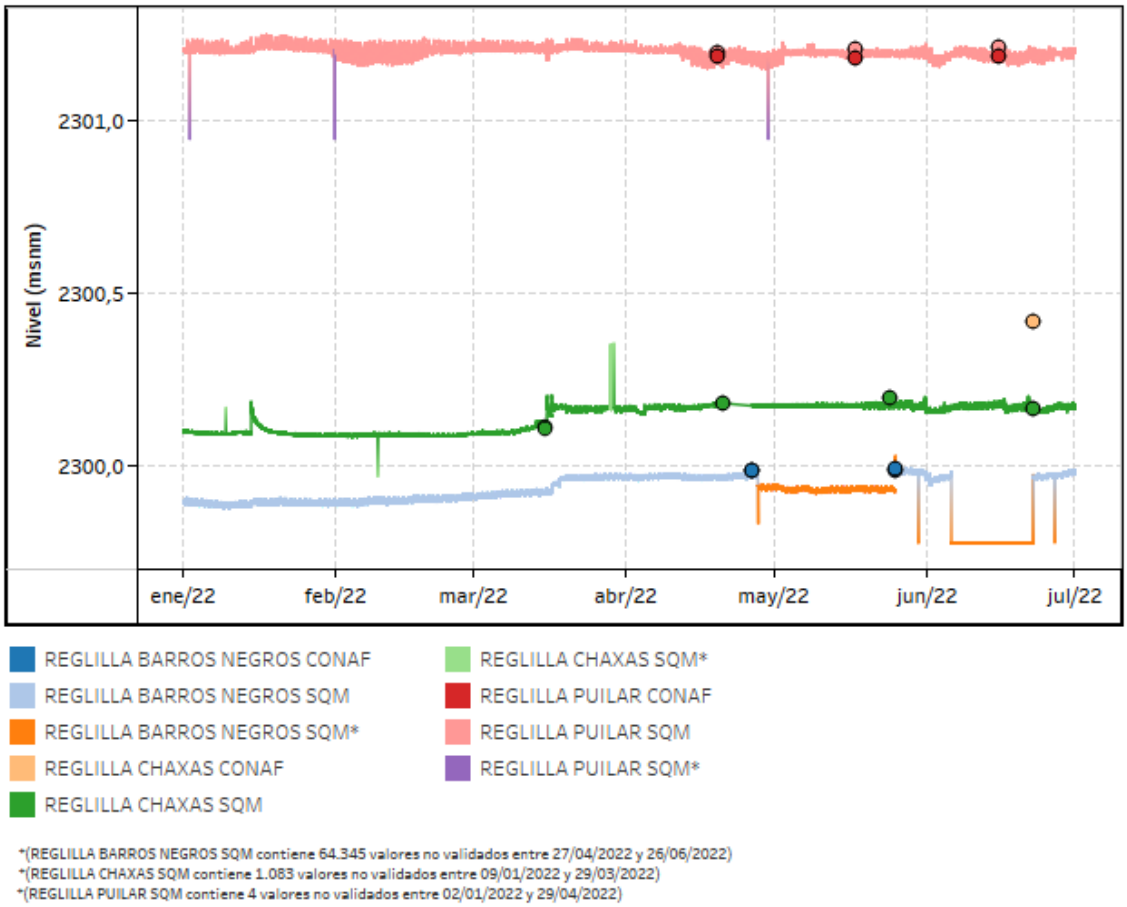
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

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

	SEGEA						SQM			
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	03/22	04/22	05/22	06/22
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF				1	1			1	1	
REGLILLA BARROS NEGROS SQM				1	1			1	1	
REGLILLA CHAXAS CONAF						1				1
REGLILLA CHAXAS SQM			1	1	1	1	1	1	1	1
REGLILLA PUILAR CONAF				1	1	1		1	1	1
REGLILLA PUILAR SQM				1	1	1		1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: 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 enero y junio de 2022. Los resultados gráficos se exponen en la Figura 5-12. 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 primer semestre de 2022 no se han podido realizar 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).

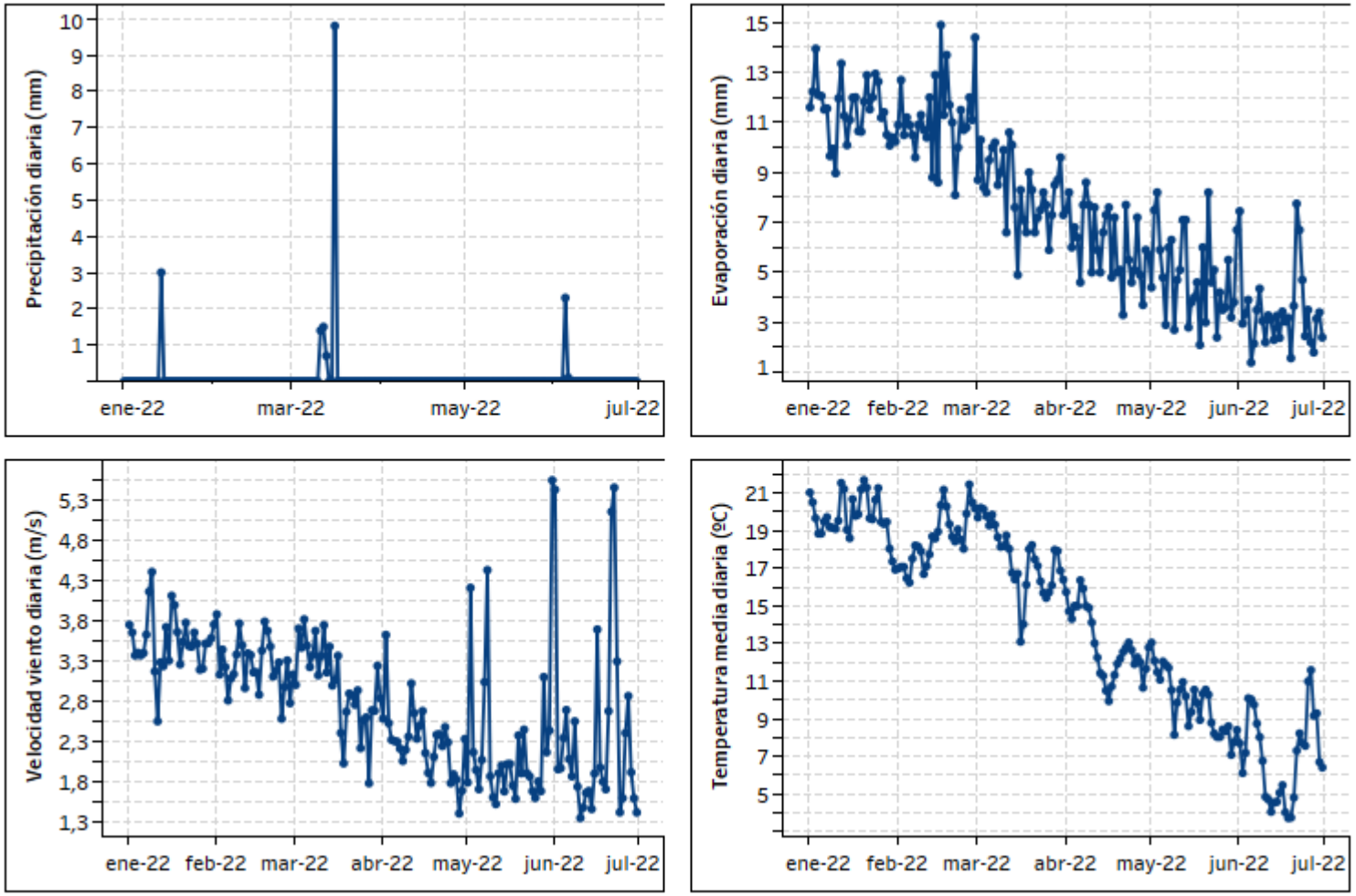
Tabla 5-26: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa

Parametros	Unidad	Mín. Valor	Máx. Valor	Prom. Valor	Desv. están. de Valor
Precipitación*	mm/día	0,00	9,80	0,10	0,79
Evaporación*	mm/día	1,39	14,90	7,51	3,36
Velocidad del viento*	m/s	1,30	5,49	2,73	0,85
Temperatura media diaria*	ºC	3,72	21,68	14,22	5,02

* Esta variable contempla uno o más periodos de rellenado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: 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 flujos de caudal como promedio mensual de extracción registrados en cada uno de ellos, durante el período de enero a junio 2022. Respecto de los flujómetros instalados, en el capítulo 4.4.5. Monitoreo de caudal de pozos de bombeo de agua industrial, en la Tabla 4-20, 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.

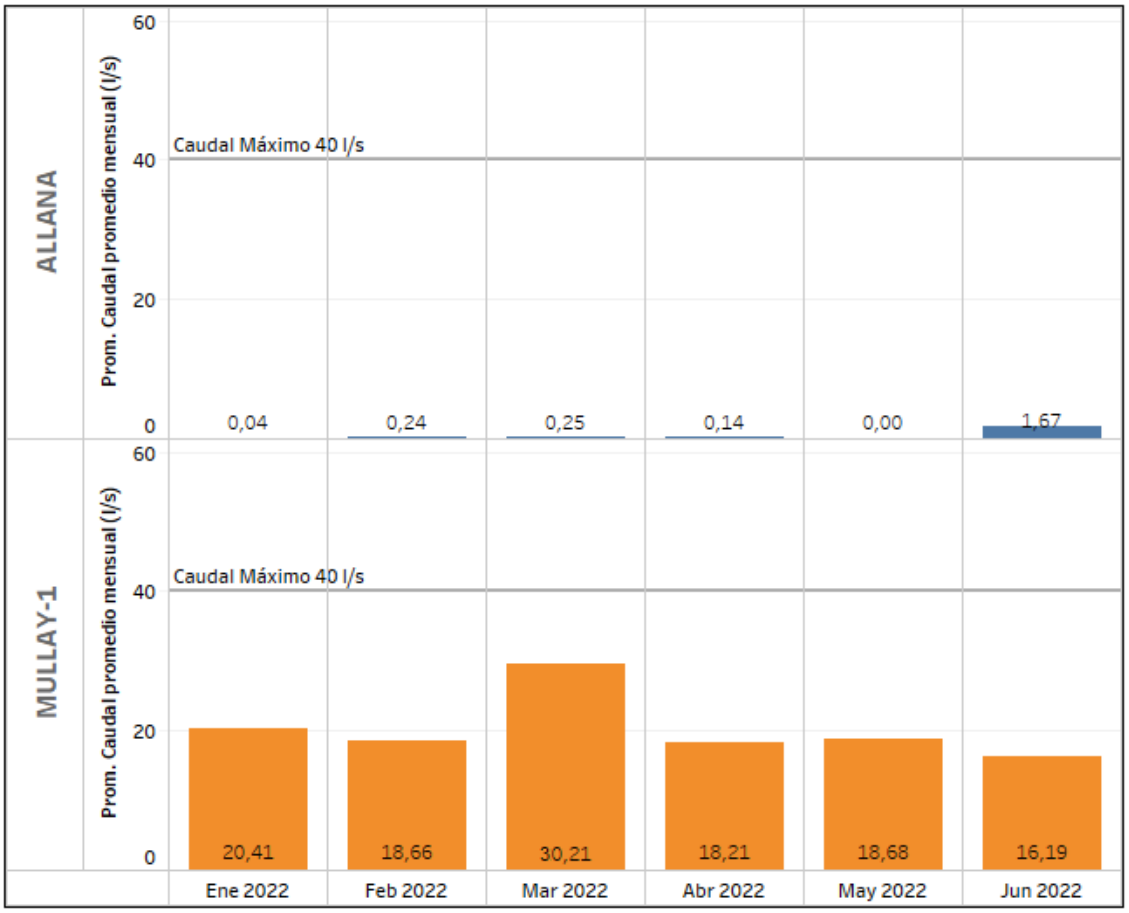
Por su parte, en la Figura 5-13 se muestran los resultados en forma gráfica. Como se observa, los flujos de extracción para Mullay-1 y Allana-1 se mantuvieron por debajo del máximo establecido en la autorización ambiental, el cual es de 40 L/s. Registrando flujos medios para el periodo a reportar de Allana-1 de 0,67 L/s y en Mullay-1 un promedio semestral de 20,39 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	Ene 2022	01/01/2022	01/02/2022	S5W504500	74.339	74.438	99	0,04
	Feb 2022	01/02/2022	01/03/2022	S5W504500	74.438	75.010	572	0,24
	Mar 2022	01/03/2022	01/04/2022	S5W504500	75.010	75.670	660	0,25
	Abr 2022	01/04/2022	01/05/2022	S5W504500	75.670	76.042	372	0,14
	May 2022	01/05/2022	01/06/2022	S5W504500	76.042	76.055	13	0,00
	Jun 2022	01/06/2022	23/06/2022	S5W504500	76.055	76.653	598	0,31
		23/06/2022	01/07/2022	S5W905097	0	1.967	1.967	3,04
MULLAY-1	Ene 2022	01/01/2022	01/02/2022	S5WB07076	509.540	564.209	54.669	20,41
	Feb 2022	01/02/2022	01/03/2022	S5WB07076	564.209	609.343	45.134	18,66
	Mar 2022	01/03/2022	27/03/2022	S5WB07076	609.343	651.999	42.656	30,21
		27/03/2022	01/04/2022	S5P800411	0	38.272	38.272	30,21
	Abr 2022	01/04/2022	01/05/2022	S5P800411	38.272	85.468	47.196	18,21
	May 2022	01/05/2022	01/06/2022	S5P800411	85.468	135.510	50.042	18,68
	Jun 2022	01/06/2022	01/07/2022	S5P800411	135.510	177.486	41.976	16,19

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-13: 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 primer semestre del año 2022. 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 4-4 y en la Tabla 4-3 de la Sección 4.4.1 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 primer semestre de 2022 los análisis químicos han sido efectuados por la ETFA 029-01ALS Life Sciences Chile, mientras que los muestreos de terreno fueron realizados por la ETFA 040-01 SEGEA.

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 (SEGEA) y analizadas por el laboratorio ALS (enero y abril de 2022), a los pozos de monitoreo durante el primer semestre del año 2022. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-14 para las campañas del primer y segundo trimestre de 2022. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Únicamente el punto L7-G1 se presentó seco en la medición del primer trimestre (enero 2022) inhabilitando la opción de toma de muestra, estos detalles se encuentran en el respaldo en el informe realizado por la ETFA en el Anexo 6.1.

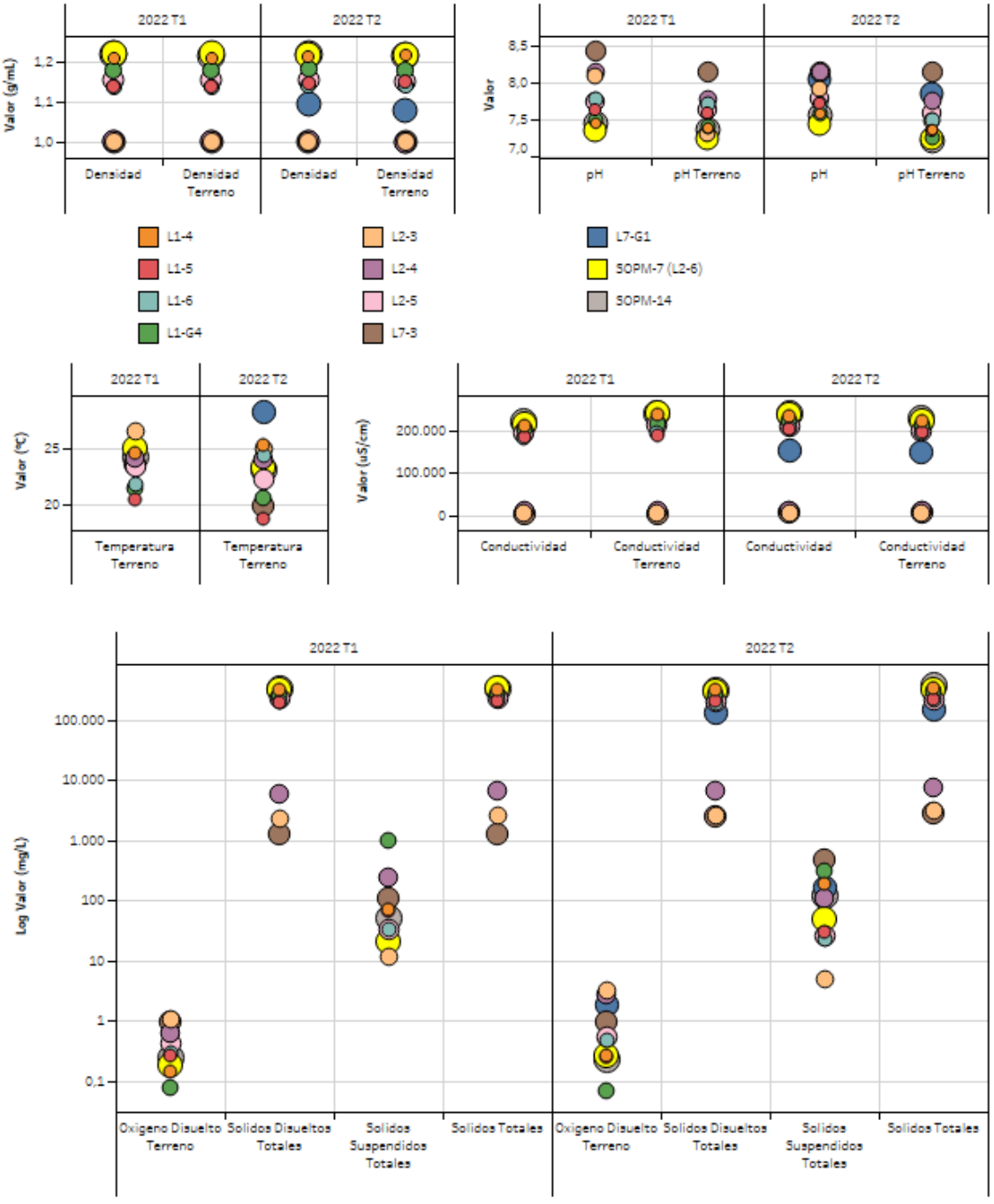
Tabla 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Soncor

Parámetro	L1-4		L1-5		L1-6		L2-3		L2-4		L1-G4	
	26/01/22	26/04/22	26/01/22	24/04/22	26/01/22	26/04/22	28/01/22	25/04/22	28/01/22	25/04/22	26/01/22	24/04/22
Conductividad (uS/cm)	213.000	234.000	185.100	206.000	182.100	205.000	3.340	3.560	9.620	9.960	206.000	223.000
Conductividad Terreno (uS/cm)	238.800	223.000	191.100	197.900	194.000	193.600	3.627	3.755	9.930	9.704	216.100	210.500
Densidad (g/mL)	1,209	1,212	1,140	1,148	1,138	1,141	1,000	1,000	1,003	1,004	1,180	1,184
Densidad Terreno (g/mL)	1,210	1,215	1,140	1,150	1,137	1,140	1,000	1,000	1,001	1,000	1,180	1,180
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,15	0,27	0,28	0,26	0,30	0,48	1,06	3,32	0,65	2,84	0,08	0,07
pH ()	7,45	7,58	7,64	7,72	7,78	7,71	8,10	7,92	8,14	8,14	7,49	7,57
pH Terreno ()	7,39	7,37	7,59	7,34	7,70	7,48	7,30	7,48	7,78	7,76	7,40	7,26
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	324.815	314.055	198.180	210.270	204.685	193.820	2.296	2.690	5.840	6.790	249.300	265.230
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	75	194	70	31	34	23	12	5	246	115	1.041	314
Sólidos Totales (mg/L)	329.885	343.070	206.555	226.580	212.130	217.375	2.668	3.062	6.620	7.660	265.875	295.480
Temperatura Terreno (ºC)	24,6	25,2	20,5	18,8	21,8	24,3	26,5	24,9	24,2	24,0	21,4	20,7

Parámetro	L2-5		L7-3		SOPM-7 (L2-6)		SOPM-14		L7-G1	
	26/01/22	26/04/22	28/01/22	24/04/22	26/01/22	26/04/22	26/01/22	24/04/22	19/01/22	20/04/22
Conductividad (uS/cm)	193.100	212.000	1.781	4.170	217.000	239.000	221.000	240.000	-	151.200
Conductividad Terreno (uS/cm)	212.900	199.000	1.919	4.392	240.900	223.000	242.100	229.500	-	148.000
Densidad (g/mL)	1,156	1,156	1,001	1,001	1,220	1,217	1,218	1,219		1,093
Densidad Terreno (g/mL)	1,154	1,150	1,000	1,000	1,222	1,215	1,216	1,215		1,080
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,43	0,57	1,01	1,02	0,19	0,28	0,25	0,23		1,84
pH ()	7,74	7,78	8,44	8,15	7,35	7,43	7,44	7,56		8,04
pH Terreno ()	7,63	7,58	8,15	8,15	7,24	7,25	7,36	7,20		7,85
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	229.380	199.095	1.316	2.516	322.040	296.150	328.400	317.750	-	136.800
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	33	26	110	488	21	50	52	121	-	165
Sólidos Totales (mg/L)	232.985	218.525	1.324	2.964	348.885	321.380	330.715	383.930	-	153.250
Temperatura Terreno (ºC)	23,4	22,3	23,6	20,0	25,0	23,4	24,3	23,0		28,2

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

Figura 5-14: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

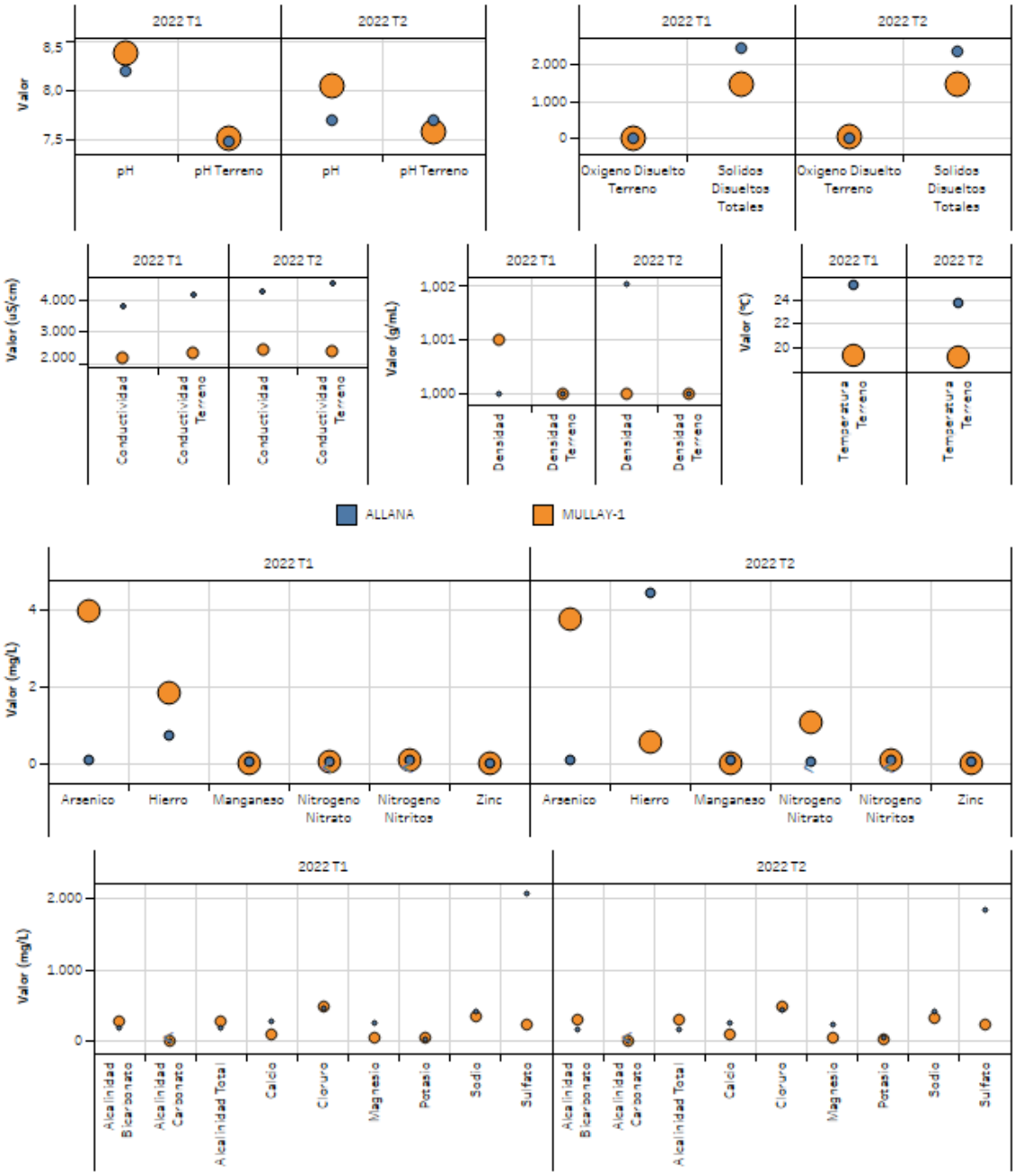
En la Tabla 5-29 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay-1 y Allana durante el primer semestre de 2022. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-15.

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

Parámetro	ALLANA		MULLAY-1	
	28/01/22	30/04/22	28/01/22	25/04/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	170	165	280	289
Arsénico (mg/L)	0,0751	0,1034	3,9551	3,7345
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	170	165	280	289
Bicarbonatos (mg/L)	207	201	342	353
Calcio (mg/L)	269,40	252,42	98,77	92,81
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1	<1
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	446,7	433,6	475,7	468,0
Conductividad (uS/cm)	3.790	4.280	2.170	2.440
Conductividad Terreno (uS/cm)	4.145	4.525	2.324	2.355
Densidad (g/mL)	1,000	1,002	1,001	1,000
Densidad Terreno (g/mL)	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro (mg/L)	0,737	4,400	1,837	0,557
Magnesio (mg/L)	242,017	229,995	33,328	31,788
Manganeso (mg/L)	0,0523	0,0964	0,0020	0,0033
Nitrógeno Nitrato (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<1,07
Nitrógeno Nitritos (mg/L)	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	1,37	2,30	1,28	3,34
pH ()	8,19	7,70	8,37	8,04
pH Terreno ()	7,47	7,70	7,51	7,58
Potasio (mg/L)	26,4	38,3	32,1	28,6
Sodio (mg/L)	399	409	339	316
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2.456	2.368	1.470	1.474
Sulfato (mg/L)	2.061	1.820	216	231
Temperatura Terreno (ºC)	25,1	23,7	19,3	19,2
Zinc (mg/L)	0,0094	0,0482	0,0176	0,0281

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-15: 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 ETFA 029-01, y a su vez, SEGEA ETFA 040-01 comprometidos con el monitoreo en terreno y la medición de parámetros fisicoquímicos.

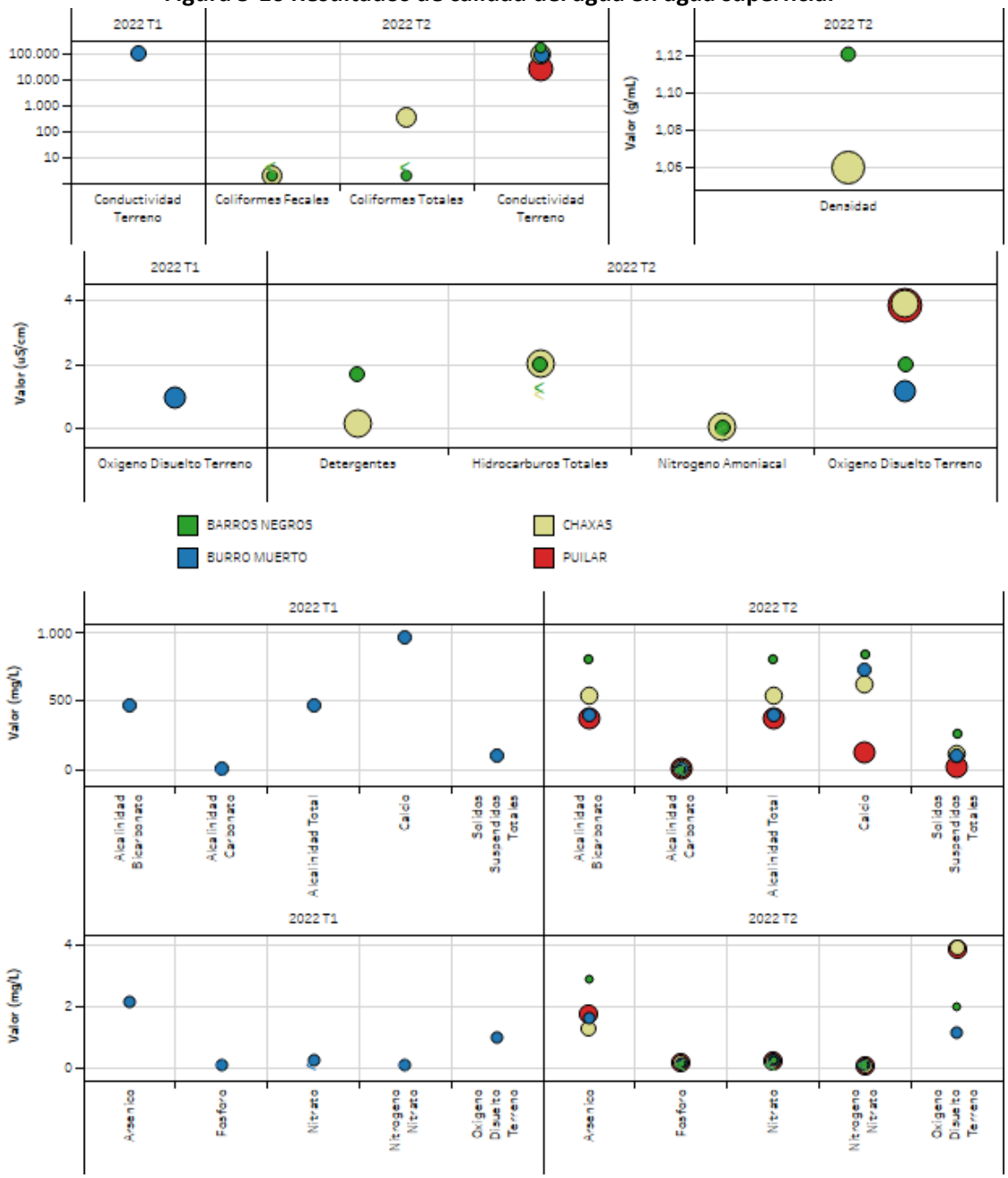
El personal de SEGEA solo pudo ingresar a ambos trimestres en el punto de Burro Muerto. El resto de las reglillas solo fueron posibles de visitar durante el mes de abril; esto debido a que en las visitas de enero no se contaba con el permiso de acceso la Reserva Nacional Los Flamencos. Para ver los respectivos respaldos de esta situación, visitar los informes ETFA que se encuentran en el Anexo 6.1.

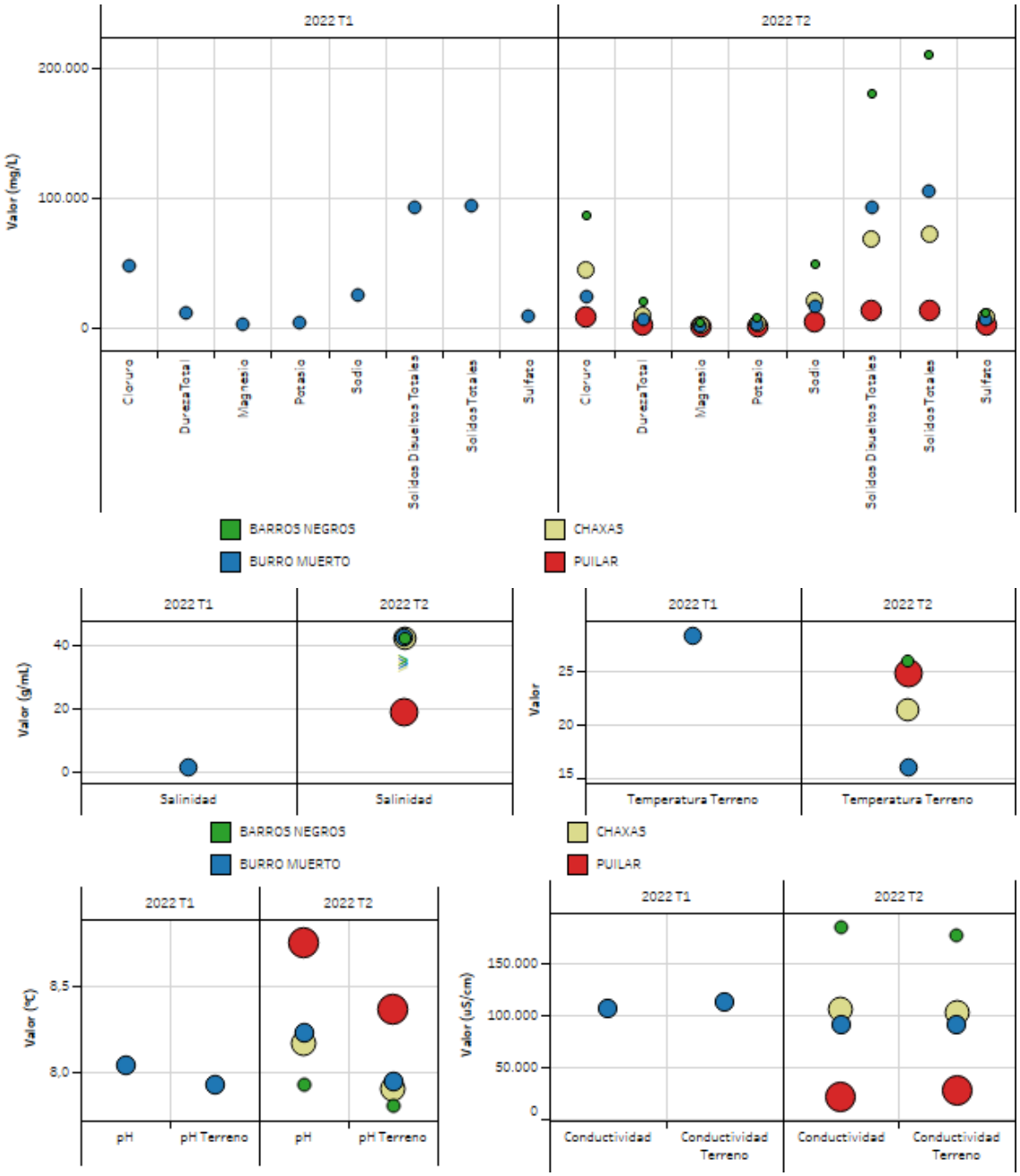
Tabla 5-30 Resultados calidad del agua en agua superficial

Parámetro	BARROS NEGROS		BURRO MUERTO		CHAXAS		PUILAR	
	29/01/22	27/04/22	18/01/22	19/04/22	19/01/22	20/04/22	29/01/22	19/04/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	-	802	461	390	-	530	-	363
Arsénico (mg/L)		2,841	2,118	1,608		1,275		1,709
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	-	802	461	390	-	530	-	363
Bicarbonatos (mg/L)	-	978	562	476	-	647	-	443
Calcio (mg/L)	-	829	959	715	-	613	-	121
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)		<1	<1	<1		<1		<1
Carbonatos (mg/L)		<1	<1	<1		<1		<1
Cloruro (mg/L)	-	86.882	47.808	23.104	-	43.778	-	8.495
Coliformes Fecales (NMP/100mL)		<2				<2		
Coliformes Totales (NMP/100mL)		<2				<350		
Conductividad (uS/cm)	-	183.300	106.600	89.900	-	105.100	-	20.100
Conductividad Terreno (uS/cm)	-	175.500	111.800	90.100	-	101.300	-	27.770
Densidad (g/mL)		1,121				1,059		
Densidad Terreno (g/mL)		1,115	1,063	1,048		1,055		1,009
Detergentes (mg/L)		1,70				0,17		
Dureza Total (mg/L)	-	20.576	11.601	6.698	-	9.816	-	2.384
Fosforo (mg/L)		0,130	0,050	0,130		0,130		0,130
Fosfato	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales (mg/L)		<2				<2		
Magnesio (mg/L)	-	4.157	2.351	1.650	-	1.857	-	449
Nitrógeno Amoniacal (mg/L)		<0,03				<0,03		
Nitrógeno Nitrato (mg/L)		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)		1,97	0,98	1,14		3,88		3,83
pH Terreno ()		7,80	7,92	7,94		7,90		8,36
Potasio (mg/L)	-	7.204	3.623	2.274	-	3.067	-	810
Salinidad (%)	-	42	1	42	-	42	-	18
Sodio (mg/L)	-	48.362	25.434	16.811	-	20.922	-	4.378
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	-	180.365	92.440	92.150	-	67.770	-	12.700
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	-	256	98	94	-	109	-	11
Sólidos Totales (mg/L)	-	210.100	93.615	105.150	-	72.580	-	13.100
Sulfato (mg/L)	-	10.995	8.080	6.676	-	7.829	-	1.412
Temperatura Terreno (°C)		26,0	28,3	16,0		21,3		24,7

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-16 Resultados de calidad del agua en agua superficial





Fuente: Elaboración propia.

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 4.5.8 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 primer semestre en el sistema Soncor. En las dos campañas del primer semestre, las muestras con análisis de sólidos (totales, disueltos y suspendidos) fueron validadas, donde todas aprueban el criterio de validación conservándose el desbalance inferior al 20%. De forma similar, para los balances iónicos que se pudieron calcular bajo los analitos que comprenden el compromiso RCA N°226/2006, estos se encuentran validados con un balance iónico menor al 10%.

Tabla 5-31: Resultados validación Soncor

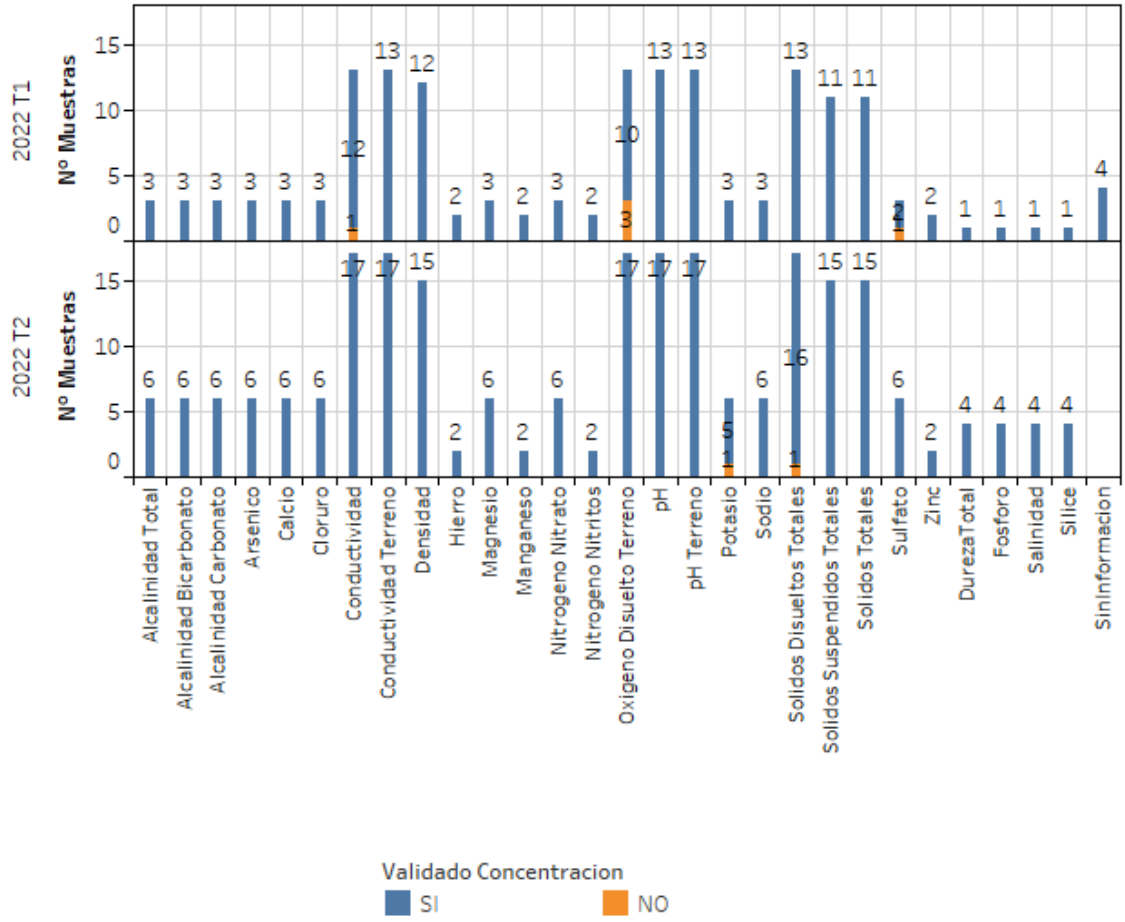
Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
1	ALLANA	NA*	6,8
	BURRO MUERTO	-1,2	2,9
	L1-4	-1,5	NA*
	L1-5	-4,0	NA*
	L1-6	-3,5	NA*
	L1-G4	-5,8	NA*
	L2-3	-13,5	NA*
	L2-4	-8,1	NA*
	L2-5	-1,5	NA*
	L7-3	7,7	NA*
	MULLAY-1	NA*	0,1
	SOPM-7 (L2-6)	-7,7	NA*
	SOPM-14	-0,7	NA*
2	ALLANA	NA*	2,9
	BARROS NEGROS	-14,0	0,5
	BURRO MUERTO	-12,3	9,2
	CHAXAS	-6,5	9,2
	L1-4	-8,4	NA*
	L1-5	-7,2	NA*
	L1-6	-10,8	NA*
	L1-G4	-10,1	NA*
	L2-3	-12,0	NA*
	L2-4	-9,9	NA*
	L2-5	-8,9	NA*
	L7-3	1,3	NA*
	L7-G1	-10,6	NA*
	MULLAY-1	NA*	4,3
	PUILAR	-3,0	4,2
	SOPM-7 (L2-6)	-7,8	NA*
	SOPM-14	-17,2	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 5-17 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 4.5.8). Se observan para el primer semestre 2022 (T1) 5 resultados no validados, donde 3 corresponden a oxígeno disuelto de terreno, 1 dato no validado de conductividad y 1 dato de sulfato no validado. Del mismo modo existen 2 resultados no

validados para el segundo trimestre (T2), 1 dato no validado en potasio y 1 dato no validado en solidos suspendidos totales. Estas desviaciones representan un 2% del total de 344 análisis en el sistema Soncor durante el primer semestre 2022

Figura 5-17: 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, esto último de manera voluntaria, y en el punto llamado Barros Negros (que se ubica a la salida de la laguna Chaxa, ver apartado 4.4.1) se toman medidas manuales.

En la Tabla 5-32 se muestra el resultado de las mediciones manuales realizadas durante el primer semestre 2022. Puede observarse que el aforo del Puente San Luís se ha podido medir todos los meses. En la

Figura 5-18 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. 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.

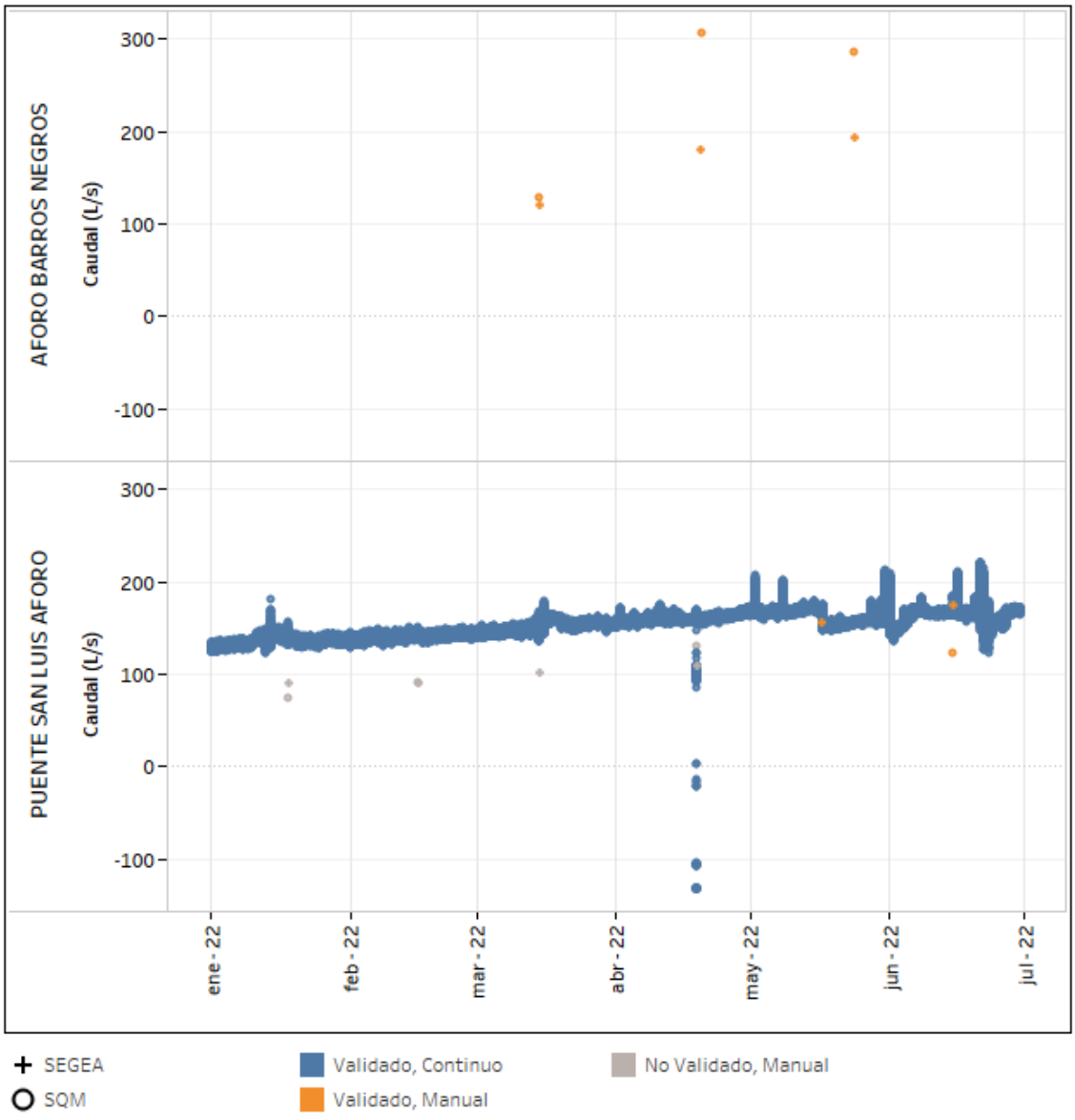
Por su parte, en el punto de Barros Negros solo ha sido posible su medición en los meses de marzo, abril, mayo y junio (2022). En la Figura 5-18 se muestra gráficamente el resultado obtenido.

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

	AFORO BARROS NEGROS	PUENTE SAN LUIS AFORO
enero 2022	S/I	89,30
febrero 2022	S/I	89,50
marzo 2022	119,10	100,70
abril 2022	180,35	108,80
mayo 2022	192,56	154,60
junio 2022	S/I	174,22

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

Figura 5-18: 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 superficie lacustre vía imagen satelital con frecuencia trimestral (PdC 2022), estacas perimetrales y levantamiento topográfico de perímetro lagunar vía RTK.

Es necesario 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 bajo el contexto del Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama (CONAF-SQM), por lo que las dimensiones reportadas con esta metodología subestiman la superficie lagunar en el sector de Puilar.

Durante el periodo de reporte no se contó con permiso de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos durante el periodo de verano debido a restricciones de ingreso por período reproductivo de los flamencos, lo cual implicó la imposibilidad de realizar trabajos de estacas perimetrales y puntos de control para el análisis de la imagen satelital en enero.

Para el mes de abril, se pudieron realizar tanto mediciones vía estacas perimetrales y levantamiento topográfico perimetral de las superficies lacustres, así como la medición de cuerpos lacustres mediante imágenes satelitales de alta resolución.

En la Tabla 5-33 se presentan los resultados obtenidos con las distintas metodologías. En la sección Anexos N° 10, se puede encontrar detalle específico de este apartado, así como los valores tabulados (anexo 10.0) y los informes de sustento para la obtención de resultados mediante imagen satelital (anexo 10.1), estacas perimetrales (anexo 10.2) y levantamiento topográfico de perímetro lagunar con RTK (anexo 10.3).

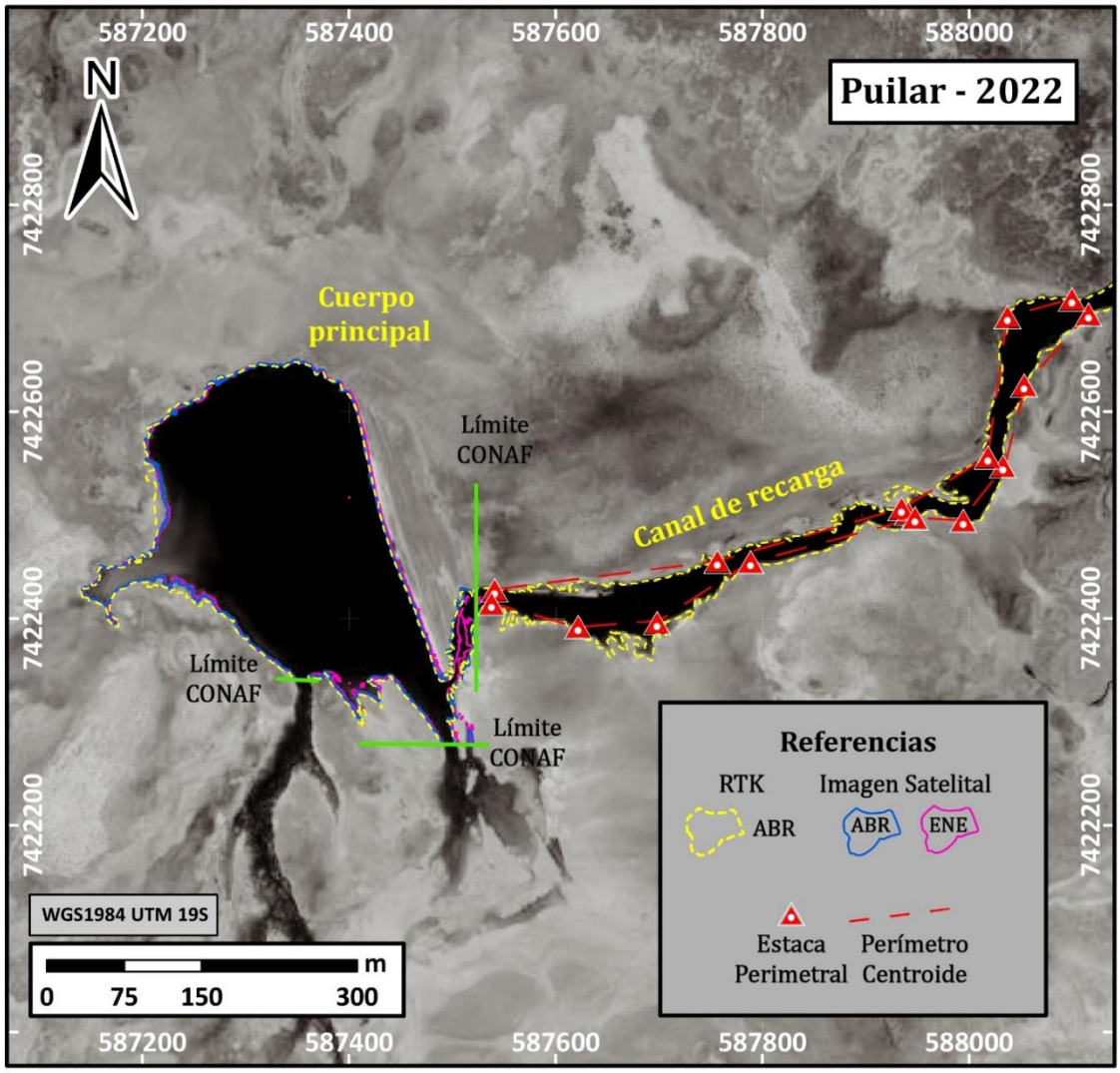
Tabla 5-33. Superficies lacustres primer semestre 2022.

Periodo de medición	Responsable	Técnica de medición	Superficie (m^2)			
			Laguna Chaxa	Laguna Barros Negros	B. Negros Z. Aledañas + Desborde Sur	Laguna Puilar
Ene 2022	SQM	Estacas Perimetrales	S/I	S/I	S/I	S/I
Ene 2022	SRGIS	Imágenes Satelitales	275.573	891.955	83.452	62.194
Abr 2022	ATyGEO	Estacas Perimetrales	276.031	1.056.467	N/A	S/I
Abr 2022	ATyGEO	LT-RTK	289.634	S/I	215.942	64.615
Abr 2022	SRGIS	Imágenes Satelitales	288.353	1.032.329	188.509	63.195

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin información (el dato no pudo ser medido). N/A significa: No Aplica (no corresponde esta medición).

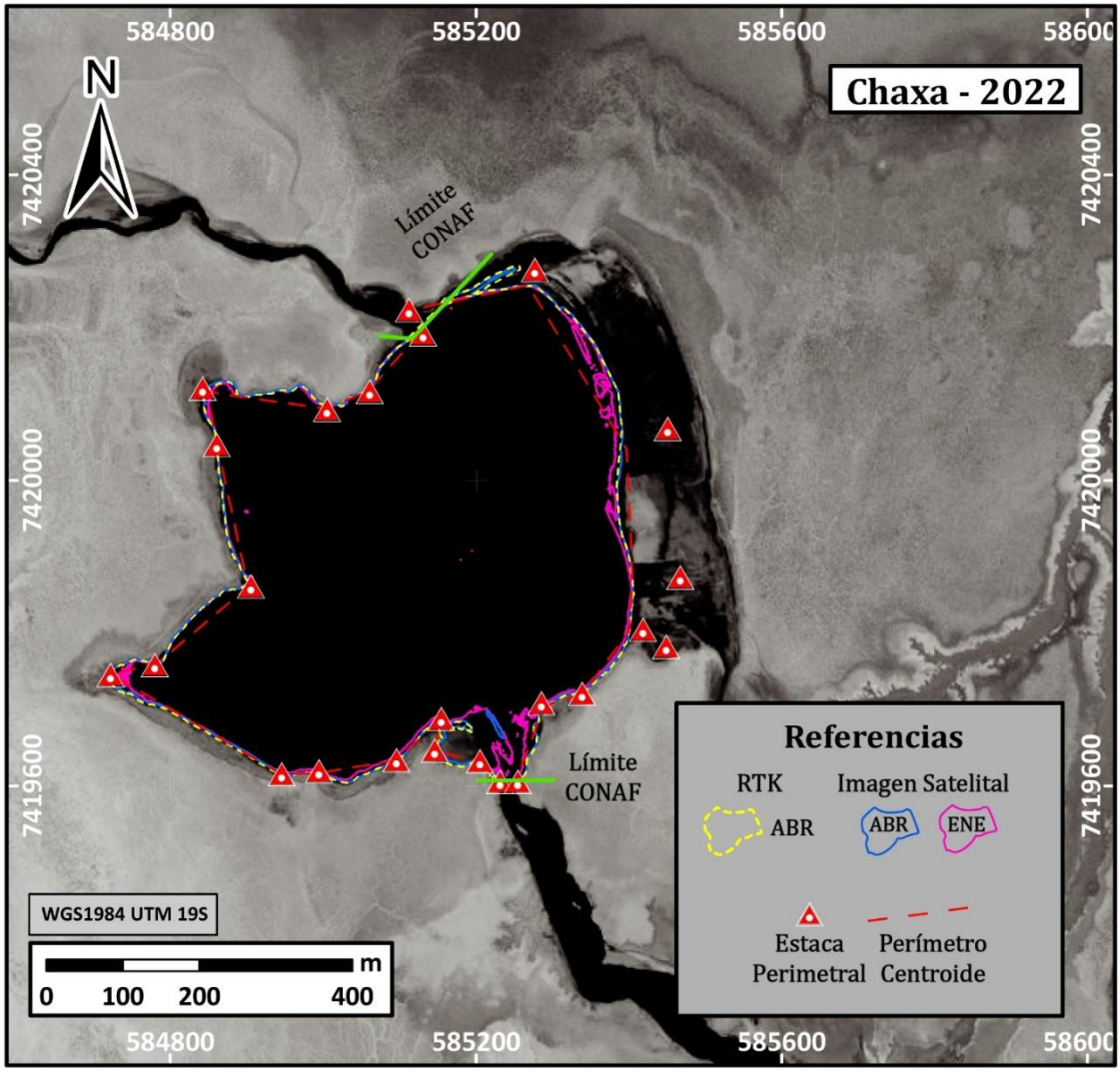
En las siguientes figuras, se muestran mapas con los resultados de las metodologías previamente señaladas para el primer semestre de 2022.

Figura 5-19: Mapa delimitación lacustre, sector Puilar. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises. Notar estacas perimetrales solo en canal de recarga del sistema lacustre



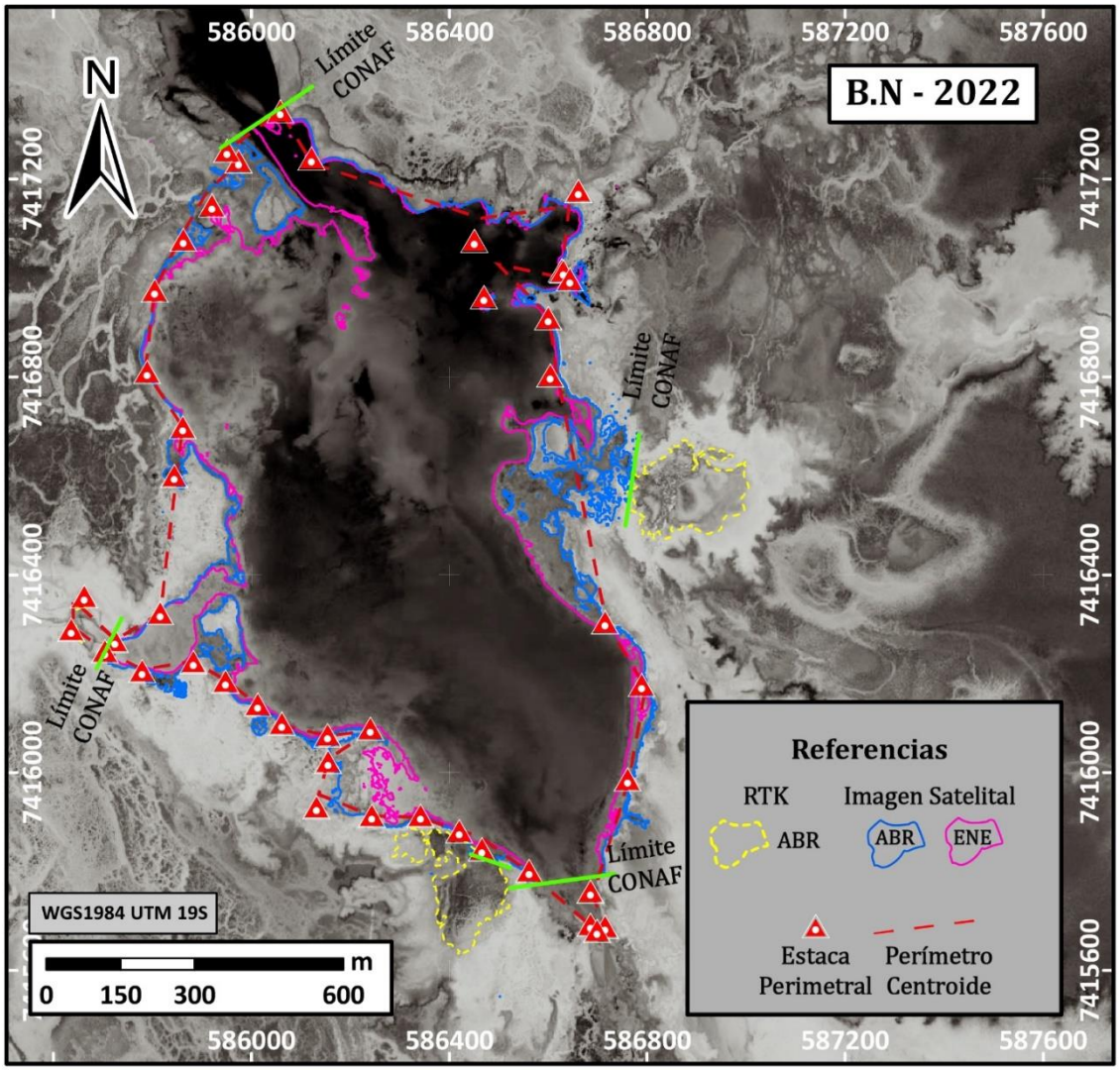
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-20: Mapa delimitación lacustre, sector Chaxa. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-21: Mapa delimitación lacustre, sector Barros Negros. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises.



Fuente: Elaboración propia

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 primer semestre de 2022 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-34 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-34: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22
L3-8	3				*		
L3-9	3				*		
L3-11	3				*		
L3-12	3				*		
L4-8	3				**		
L4-10	3				**		
L4-12	3				**		
L5-10	3				**		
L13-5	3				*		
L13-6	3				*		

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado para nivel.**: punto no muestreado. Motivo 2: 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 4-9 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. De entre los pozos, el L4-3 es indicador de

estado. Destacar que ninguna infraestructura de este grupo se encuentran dentro de la reserva. Respecto de la medición continua, ningún punto de este grupo contaba con instalación de transductor de presión, hasta el 21 de mayo de 2022, en donde se puso en marcha la medición continua en el pozo Camar-2. Estas mediciones se proponen de forma voluntaria en el marco del desmantelamiento de sus instalaciones para extracción de agua.

En la Tabla 5-35 se muestran los resultados del monitoreo comprometido efectuado para el primer semestre de 2022 y en la Tabla 5-36 se puede ver con detalle el recuento de mediciones realizadas cada mes por cada empresa. Finalmente, en la Figura 5-30 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, con las mediciones comprometidas, adicionales, manuales y continuas.

Como puede verse, para el primer semestre de 2022 se han realizado todas las visitas mensuales (y diarias para el caso del L4-3) comprometidas.

Tabla 5-35: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana

L3-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 15:45	2.322,964
19/2/22 08:45	2.322,941
19/3/22 10:12	2.322,961
16/4/22 16:02	2.322,965
21/5/22 10:31	2.322,959
18/6/22 11:12	2.322,963

L4-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 13:58	2.304,192
18/2/22 14:42	2.304,134
19/3/22 09:06	2.304,234
16/4/22 14:10	2.304,400
16/5/22 14:37	2.304,506
17/6/22 16:10	2.304,579

L5-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 13:09	2.322,329
18/2/22 14:07	2.322,325
19/3/22 08:29	2.322,305
16/4/22 16:49	2.322,330
18/5/22 16:11	2.322,321
17/6/22 15:15	2.322,298

L5-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 13:46	2.315,137
18/2/22 14:25	2.315,134
19/3/22 08:50	2.315,109
16/4/22 17:05	2.315,118
16/5/22 15:22	2.315,109
17/6/22 15:57	2.315,114

CAMAR-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 15:30	2.322,383
28/1/22 10:39	2.322,344 *
19/2/22 09:04	2.322,341
19/3/22 10:33	2.322,350
16/4/22 15:44	2.322,382
21/5/22 10:10	2.322,350
18/6/22 10:58	2.322,361

SOCAIRE-5B	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 13:30	2.304,230
28/1/22 10:02	2.304,173 *
19/2/22 08:17	2.304,237
21/3/22 12:04	2.304,682
21/4/22 11:45	2.304,242
21/5/22 09:29	2.304,715
17/6/22 15:39	2.306,537
27/6/22 11:13	2.304,575 *

L4-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.306,898	2.306,903
Feb 2022	2.306,872	2.306,888
Mar 2022	2.306,888	2.306,901
Abr 2022	2.306,901	2.306,904
May 2022	2.306,851	2.306,860
Jun 2022	2.306,870	2.306,882

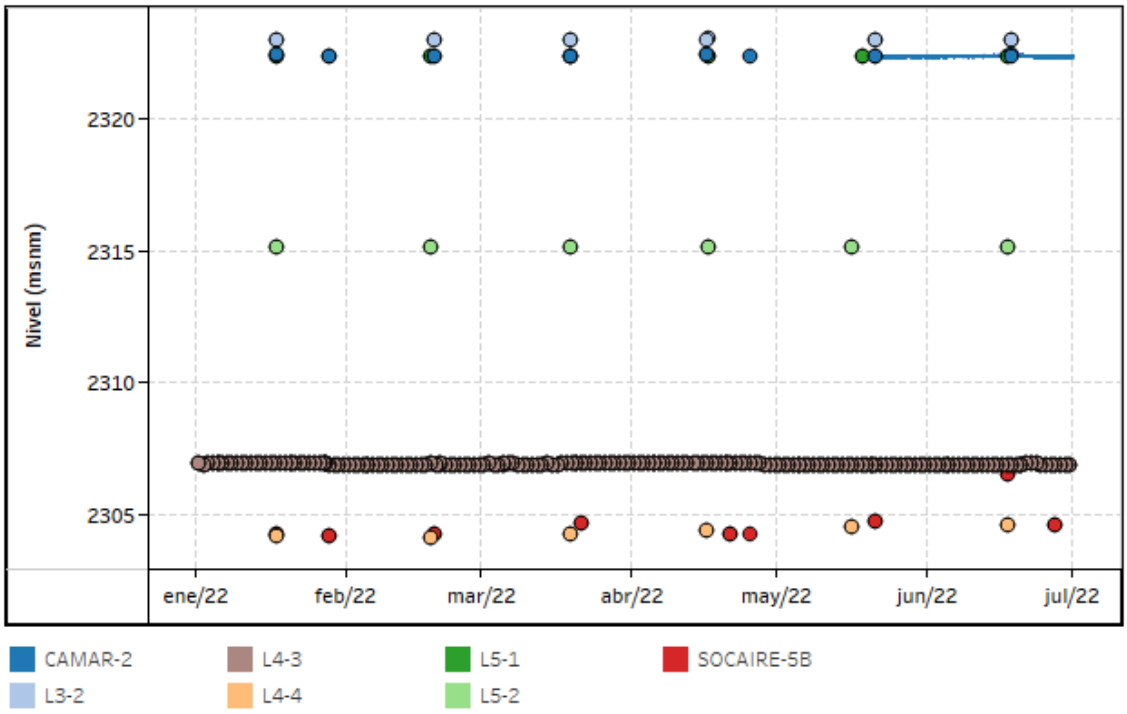
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (1) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-36: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
SOCAIRE-5B	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2
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	3	2	2	2	2	2	32	28	31	30	31	30
L3-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAMAR-2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-22: 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 por lo que, para facilitar el análisis, se han agrupado en 4 grupos en función de su ubicación; aledaño a pozo de extracción Camar-2, aledaño a pozo de extracción Socaire-5, al oeste de los cuerpos de agua

aledaños al pozo Camar-2 y al oeste de los cuerpos de agua aledaños al pozo Socaire-5. A continuación, se muestran los resultados para cada grupo.

5.1.3.1.2.1 Área del pozo Camar-2

Este subgrupo está conformado por 6 puntos de control y se encuentran aledaños al pozo de extracción Camar-2. De éstos, dos corresponden a indicadores de estado (L3-3 y L3-5) y son otros dos puntos los que se encuentran dentro de la reserva; L13-3 y L3-6. De todos ellos, todos se componen de medición continua de niveles a excepción del L3-3.

En la Tabla 5-37 se muestran las mediciones manuales comprometidas del primer semestre de 2022 para este grupo, y en la Tabla 5-38 se detalla el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa en cada mes. Finalmente, en la Figura 5-23 se muestra el resultado completo, incluyendo las mediciones comprometidas, adicionales y las manuales y las continuas.

Como puede verse, para el presente semestre reportado, todos los puntos han podido ser medidos con la frecuencia esperada, a excepción del L13-3 que no pudo ser visitado durante el mes de abril.

Tabla 5-37: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2

L13-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 14:45	2.315,234
9/2/22 10:39	2.315,202
9/3/22 11:01	2.315,189
16/4/22 12:23	2.315,191
11/5/22 10:17	2.315,223
8/6/22 15:00	2.315,252
15/6/22 14:35	2.315,255 *

L13-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 14:58	2.307,165
9/2/22 11:32	2.307,041
9/3/22 10:48	2.306,974
16/4/22 12:40	2.307,136
11/5/22 10:29	2.307,272
8/6/22 15:13	2.307,307
15/6/22 14:54	2.307,310 *

L13-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/1/22 16:04	2.302,724
9/2/22 12:34	2.302,690
9/3/22 10:32	2.302,667
30/4/22 12:00	S/I
11/5/22 10:49	2.302,716
8/6/22 15:34	2.302,772

L3-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/1/22 15:30	2.302,177
9/2/22 13:21	2.302,160
9/3/22 11:18	2.302,150
13/4/22 16:54	2.302,175
11/5/22 11:36	2.302,187
8/6/22 14:22	2.302,218

L3-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.310,749	2.310,762
Feb 2022	2.310,721	2.310,734
Mar 2022	2.310,713	2.310,736
Abr 2022	2.310,752	2.310,786
May 2022	2.310,821	2.310,847
Jun 2022	2.310,867	2.310,878

L3-5		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.304,203	2.304,219
Feb 2022	2.304,179	2.304,188
Mar 2022	2.304,170	2.304,171
Abr 2022	2.304,175	2.304,190
May 2022	2.304,208	2.304,228
Jun 2022	2.304,247	2.304,261

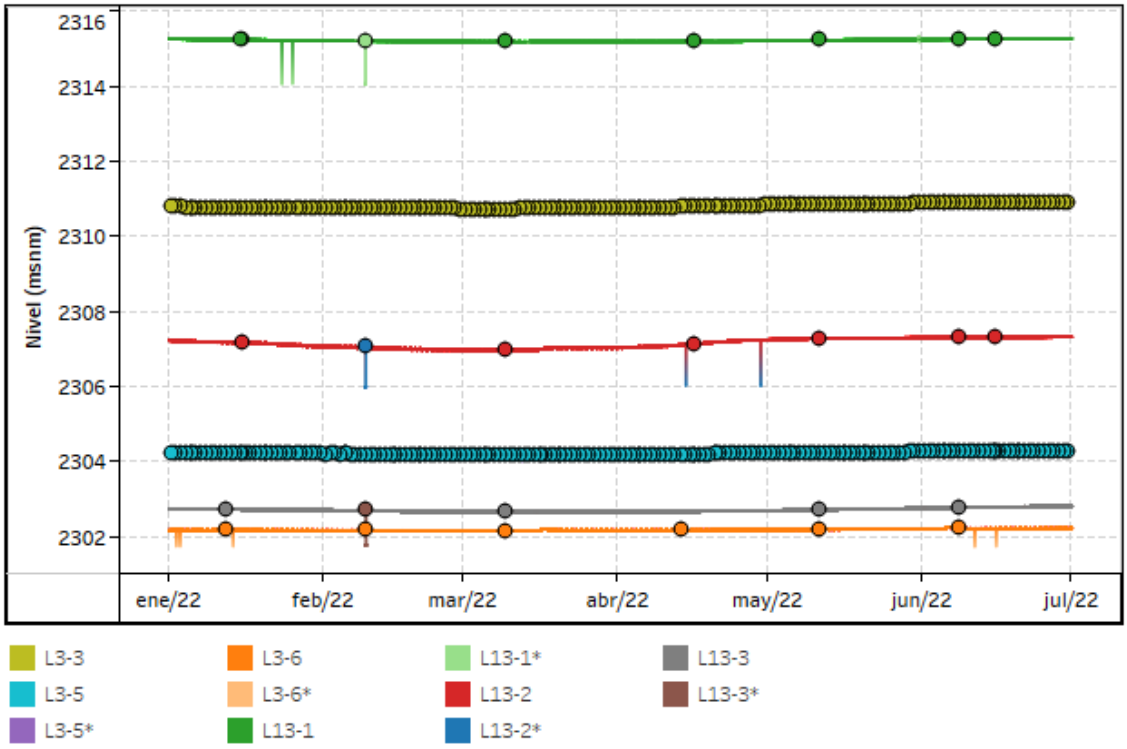
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-38: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L3-3	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L3-5	2	2	2	2	2	3	32	29	32	31	32	31
L3-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
L13-2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
L13-3	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



*(El Pozo L3-5 contiene 62 valores no validados entre 15/01/2022 y 21/06/2022)
*(El Pozo L3-6 contiene 12 valores no validados entre 02/01/2022 y 15/06/2022)
*(El Pozo L13-1 contiene 3.137 valores no validados entre 15/01/2022 y 31/05/2022)
*(El Pozo L13-2 contiene 173 valores no validados entre 09/02/2022 y 29/04/2022)
*(El Pozo L13-3 contiene 2.702 valores no validados entre 08/02/2022 y 21/06/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.1.2.2 Área del pozo Socaire-5

El subsector aledaño al pozo de extracción Socaire-5 está compuesto por 13 puntos de control, de los cuales 7 tienen medición en continuo además de las medidas manuales (L4-7, L4-8, L4-9, L5-3, L5-6, L5-7 y L5-8) y 3 de ellos son además indicadores de estado (L4-7, L4-8 y L5-8). De este grupo son los siguientes pozos los que se encuentran dentro de la reserva: L14-5, L14-6, L14-7, L4-8, L4-9 y L5-3.

En la Tabla 5-39 se muestran las mediciones manuales comprometidas para el primer semestre 2022. En la Tabla 5-40 se detalla el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa en cada mes y finalmente, en la Figura 5-24 se presentan de forma gráfica las mediciones obtenidas, tanto las comprometidas como las adicionales, así como las manuales y las continuas.

Como puede verse, para el presente semestre reportado, todos los puntos han podido ser medidos con la frecuencia esperada.

Tabla 5-39: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5

L14-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 14:23	2.311,765
19/2/22 14:46	2.311,734
19/3/22 09:29	2.311,733
16/4/22 13:43	2.311,750
16/5/22 14:25	2.311,785
18/6/22 09:56	2.311,817

L14-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 14:35	2.304,307
19/2/22 14:59	2.304,291
19/3/22 09:39	2.304,280
16/4/22 13:31	2.304,287
16/5/22 14:14	2.304,304
18/6/22 10:05	2.304,322

L14-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 14:46	2.301,644
19/2/22 15:17	2.301,632
19/3/22 09:51	2.301,643
16/4/22 13:17	2.301,641
16/5/22 13:27	2.301,664
18/6/22 10:17	2.301,683

L14-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 11:21	2.300,415
8/2/22 10:13	2.300,399
8/3/22 10:33	2.300,397
12/4/22 16:00	2.300,415
10/5/22 11:32	2.300,417
7/6/22 12:24	2.300,472

L14-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 11:28	2.300,077
8/2/22 10:20	2.300,067
8/3/22 10:40	2.300,061
12/4/22 16:14	2.300,062
10/5/22 11:23	2.300,058
7/6/22 12:34	2.300,079

L14-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 11:37	2.299,904
8/2/22 10:27	2.299,897
8/3/22 10:47	2.299,887
12/4/22 16:26	2.299,878
10/5/22 11:43	2.299,867
7/6/22 12:43	2.299,866

L4-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/1/22 13:41	2.300,946
9/2/22 14:56	2.300,949
9/3/22 12:40	2.300,950
13/4/22 14:01	2.300,978
11/5/22 13:19	2.300,997
8/6/22 12:53	2.301,060

L5-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/1/22 11:27	2.301,985
9/2/22 15:41	2.301,972
9/3/22 13:25	2.301,959
13/4/22 10:21	2.302,001
11/5/22 14:54	2.302,054
8/6/22 10:26	2.302,140

L5-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 12:03	2.309,014
20/2/22 12:14	2.308,993
22/3/22 11:21	2.308,999
20/4/22 18:03	2.309,031
20/5/22 16:45	2.309,066
15/6/22 13:56	2.309,085
20/6/22 11:36	2.309,088 *

L5-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 13:45	2.306,938
20/1/22 11:44	2.306,932 *
15/2/22 11:45	2.306,901
20/2/22 11:40	2.306,896 *
16/3/22 15:47	2.306,888
22/3/22 11:11	2.306,901 *
16/4/22 09:52	2.306,936
20/4/22 18:25	2.306,944 *
16/5/22 10:04	2.307,000
20/5/22 16:57	2.307,006 *
15/6/22 13:34	2.307,041
20/6/22 11:18	2.307,043 *

L4-8		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.301,272	2.301,272
Feb 2022	2.301,272	2.301,272
Mar 2022	2.301,271	2.301,271
Abr 2022	2.301,276	2.301,276
May 2022	2.301,279	2.301,279
Jun 2022	2.301,296	2.301,296

L4-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.301,388	2.301,394
Feb 2022	2.301,387	2.301,392
Mar 2022	2.301,388	2.301,395
Abr 2022	2.301,391	2.301,398
May 2022	2.301,397	2.301,404
Jun 2022	2.301,403	2.301,412

L5-8		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.303,702	2.303,719
Feb 2022	2.303,692	2.303,703
Mar 2022	2.303,691	2.303,707
Abr 2022	2.303,703	2.303,735
May 2022	2.303,726	2.303,751
Jun 2022	2.303,751	2.303,769

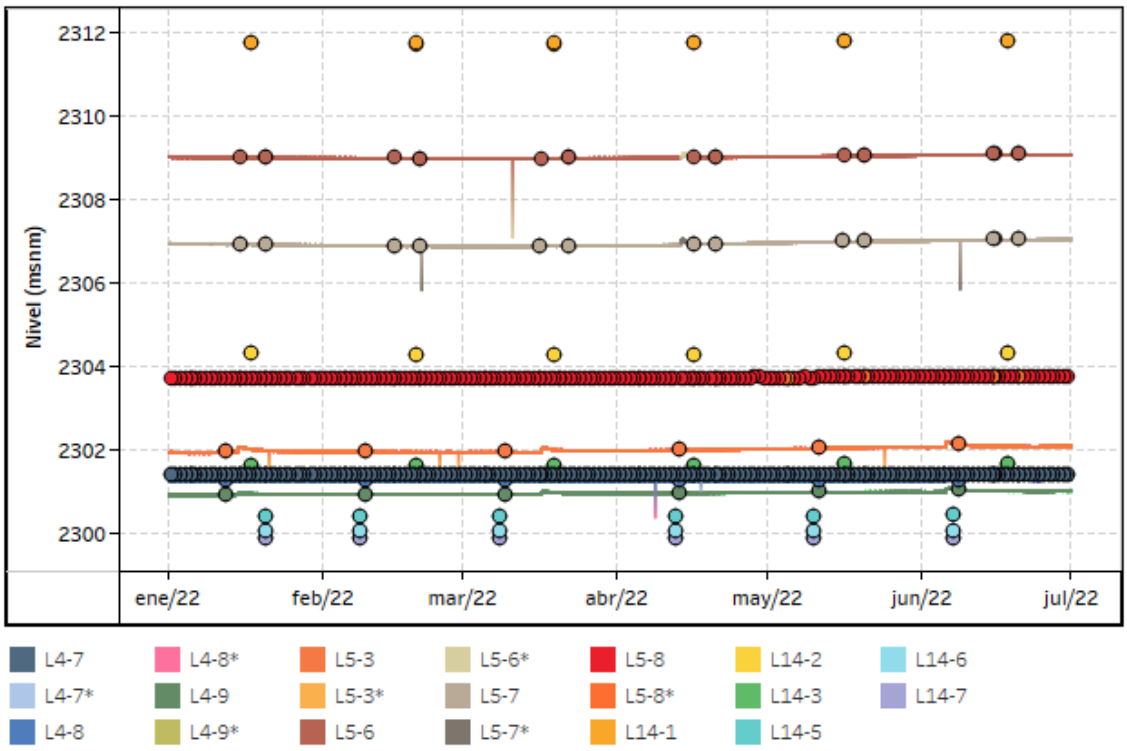
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-40: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L4-7	2	2	2	2	2	3	32	29	32	31	32	31
L4-8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-3	1	1	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	2
L5-8	2	2	2	2	2	3	32	29	32	31	32	31
L14-1	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	1
L14-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L14-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L14-7	1	1	1	1	1	1	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



*(El Pozo L4-7 contiene 38 valores no validados entre 16/04/2022 y 17/04/2022)
*(El Pozo L4-8 contiene 79 valores no validados entre 12/01/2022 y 13/04/2022)
*(El Pozo L4-9 contiene 11 valores no validados entre 12/01/2022 y 13/04/2022)
*(El Pozo L5-3 contiene 55 valores no validados entre 12/01/2022 y 24/05/2022)
*(El Pozo L5-6 contiene 4.738 valores no validados entre 10/03/2022 y 20/06/2022)
*(El Pozo L5-7 contiene 4.163 valores no validados entre 09/01/2022 y 08/06/2022)
*(El Pozo L5-8 contiene 102.898 valores no validados entre 04/01/2022 y 30/06/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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

Respecto el subsector oeste de los cuerpos de agua cercanas a Camar-2, se encuentran 10 puntos de control. De éstos, todos a excepción del L13-7 y el L3-4 se encuentran dentro de la reserva. Por otro lado, el L3-11 y el L3-9 son indicadores de estado. De todo el grupo, son el L3-10, L3-13 y L3-9 los que cuentan con mediciones de nivel continuas.

El resultado para el monitoreo manual comprometido del primer semestre de 2022 se muestra en la Tabla 5-41. En la Tabla 5-42 se encuentra el detalle del número de mediciones realizado por cada empresa para

cada mes y en la Figura 5-25 se presentan gráficamente los niveles resultantes del monitoreo tanto comprometido como del adicional, así como todas las mediciones manuales y continuas.

Como puede verse, los pozos fuera de la reserva han sido medidos mensualmente tal y como se tiene comprometido. No obstante, respecto de los pozos que quedan dentro, en ningún caso han sido visitados durante el mes de abril. Adicionalmente, los dos indicadores L3-9 y L3-11 solo disponen de una medición al mes (menos en abril, que no se midió), cuando se debería poder disponer de medidas diarias según está establecido.

Tabla 5-41: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua

L13-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 12:57	2.300,476
8/2/22 11:19	2.300,471
8/3/22 11:49	2.300,462
30/4/22 12:00	S/I
10/5/22 12:03	2.300,445
7/6/22 13:51	2.300,444

L13-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 13:08	2.300,204
8/2/22 11:25	2.300,200
8/3/22 12:02	2.300,186
30/4/22 12:00	S/I
10/5/22 12:15	2.300,172
7/6/22 13:59	2.300,168

L13-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 08:47	2.299,954
17/2/22 14:15	2.299,954
18/3/22 11:40	2.299,947
18/4/22 15:10	2.299,943
19/5/22 12:27	2.299,931
17/6/22 11:16	2.299,928

L3-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 12:11	2.300,295
8/2/22 10:51	2.300,291
8/3/22 11:23	2.300,283
30/4/22 12:00	S/I
10/5/22 12:47	2.300,267
7/6/22 13:18	2.300,262

L3-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 11:55	2.300,372
8/2/22 10:42	2.300,366
8/3/22 11:02	2.300,356
30/4/22 12:00	S/I
10/5/22 12:31	2.300,343
7/6/22 13:05	2.300,350

L3-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 12:29	2.300,205
8/2/22 11:00	2.300,203
8/3/22 11:32	2.300,196
30/4/22 12:00	S/I
10/5/22 13:02	2.300,180
7/6/22 13:30	2.300,173

L3-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 12:36	2.300,178
8/2/22 11:05	2.300,176
8/3/22 11:36	2.300,169
30/4/22 12:00	S/I
10/5/22 13:10	2.300,155
7/6/22 13:35	2.300,147

L3-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 09:55	2.299,807
20/2/22 09:57	2.299,801
22/3/22 09:25	2.299,793
20/4/22 10:23	2.299,776
20/5/22 10:51	2.299,775
20/6/22 09:57	2.299,768

L3-9		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Máx
Ene 2022	2.300,357	2.300,358
Feb 2022	2.300,352	2.300,353
Mar 2022	2.300,344	2.300,345
Abr 2022	S/I	S/I
May 2022	2.300,328	2.300,328
Jun 2022	2.300,327	2.300,327

L3-11		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.300,248	2.300,248
Feb 2022	2.300,246	2.300,246
Mar 2022	2.300,239	2.300,239
Abr 2022	S/I	S/I
May 2022	2.300,221	2.300,222
Jun 2022	2.300,216	2.300,216

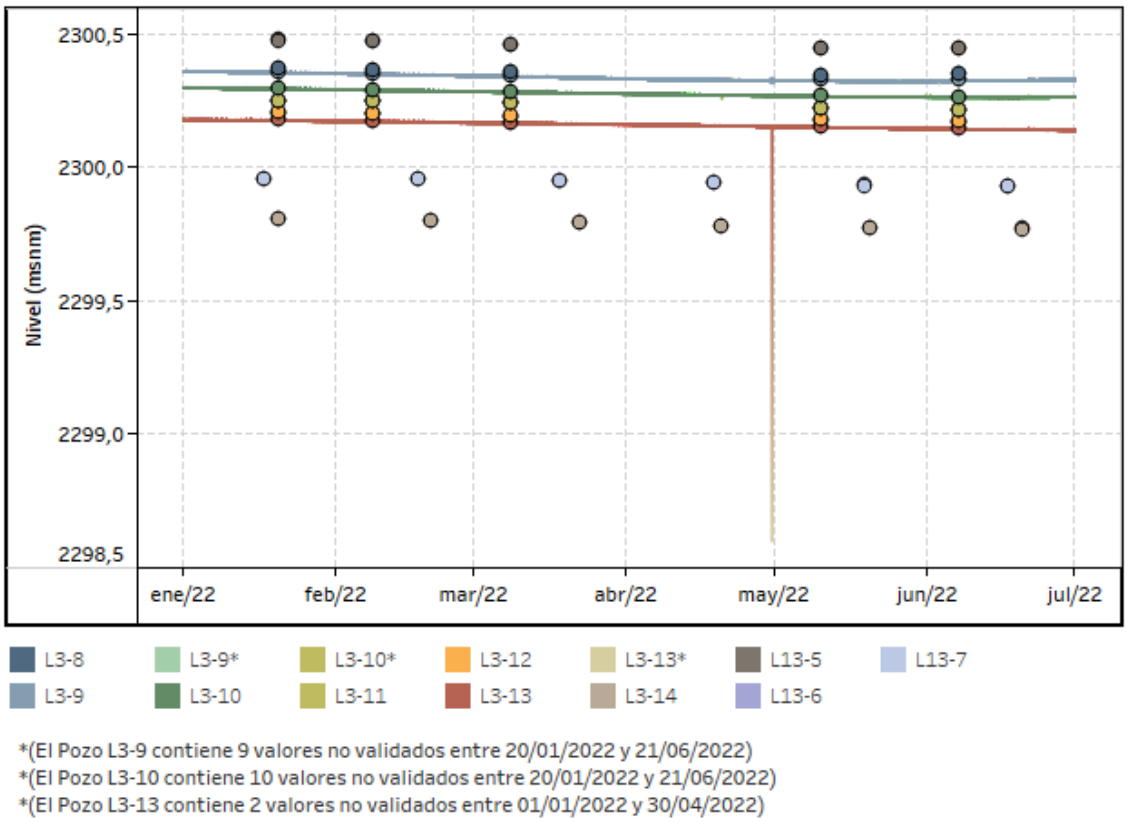
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-42: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L3-8	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1
L3-9	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1
L3-10	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1
L3-11	2	2	2		2	2	2	2	2		2	2
L3-12	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1
L3-13	1	1	1		1	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	1	1		1	1
L13-6	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1
L13-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-25: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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

En el subsector oeste de los cuerpos de agua y aledañas al pozo Socaire-5B se encuentran 14 puntos de control. De este grupo, todos los puntos, a excepción del GD-02, L4-15 y L4-5, se encuentran dentro de la reserva. De éstos, el L4-12, L4-13, L5-10 y L5-14 cuentan con mediciones continuas. Finalmente, de este subsector se tienen dos indicadores de estado: L5-10 y L4-12.

En la Tabla 5-43 se muestra el resultado del monitoreo manual comprometido para el primer semestre de 2022, en la Tabla 5-44 se encuentra el detalle del número de mediciones mensuales realizadas por cada empresa en cada pozo y en la Figura 5-26 se presenta gráficamente el resultado completo de las mediciones, tanto las manuales y continuas como las mediciones comprometidas y adicionales.

Como puede verse todos los puntos han sido visitados al menos una vez por mes. No obstante, los dos indicadores de estado no cuentan con las mediciones diarias comprometidas, por contra, se tienen entre 3 y 5 mediciones realizadas por SQM cada mes, y luego entre 1 y 3 mediciones mensuales realizadas por la ETFA. Debe considerarse sin embargo que ambos puntos cuentan con medición continua, lo que complementa el seguimiento del nivel en estos casos.

Tabla 5-43: 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.)
17/1/22 10:24	2.299,019
16/2/22 15:27	2.299,005
18/3/22 13:30	2.299,005
18/4/22 16:32	2.299,020
19/5/22 14:02	2.298,981
17/6/22 12:36	2.298,981

L4-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 09:46	2.299,229
17/2/22 14:58	2.299,217
18/3/22 12:46	2.299,205
18/4/22 16:04	2.299,202
19/5/22 13:23	2.299,198
17/6/22 12:03	2.299,208

L4-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 10:37	2.299,688
8/2/22 09:33	2.299,676
8/3/22 09:54	2.299,670
12/4/22 13:40	2.299,710
10/5/22 13:38	2.299,754
7/6/22 11:29	2.299,879

L4-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 10:44	2.299,583
8/2/22 09:42	2.299,574
8/3/22 10:05	2.299,565
12/4/22 15:00	2.299,581
10/5/22 13:50	2.299,600
7/6/22 11:40	2.299,668

L4-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 10:51	2.299,646
8/2/22 09:45	2.299,637
8/3/22 10:10	2.299,626
12/4/22 15:11	2.299,633
10/5/22 13:54	2.299,644
7/6/22 11:47	2.299,680

L4-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 10:17	2.299,412
20/2/22 10:17	2.299,397
22/3/22 09:52	2.299,390
12/4/22 15:22	2.299,389
20/4/22 09:55	2.299,385 *
20/5/22 11:18	2.299,393
20/6/22 10:19	2.299,427

L5-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 08:59	2.299,895
8/2/22 08:56	2.299,885
8/3/22 09:15	2.299,874
12/4/22 11:33	2.299,879
10/5/22 14:31	2.299,883
7/6/22 10:31	2.299,913

L5-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 09:04	2.299,790
8/2/22 09:03	2.299,781
8/3/22 09:20	2.299,770
12/4/22 11:47	2.299,762
10/5/22 14:36	2.299,756
7/6/22 10:37	2.299,761

L5-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 09:10	2.299,787
8/2/22 09:07	2.299,778
8/3/22 09:25	2.299,767
12/4/22 12:03	2.299,764
10/5/22 14:41	2.299,760
7/6/22 10:43	2.299,766

L5-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 09:16	2.299,633
8/2/22 09:11	2.299,622
8/3/22 09:30	2.299,609
12/4/22 12:20	2.299,600
10/5/22 14:46	2.299,590
7/6/22 10:49	2.299,594

L5-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 09:26	2.299,533
8/2/22 09:15	2.299,524
8/3/22 09:36	2.299,512
12/4/22 12:32	2.299,507
10/5/22 14:51	2.299,502
7/6/22 10:57	2.299,506

L5-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/1/22 08:40	2.300,040
8/2/22 08:45	2.300,028
8/3/22 09:09	2.300,018
12/4/22 10:07	2.300,023
10/5/22 14:20	2.300,030
7/6/22 10:17	2.300,059

L4-12		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.299,631	2.299,635
Feb 2022	2.299,620	2.299,628
Mar 2022	2.299,616	2.299,635
Abr 2022	2.299,634	2.299,646
May 2022	2.299,667	2.299,693
Jun 2022	2.299,759	2.299,775

L5-10		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.299,928	2.299,934
Feb 2022	2.299,917	2.299,926
Mar 2022	2.299,908	2.299,914
Abr 2022	2.299,907	2.299,910
May 2022	2.299,910	2.299,917
Jun 2022	2.299,931	2.299,950

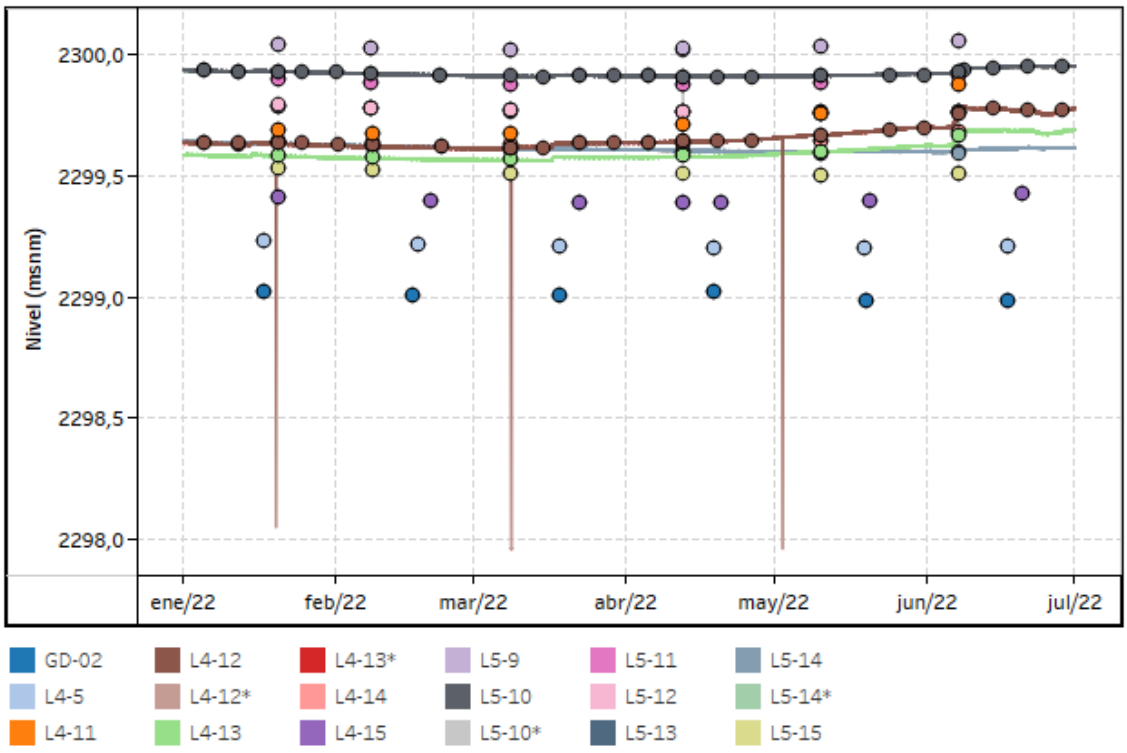
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-44: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
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	1	1	1	1	1	1
L4-12	3	2	2	2	1	1	4	3	4	4	3	4
L4-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-15	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1
L5-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-10	3	2	2	2	1	1	4	3	3	4	3	5
L5-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas



*(El Pozo L4-12 contiene 42 valores no validados entre 19/01/2022 y 02/05/2022)
*(El Pozo L4-13 contiene 1 valores no validados entre 20/01/2022 y 20/01/2022)
*(El Pozo L5-10 contiene 15 valores no validados entre 20/01/2022 y 08/06/2022)
*(El Pozo L5-14 contiene 4 valores no validados entre 20/01/2022 y 20/01/2022)

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. Cabe decir que ninguno se encuentra dentro de la reserva, que ninguno es indicador de estado, así como ninguno cuenta con mediciones continuas.

El resultado del monitoreo manual comprometido para el primer semestre de 2022 se muestra en la Tabla 5-45, en la Tabla 5-46 puede verse el detalle del número de mediciones realizada por cada empresa y en la Figura 5-27 se muestra gráficamente el resultado completo del semestre, incluyendo las mediciones comprometidas como las adicionales.

Como puede verse, el monitoreo para el presente semestre reportado y para este sector ha sido completado con la frecuencia mensual estipulada.

Tabla 5-45: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana

D-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 10:08	2.298,878
16/2/22 15:03	2.298,872
18/3/22 13:02	2.298,876
18/4/22 16:20	2.298,891
19/5/22 13:46	2.298,846
17/6/22 12:24	2.298,837

L4-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 09:38	2.298,835
17/2/22 14:47	2.298,824
18/3/22 12:33	2.298,819
18/4/22 15:55	2.298,845
19/5/22 13:15	2.298,807
17/6/22 11:56	2.298,792

L4-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 09:24	2.298,786
26/1/22 08:52	2.298,779 *
17/2/22 15:21	2.298,787
18/3/22 12:10	2.298,794
18/4/22 15:41	2.298,807
19/5/22 12:57	2.298,753
17/6/22 11:44	2.298,732

L5-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 10:16	2.298,864
16/2/22 15:14	2.298,855
18/3/22 13:22	2.298,859
18/4/22 16:27	2.298,874
19/5/22 13:56	2.298,833
17/6/22 12:30	2.298,828

SOPM-8 (L3-4)	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 09:08	2.298,662
17/2/22 13:54	2.298,658
18/3/22 11:56	2.298,644
18/4/22 15:27	2.298,678
15/5/22 14:12	2.298,640
17/6/22 11:31	2.298,607

SOPM-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 10:00	2.298,864
16/2/22 14:50	2.298,862
18/3/22 13:41	2.298,878
18/4/22 16:44	2.298,882
15/5/22 14:25	2.298,841
17/6/22 12:16	2.298,811

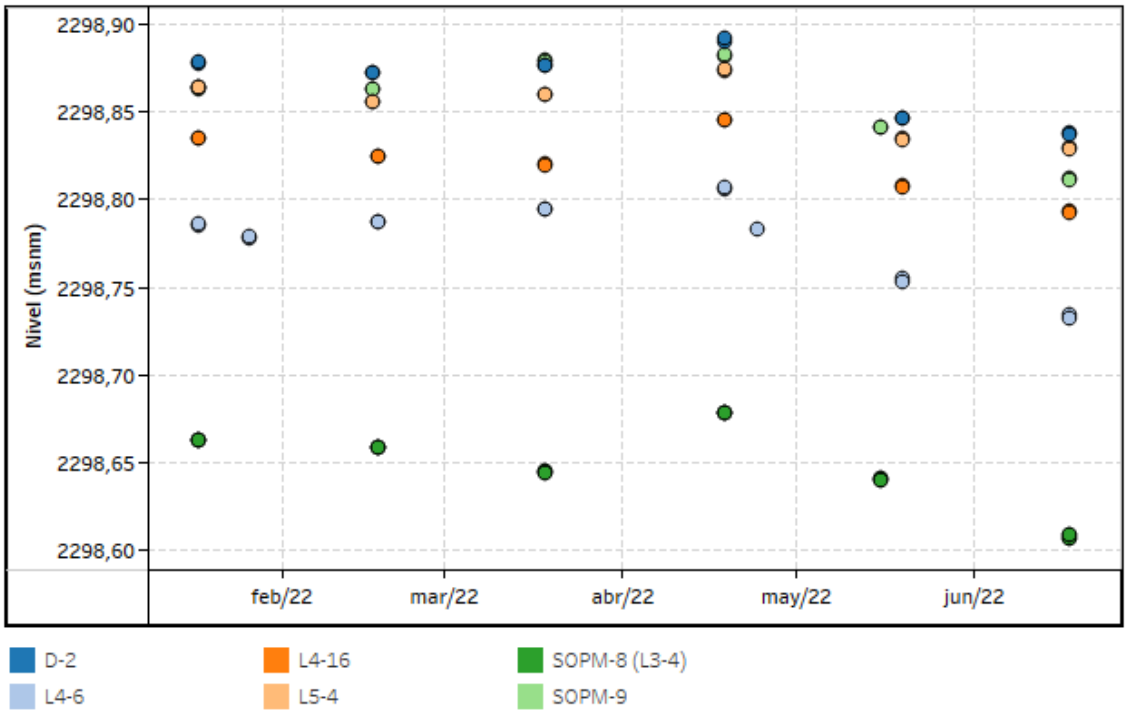
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-46: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
D-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-6	2	1	1	1	1	1	2	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 5-27: 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 que miden distintos cuerpos de agua superficial presente en el sistema, vale decir que todas ellas se encuentran dentro de la reserva. De éstas, el L4-10 corresponde a un indicador de estado. Por otro lado, los pozos L13-4, L14-4, L3-7 y L5-G3 disponen de medición continua de niveles.

En relación a lo anterior, y de la misma forma que ocurría en anteriores reglillas descritas del PSAH, el L5-G3 cuenta con dos infraestructuras de medición ya que el L5-G3 Reglilla no cuenta con las características constructivas para la instalación del transductor de presión. De ahí que sea el L5-G3 Pozo en donde se registren las mediciones continuas. No obstante, ambos puntos se encuentran cercanos y se considera que miden el mismo elemento hidrogeológico. Cabe decir que se realizan mediciones manuales mensuales en ambas infraestructuras, tanto por la ETFA como por SQM.

En la Tabla 5-47 se presenta el resultado del monitoreo manual comprometido del primer semestre 2022, en la Tabla 5-48 se muestra el recuento de mediciones realizadas por cada empresa para cada mes, y

finalmente, en la Figura 5-28 se representan los niveles de todo el monitoreo del semestre, tanto las mediciones comprometidas y adicionales, como los niveles manuales y continuos.

Como puede verse, para el presente semestre, la mayoría de los puntos han sido medidos con la frecuencia estipulada. No obstante, el L13-4 no pudo ser visitado en abril y, por otro lado, el L4-10 solo dispone de dos mediciones mensuales, tanto por parte de SQM como de la ETFA, cuando al ser indicador debiera tener una medida diaria.

Tabla 5-47: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana

L13-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
12/1/22 16:11	2.301,457
9/2/22 12:52	2.301,432
9/3/22 10:22	2.301,427
30/4/22 12:00	S/I
11/5/22 11:01	2.301,483
8/6/22 15:53	2.301,532

L14-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
12/1/22 15:09	2.300,719
9/2/22 14:08	2.300,722
9/3/22 11:56	2.300,716
13/4/22 16:10	2.300,754
11/5/22 12:34	2.300,773
8/6/22 13:54	2.301,035

L3-7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
12/1/22 15:40	2.301,145
9/2/22 13:34	2.301,115
9/3/22 11:25	2.301,093
13/4/22 17:42	2.301,134
11/5/22 11:46	2.301,180
8/6/22 14:37	2.301,270

L5-G3 POZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
12/1/22 12:27	2.300,670
9/2/22 15:56	2.300,674
9/3/22 13:37	2.300,672
13/4/22 11:39	2.300,702
11/5/22 15:07	2.300,717
8/6/22 10:50	2.300,722

L5-G3 REGLILLA	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
12/1/22 12:35	2.300,639
9/2/22 16:06	2.300,653
9/3/22 13:47	2.300,653
13/4/22 11:42	2.300,704
11/5/22 15:10	2.300,718
8/6/22 10:54	2.300,723

L4-10		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Ene 2022	2.300,563	2.300,564
Feb 2022	2.300,578	2.300,578
Mar 2022	2.300,580	2.300,581
Abr 2022	2.300,617	2.300,620
May 2022	2.300,685	2.300,685
Jun 2022	2.300,689	2.300,690

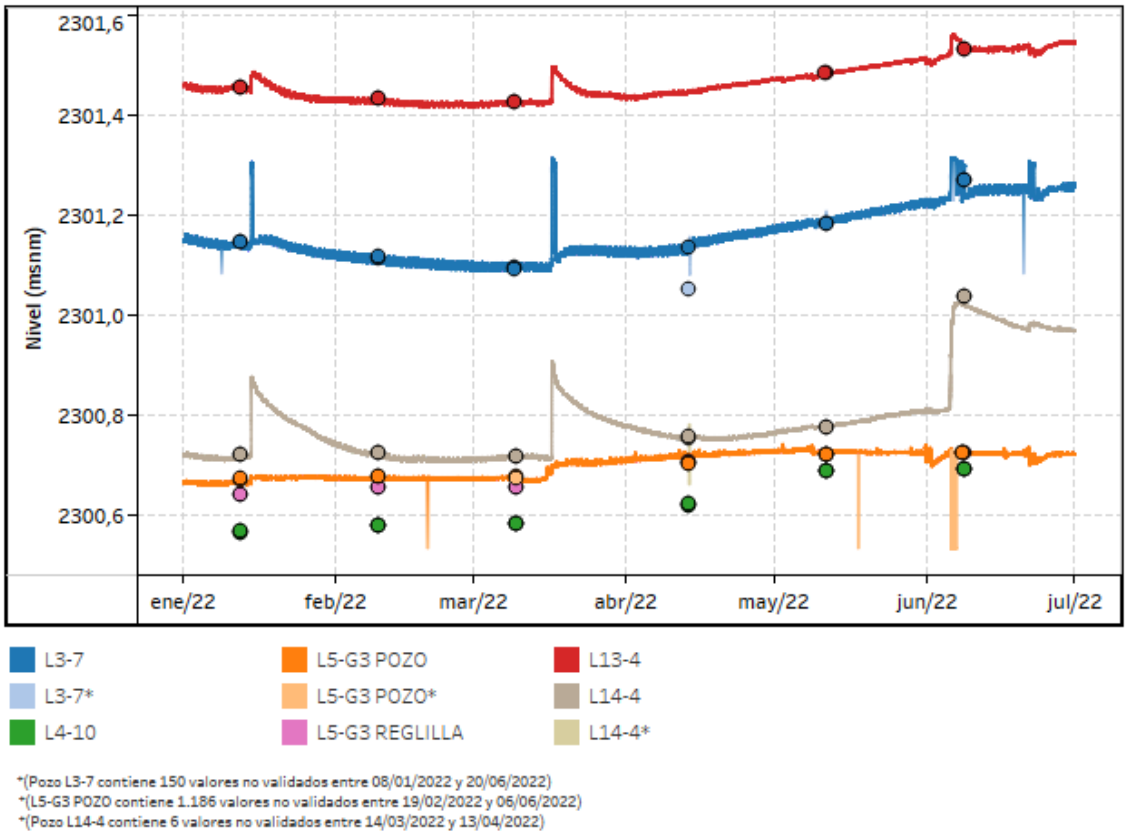
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-48: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	1/22	2/22	3/22	4/22	5/22	6/22	1/22	2/22	3/22	4/22	5/22	6/22
L3-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L5-G3 POZO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-G3 REGLILLA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-4	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1
L14-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-28: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana



*(Pozo L3-7 contiene 150 valores no validados entre 08/01/2022 y 20/06/2022)
*(L5-G3 POZO contiene 1.186 valores no validados entre 19/02/2022 y 06/06/2022)
*(Pozo L14-4 contiene 6 valores no validados entre 14/03/2022 y 13/04/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.2 Superficie Lacustre

Para el semestre a reportar en este informe, la consultora GEM ha reportado para el año 2022 una actualización de superficie lacustre, respecto de la anterior entrega de este trabajo, que fue en el marco

del PdC (2022). El área reportada toma como base tres umbrales NDWI de corte distintos (0,15; 0,20 y 0,25) y en consecuencia, entrega tres superficies representativas. La Tabla 5-49, muestra los datos reportados (detalle en Anexo 10.2).

Tabla 5-49: Superficie lacustre para el año 2022 en Aguas de Quelana

Periodo	Umbral NDWI = 0,15	Umbral NDWI = 0,20	Umbral NDWI = 0,25
2022	14 Ha.	6,38 Ha	3,49 Ha

Fuente: Extraído de GEM, 2022.

La compleja hidrodinámica del sistema lacustre de Aguas de Quelana y su contraste con los sistemas de Soncor y Peine hacen necesario una elaboración de una metodología para la recuperación de cuerpos de agua diferenciada. Actualmente, se encuentra en desarrollo un procedimiento ajustado a las características de este sector.

A continuación, se declara fe de erratas en el reporte de superficie lacustre en anteriores informes de PSAH para este sistema. Para el informe PSAH N° 27, los datos tabulados históricos reportados en anexos no corresponden a los declarados en el cuerpo del informe, sino más bien a la información otorgada por LINKAPSIS, consultora encargada del reporte para los sistemas lacustres de Soncor y Peine. Sumado a esto, para el informe PSAH N°29, tanto los datos históricos en la sección de discusiones como los tabulados en anexos corresponden a SRGIS ltda, mientras que en el apartado de resultados no considera una nueva actualización. La información diversa reportada es reflejo de la compleja dinámica del sistema lacustre y la constante búsqueda e iteración de un flujo de trabajo adaptado para la zona.

5.1.3.3 Caudal bombeado

En el sector aluvial del Sistema Aguas de Quelana es posible extraer agua industrial desde el pozo Socaire-5 y Camar-2, como se indicó anteriormente el pozo Camar se encuentra desmantelado y no se está bombeando aguas de este punto Los caudales medios mensuales extraídos del pozo Socaire-5 durante el período del primer semestre de 2022 se presentan en la Tabla 5-50 y Figura 5-29.

A modo de respaldo, en la Tabla 5-50 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.

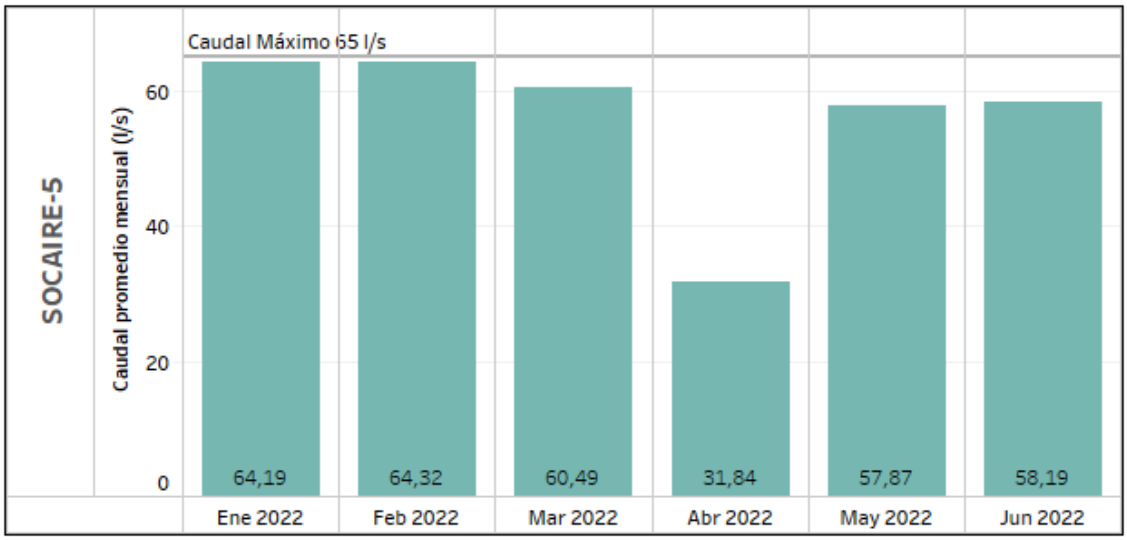
Como se observa, el flujo de extracción se mantuvo por debajo de los máximos establecidos en la autorización ambiental del pozo Socaire-5, con un promedio semestral de 61,455 L/s.

Tabla 5-50: 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	Ene 2022	01/01/2022	01/02/2022	S5W504501	2.281.974	2.453.889	171.915	64,19
	Feb 2022	01/02/2022	01/03/2022	S5W504501	2.453.889	2.609.481	155.592	64,32
	Mar 2022	01/03/2022	01/04/2022	S5W504501	2.609.481	2.771.492	162.011	60,49
	Abr 2022	01/04/2022	06/04/2022	S5W504501	2.771.492	2.803.450	31.958	63,67
		06/04/2022	01/05/2022	S5P800409	2.803.450	2.803.450	0	0,00
	May 2022	01/05/2022	01/06/2022	S5P800409	133.230	288.220	154.990	57,87
	Jun 2022	01/06/2022	01/07/2022	S5P800409	288.220	439.049	150.829	58,19

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-29: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3.4 Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre del año 2022. 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 4-9 y en la Tabla 4-6 de la sección 4.4.2 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 primer semestre de 2022.

5.1.3.4.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-51 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (SEGEA ETFA 040-01) y analizadas por el laboratorio ALS ETFA 029-01 (enero y abril 2022), a los pozos de monitoreo en el primer semestre del año. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-30.

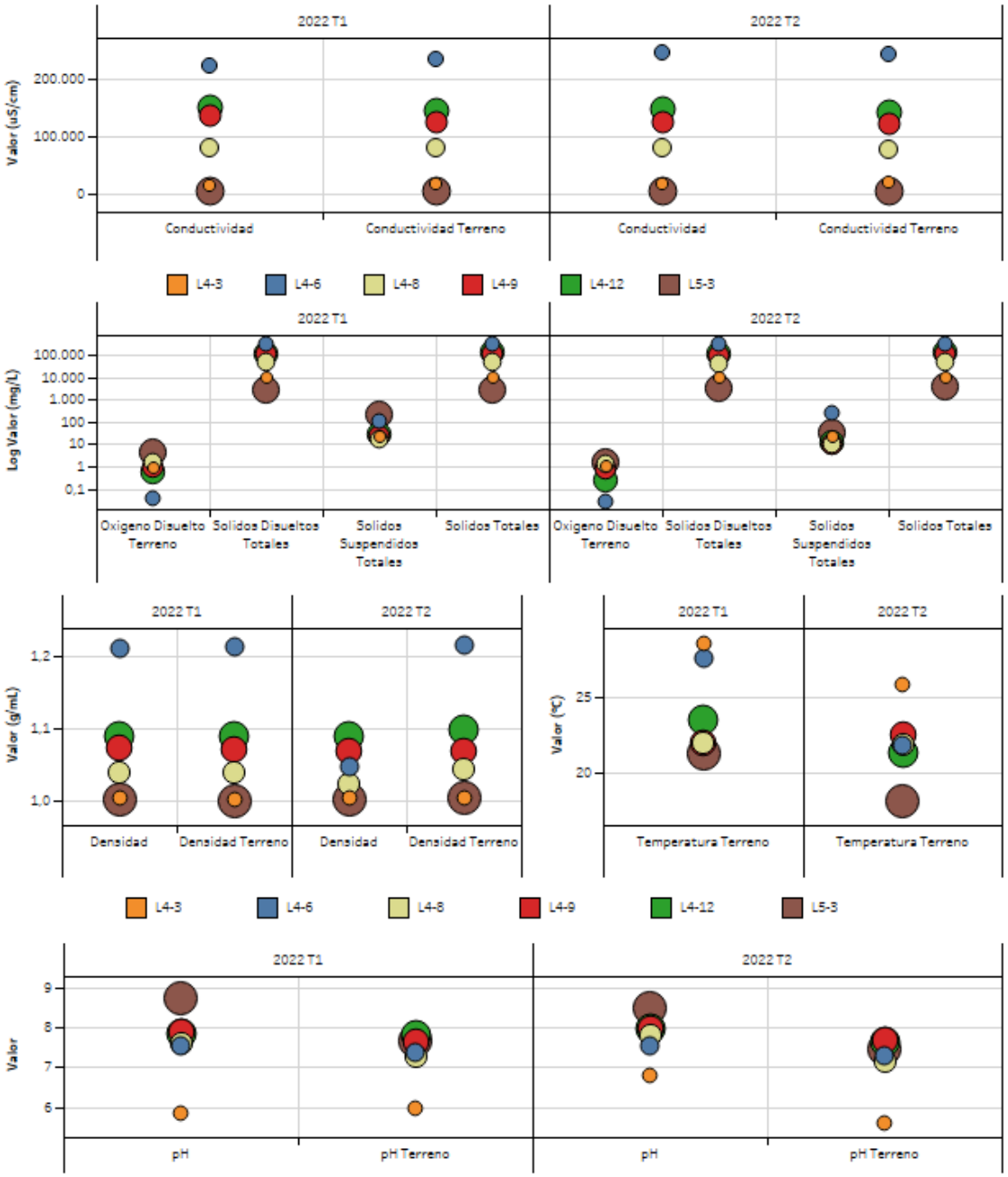
Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos para todos los puntos.

Tabla 5-51: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana

Parámetro	L4-3		L4-6		L4-8	
	27/01/22	27/04/22	26/01/22	24/04/22	12/01/22	13/04/22
Conductividad (uS/cm)	14.840	18.440	224.000	246.000	81.600	81.300
Conductividad Terreno (uS/cm)	17.110	19.960	234.300	243.700	80.860	77.000
Densidad (g/mL)	1,004	1,005	1,211	1,047	1,039	1,024
Densidad Terreno (g/mL)	1,002	1,005	1,212	1,215	1,040	1,045
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,96	1,16	0,04	0,03	1,78	1,35
pH ()	5,86	6,80	7,51	7,54	7,59	7,77
pH Terreno ()	5,95	5,59	7,37	7,27	7,26	7,14
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	9.780	11.380	323.955	317.905	49.150	44.400
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	23	22	125	273	17	10
Sólidos Totales (mg/L)	10.010	10.640	326.470	369.510	56.650	53.600
Temperatura Terreno (ºC)	28,5	25,8	27,6	21,8	22,0	21,8
Parámetro	L4-9		L4-12		L5-3	
	12/01/22	13/04/22	20/01/22	04/04/22	12/01/22	13/04/22
Conductividad (uS/cm)	135.500	124.200	150.500	147.300	5.080	4.890
Conductividad Terreno (uS/cm)	123.900	121.600	145.000	141.400	5.037	5.198
Densidad (g/mL)	1,073	1,069	1,090	1,089	1,001	1,001
Densidad Terreno (g/mL)	1,072	1,069	1,090	1,098	1,000	1,005
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	1,09	0,89	0,63	0,28	4,30	1,56
pH ()	7,89	7,96	7,82	7,96	8,71	8,46
pH Terreno ()	7,61	7,65	7,80	7,63	7,64	7,44
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	116.390	107.270	121.805	126.810	3.032	3.420
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	26	10	30	12	236	37
Sólidos Totales (mg/L)	121.780	121.030	136.480	139.920	3.092	3.960
Temperatura Terreno (ºC)	22,0	22,5	23,4	21,3	21,3	18,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-30: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

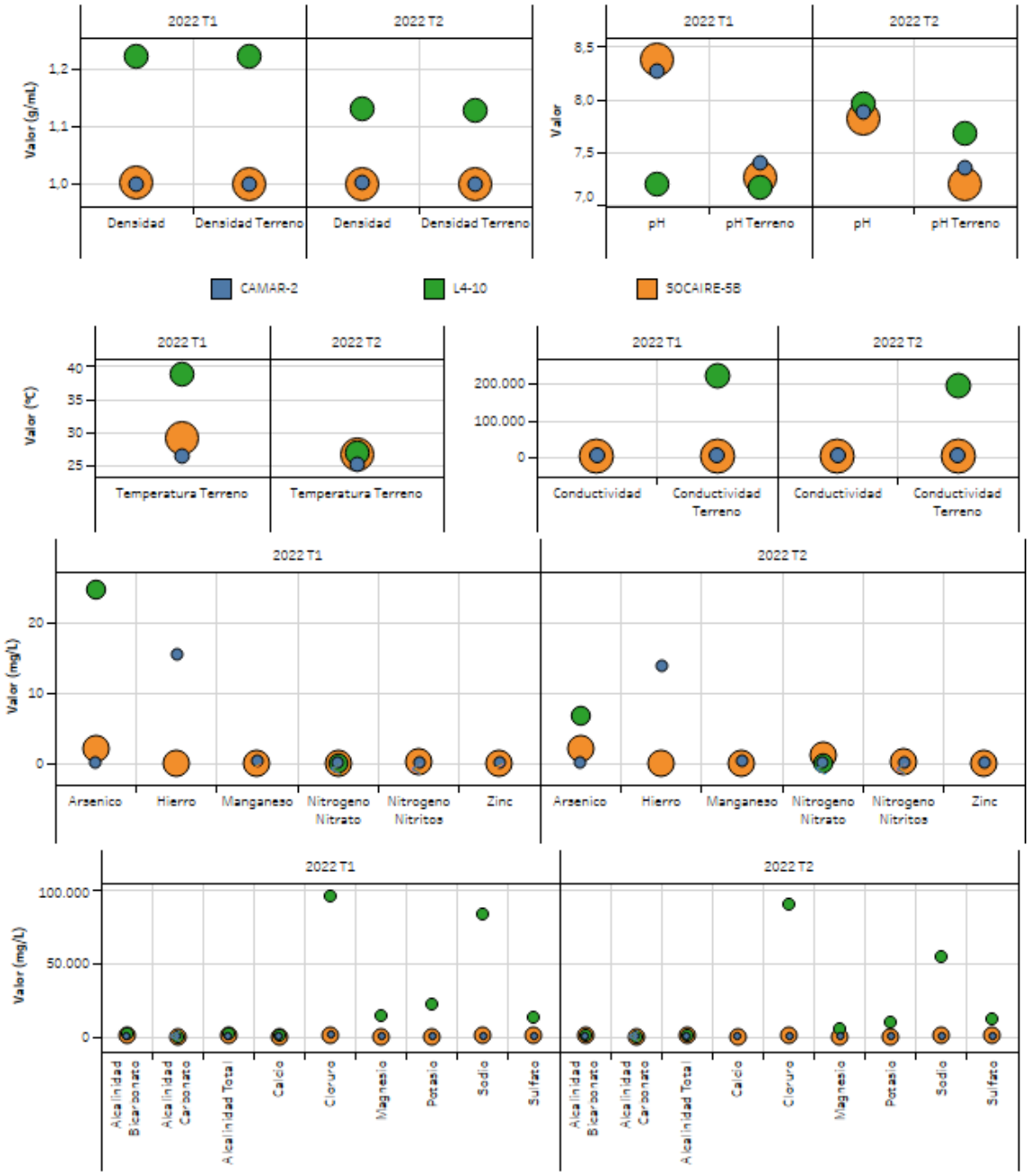
A continuación, en la Tabla 5-52, se presentan los resultados del monitoreo de calidad para el primer semestre 2022 en los pozos de SOCAIRE-5, Camar-2 y L4-10.

Tabla 5-52: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B, Camar-2 y L4-10

Parámetro	CAMAR-2		L4-10		SOCAIRE-5B	
	28/01/22	25/04/22	12/01/22	13/04/22	28/01/22	25/04/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	511	523	1.857	646	425	439
Arsénico (mg/L)	0,140	0,136	24,548	6,653	2,064	2,081
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	511	523	1.857	646	425	439
Bicarbonatos (mg/L)	623	638	2.266	788	519	536
Calcio (mg/L)	141	128	354	-	101	99
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	1.049	866	96.099	90.366	436	434
Conductividad (uS/cm)	3.820	4.040	-	-	2.520	2.770
Conductividad Terreno (uS/cm)	4.112	4.028	223.600	193.000	2.672	2.890
Densidad (g/mL)	1,000	1,001	1,222	1,130	1,002	1,000
Densidad Terreno (g/mL)	1,000	1,000	1,220	1,126	1,000	1,000
Dureza Total (mg/L)	-	-	58.586	19.413	-	-
Fosforo (mg/L)			<0,13	<0,13		
Hierro (mg/L)	15,512	13,707			0,006	0,059
Magnesio (mg/L)	132	116	14.040	4.952	51	48
Manganeso (mg/L)	0,270	0,250			0,000	0,002
Nitrógeno Nitrato (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<1,15
Nitrógeno Nitritos (mg/L)	<0,09	<0,09			<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,58	1,39	0,16	0,39	1,54	2,09
pH ()	8,27	7,87	7,19	7,96	8,37	7,81
pH Terreno ()	7,40	7,35	7,16	7,68	7,26	7,19
Potasio (mg/L)	31	23	22.225	9.280	31	30
Salinidad (%)	-	-	1	42	-	-
Sodio (mg/L)	609	524	84.096	54.578	404	392
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2.552	2.308	324.450	202.325	1.738	1.624
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	-	-	1.601	339	-	-
Sólidos Totales (mg/L)	-	-	369.400	212.190	-	-
Sulfato (mg/L)	363	358	13.114	11.799	369	381
Temperatura Terreno (ºC)	26,3	24,9	38,7	26,8	29,0	26,4
Zinc (mg/L)	0,022	0,023			0,001	0,010

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-31: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2 y Socaire-5



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 primer semestre de 2022 en el sistema Aguas de Quelana, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.5.8.

La Tabla 5-53 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 a excepción del balance iónico de L4-10 en el primer trimestre el cual supera el 10% recomendable y, por lo tanto, no es un valor considerado como valido de acuerdo a lo planteado en la sección 4.5.8.

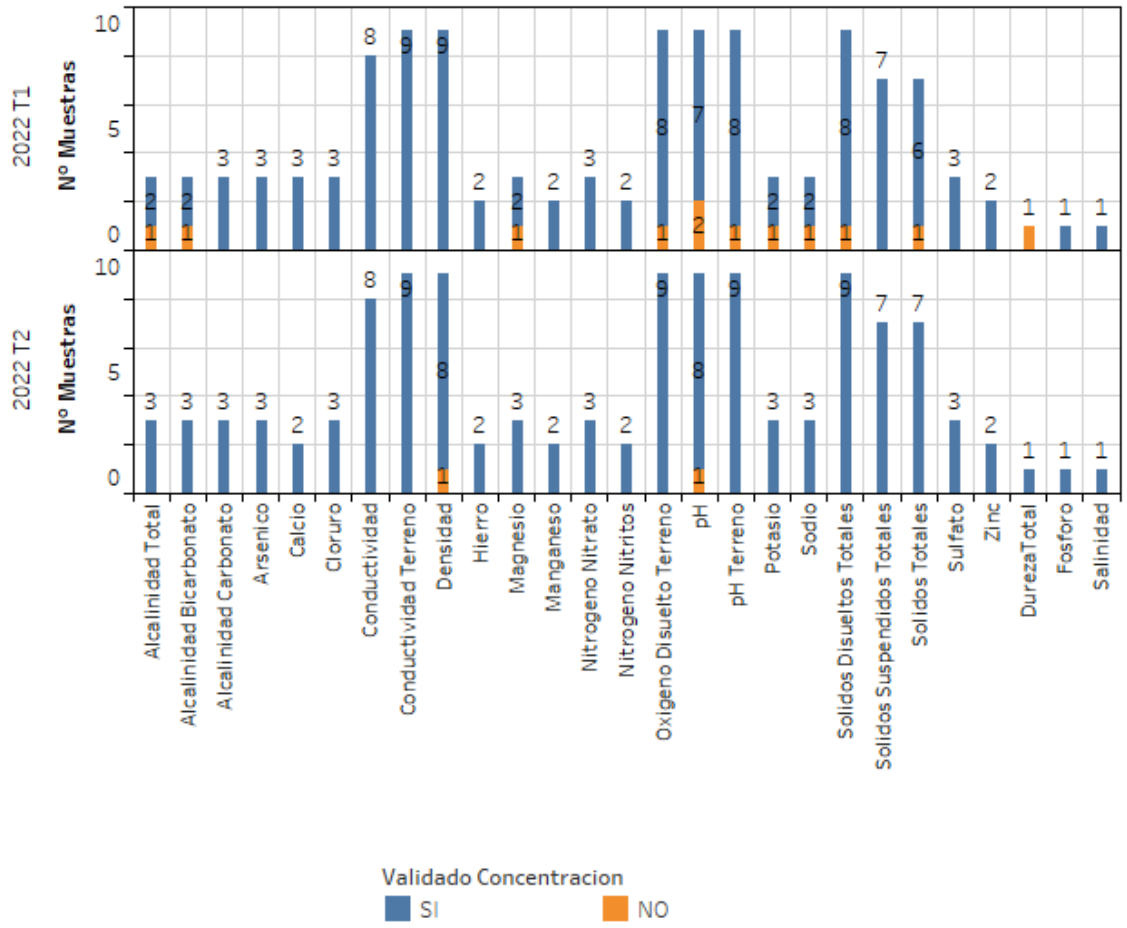
Tabla 5-53: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana

Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
1	CAMAR-2	NA*	1,7
	L4-3	-2,1	NA*
	L4-6	-0,7	NA*
	L4-8	-13,2	NA*
	L4-9	-4,4	NA*
	L4-10	-11,7	28,3
	L4-12	-10,7	NA*
	L5-3	5,7	NA*
	SOCAIRE-5B	NA*	1,5
2	CAMAR-2	NA*	3,1
	L4-3	7,2	NA*
	L4-6	-13,9	NA*
	L4-8	-17,1	NA*
	L4-9	-11,4	NA*
	L4-10	-4,5	3,6
	L4-12	-9,4	NA*
	L5-3	-12,7	NA*
	SOCAIRE-5B	NA*	4,0

Fuente: Elaboración propia. N/A: 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 4.5.8), en la Figura 5-32 se observa que durante el primer trimestre se registraron 12 desviaciones con respecto al histórico. Durante el segundo trimestre las desviaciones fueron menores correspondiendo a tan solo 1 desviación para densidad y 1 en pH. Esto implica que la desviación de los analitos con respecto a desviaciones históricas representa tan solo un 6.66% del total de 210 análisis en el sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2022.

Figura 5-32: 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 (21 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2022 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, por lo que no es necesario presentar una tabla de puntos no visitados como en los sistemas anteriores.

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 4-10 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 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 industrial que actualmente está en funcionamiento es el CA-2015, que reemplazó al P2 desde de febrero de 2017 (según Res. 296/2016 de la DGA). Por lo anterior, se incluye en forma complementaria el monitoreo de niveles en ambos puntos de control.

De entre los 6 piezómetros de monitoreo, 4 son indicadores de estado: L2-26, L7-13, L9-1 y L9-2. Por otro lado, ninguno de ellos dispone de medición continua y tampoco se encuentran dentro de la reserva.

En la Tabla 5-54 se muestran los resultados del monitoreo efectuado en estos 7 puntos de control (más el P2) situados en la zona aluvial. En la Tabla 5-55 se muestra del recuento de las mediciones efectuadas cada

empresa y para cada mes y en la Figura 5-33 se muestra gráfica el resultado de los niveles medidos en el presente semestre reportado.

Como puede verse, en el primer semestre de 2022 todos los puntos han sido medidos con la frecuencia establecida, incluyendo los indicadores de estado con las mediciones diarias realizadas por SQM. Como en todos los anteriores casos, los indicadores cuentan con entre 1 y 2 mediciones adicionales realizadas por la ETFA.

Tabla 5-54: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este

CA-2015	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
17/1/22 11:28	2.304,359
28/1/22 15:13	2.304,370 *
19/2/22 14:07	2.304,400
21/3/22 12:41	2.304,375
21/4/22 10:49	2.304,280
21/5/22 15:47	2.304,346
17/6/22 14:39	2.306,262
21/6/22 09:22	2.307,680 *

L3-16	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
17/1/22 15:12	2.321,597
19/2/22 09:24	2.321,565
19/3/22 10:47	2.321,575
16/4/22 14:47	2.321,596
21/5/22 09:56	2.321,567
18/6/22 10:40	2.321,571

P2	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
17/1/22 11:20	2.311,940
19/2/22 13:45	2.311,954
21/3/22 12:49	2.311,959
21/4/22 10:40	2.311,914
18/5/22 15:40	2.311,913
17/6/22 14:46	2.312,074
21/6/22 09:32	2.312,130 *

L7-15	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
18/1/22 11:02	2.329,138
19/2/22 11:47	2.329,168
19/3/22 14:19	2.329,206
22/4/22 10:45	2.329,202
21/5/22 12:49	2.329,229
18/6/22 14:55	2.329,261

L7-13		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Ene 2022	2.323,119	2.323,129
Feb 2022	2.323,114	2.323,127
Mar 2022	2.323,109	2.323,118
Abr 2022	2.323,113	2.323,118
May 2022	2.323,114	2.323,122
Jun 2022	2.323,121	2.323,131

L2-26		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Ene 2022	2.318,237	2.318,255
Feb 2022	2.318,226	2.318,240
Mar 2022	2.318,222	2.318,229
Abr 2022	2.318,225	2.318,232
May 2022	2.318,229	2.318,238
Jun 2022	2.318,237	2.318,249

L9-1		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	Mín	Max
Ene 2022	2.309,649	2.309,664
Feb 2022	2.309,638	2.309,652
Mar 2022	2.309,633	2.309,641
Abr 2022	2.309,629	2.309,638
May 2022	2.309,633	2.309,641
Jun 2022	2.309,643	2.309,668

L9-2		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.308,858	2.308,879
Feb 2022	2.308,838	2.308,858
Mar 2022	2.308,830	2.308,840
Abr 2022	2.308,828	2.308,834
May 2022	2.308,831	2.308,843
Jun 2022	2.308,843	2.308,867

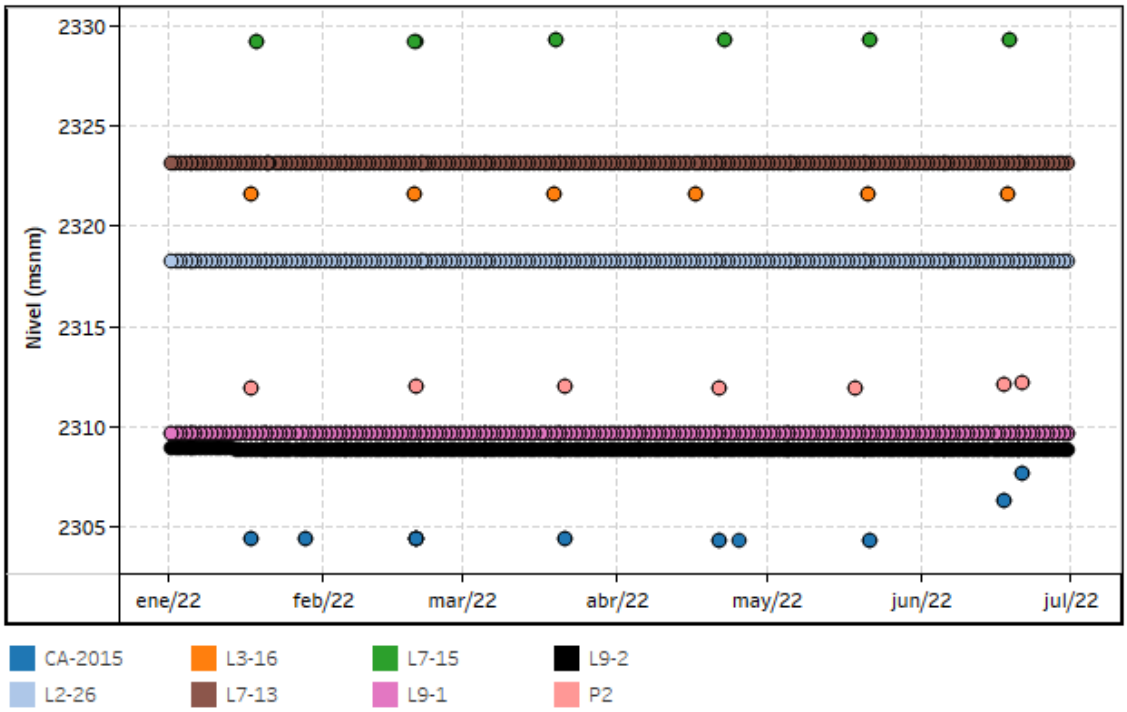
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-55: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
CA-2015	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2
L2-26	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L3-16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-13	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L7-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L9-1	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L9-2	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
P2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-33: 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, que se encuentran en la zona marginal del salar. Cabe decir que ninguno de ellos se encuentra dentro de la reserva, que ninguno dispone de medición continua y finalmente, que los siete corresponden a indicadores de estado.

En la Tabla 5-56 se muestra el resultado del monitoreo manual efectuado en este primer semestre de 2020, en la Tabla 5-57 se muestra el detalle del número de medidas que ha efectuado cada empresa para cada mes y en la Figura 5-34 se muestra gráficamente el monitoreo completo resultante para este semestre, es decir, tanto las mediciones comprometidas como las adicionales.

Como puede verse, en todos los casos se ha obtenido la medición diaria realizada por SQM que les corresponde por ser indicadores de estado. De la misma forma que en todos los anteriores casos, estos puntos han sido adicionalmente medidos por la ETFA, esta vez, con una frecuencia de dos veces por mes.

Tabla 5-56: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este

L1-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.306,392	2.306,511
Feb 2022	2.306,291	2.306,386
Mar 2022	2.306,260	2.306,329
Abr 2022	2.306,274	2.306,352
May 2022	2.306,355	2.306,497
Jun 2022	2.306,501	2.306,632

L2-25		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.308,812	2.308,818
Feb 2022	2.308,809	2.308,814
Mar 2022	2.308,808	2.308,816
Abr 2022	2.308,809	2.308,814
May 2022	2.308,813	2.308,820
Jun 2022	2.308,819	2.308,827

L2-27		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.310,412	2.310,604
Feb 2022	2.310,249	2.310,405
Mar 2022	2.310,158	2.310,243
Abr 2022	2.310,128	2.310,184
May 2022	2.310,189	2.310,358
Jun 2022	2.310,365	2.310,539

L2-28		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.316,083	2.316,190
Feb 2022	2.316,036	2.316,082
Mar 2022	2.316,028	2.316,043
Abr 2022	2.316,040	2.316,114
May 2022	2.316,117	2.316,185
Jun 2022	2.316,186	2.316,231

L3-15		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.315,466	2.315,490
Feb 2022	2.315,453	2.315,469
Mar 2022	2.315,450	2.315,458
Abr 2022	2.315,457	2.315,470
May 2022	2.315,472	2.315,491
Jun 2022	2.315,490	2.315,508

L4-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.306,385	2.306,403
Feb 2022	2.306,371	2.306,387
Mar 2022	2.306,368	2.306,373
Abr 2022	2.306,371	2.306,380
May 2022	2.306,381	2.306,401
Jun 2022	2.306,401	2.306,419

L7-14		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.315,603	2.315,630
Feb 2022	2.315,579	2.315,602
Mar 2022	2.315,563	2.315,577
Abr 2022	2.315,561	2.315,576
May 2022	2.315,576	2.315,598
Jun 2022	2.315,597	2.315,620

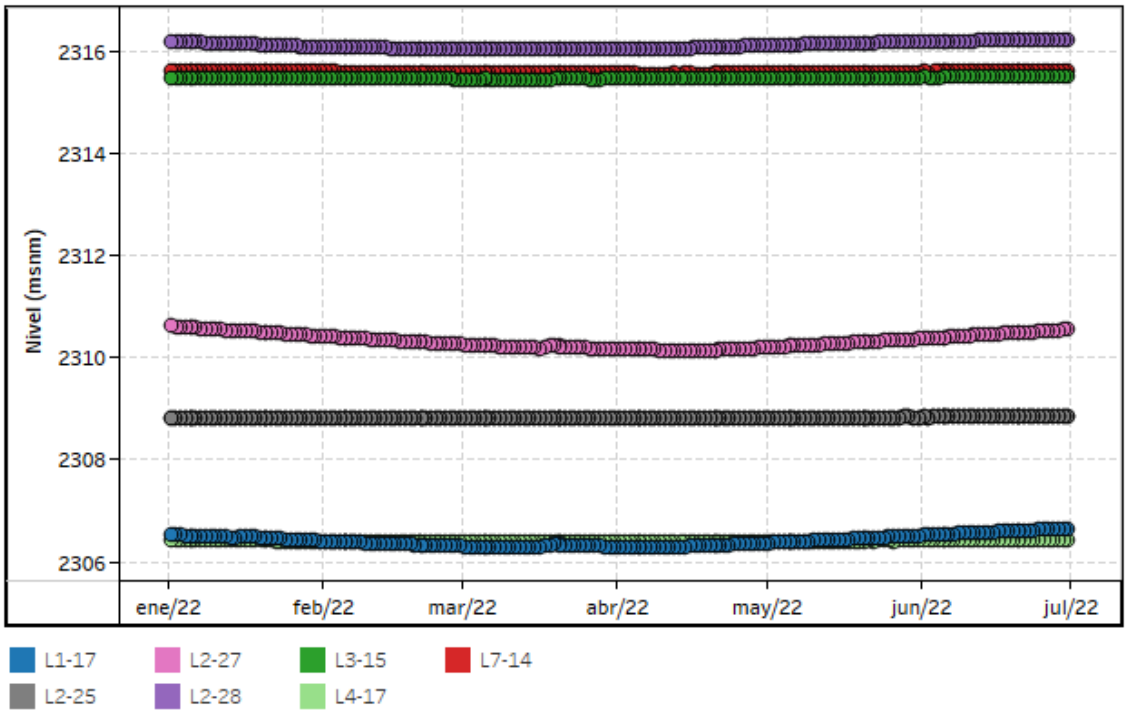
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-57: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L1-17	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L2-25	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L2-27	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L2-28	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L3-15	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L4-17	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30
L7-14	2	2	2	2	2	2	31	28	31	30	31	30

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-34: 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 enero a junio de 2022 es 31,21 L/s y se presenta en la Tabla 5-58 y gráficamente en la Figura 5-35. Así, durante el periodo que se reporta, los caudales bombeados no sobrepasan el caudal máximo autorizado de 35 L/s.

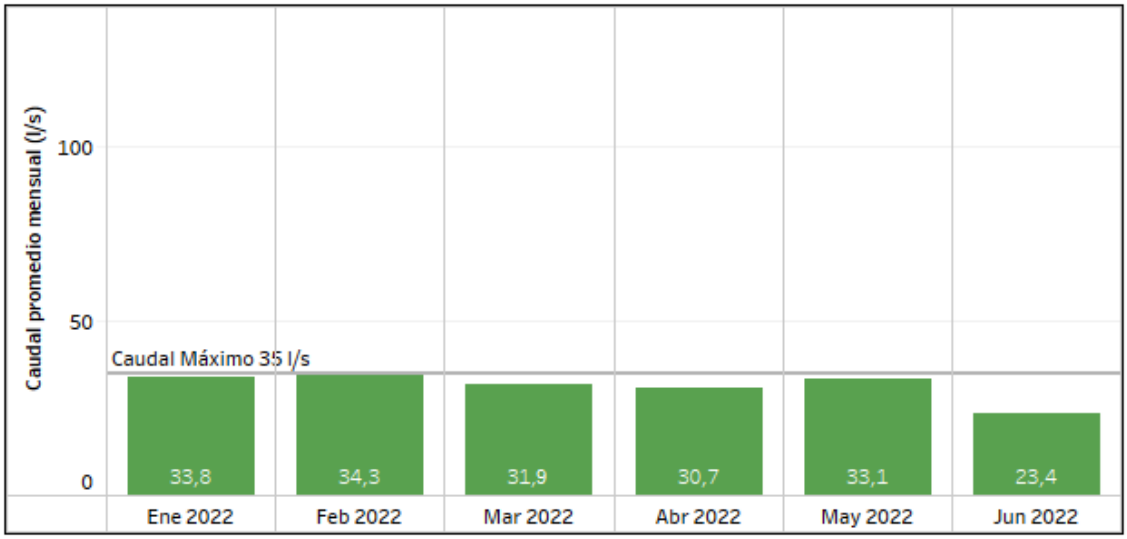
A modo de respaldo, en la Tabla 5-58 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 7 se entrega este registro de forma tabulada y en el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Tabla 5-58: 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	Ene 2022	01/01/2022	01/02/2022	S5W504499	1.007.732	1.098.393	90.661	33,85
	Feb 2022	01/02/2022	01/03/2022	S5W504499	1.098.393	1.181.259	82.866	34,25
	Mar 2022	01/03/2022	27/03/2022	S5W504499	1.181.259	1.256.797	75.538	31,93
		27/03/2022	01/04/2022	S5W504502	0	10.006	28.952	31,93
	Abr 2022	01/04/2022	01/05/2022	S5W504502	10.006	89.586	79.580	30,70
	May 2022	01/05/2022	01/06/2022	S5W504502	89.586	178.313	88.727	33,13
	Jun 2022	01/06/2022	01/07/2022	S5W504502	178.313	239.076	60.763	23,44

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-35: 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 primer semestre de 2022.

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 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 4-10 y en la Tabla 4-7 de la Sección 4.4.3 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).

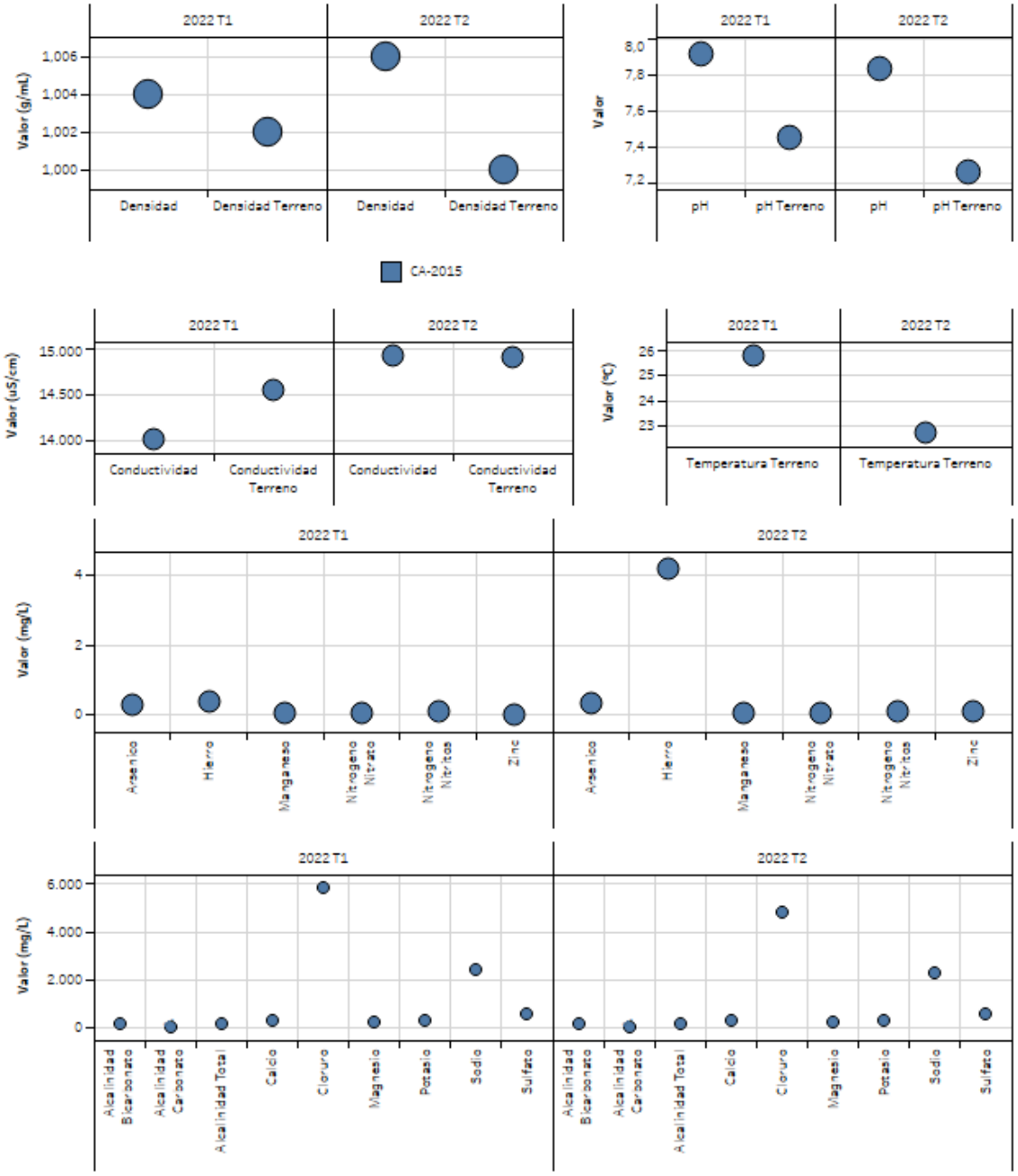
A continuación, en la Tabla 5-59 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (SEGEA en ambos trimestres) y analizadas por el laboratorio ALS, al pozo de bombeo CA-2015 en primer semestre del año 2022. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-36. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-59: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015

Parámetro	CA-2015	
	28/01/22	25/04/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	150	149
Arsénico (mg/L)	0,256	0,306
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	150	149
Bicarbonatos (mg/L)	183	182
Calcio (mg/L)	272	258
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1
Cloruro (mg/L)	5.818	4.809
Conductividad (uS/cm)	14.020	14.910
Conductividad Terreno (uS/cm)	14.540	14.900
Densidad (g/mL)	1,004	1,006
Densidad Terreno (g/mL)	1,002	1,000
Hierro (mg/L)	0,355	4,150
Magnesio (mg/L)	211	197
Manganeso (mg/L)	0,021	0,039
Nitrógeno Nitrato (mg/L)	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos (mg/L)	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,71	0,88
pH ()	7,91	7,83
pH Terreno ()	7,45	7,26
Potasio (mg/L)	266	251
Sodio (mg/L)	2.408	2.267
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	9.340	8.900
Sulfato (mg/L)	554	576
Temperatura Terreno (ºC)	25,7	22,8
Zinc (mg/L)	0,005	0,065

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-36: 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 primer semestre de 2022 en el sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.9.

En la Tabla 5-60 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, la muestra de abril ha sido validada al encontrarse bajo el 10% de desbalance, situación que no se ve reflejada para la muestra de enero.

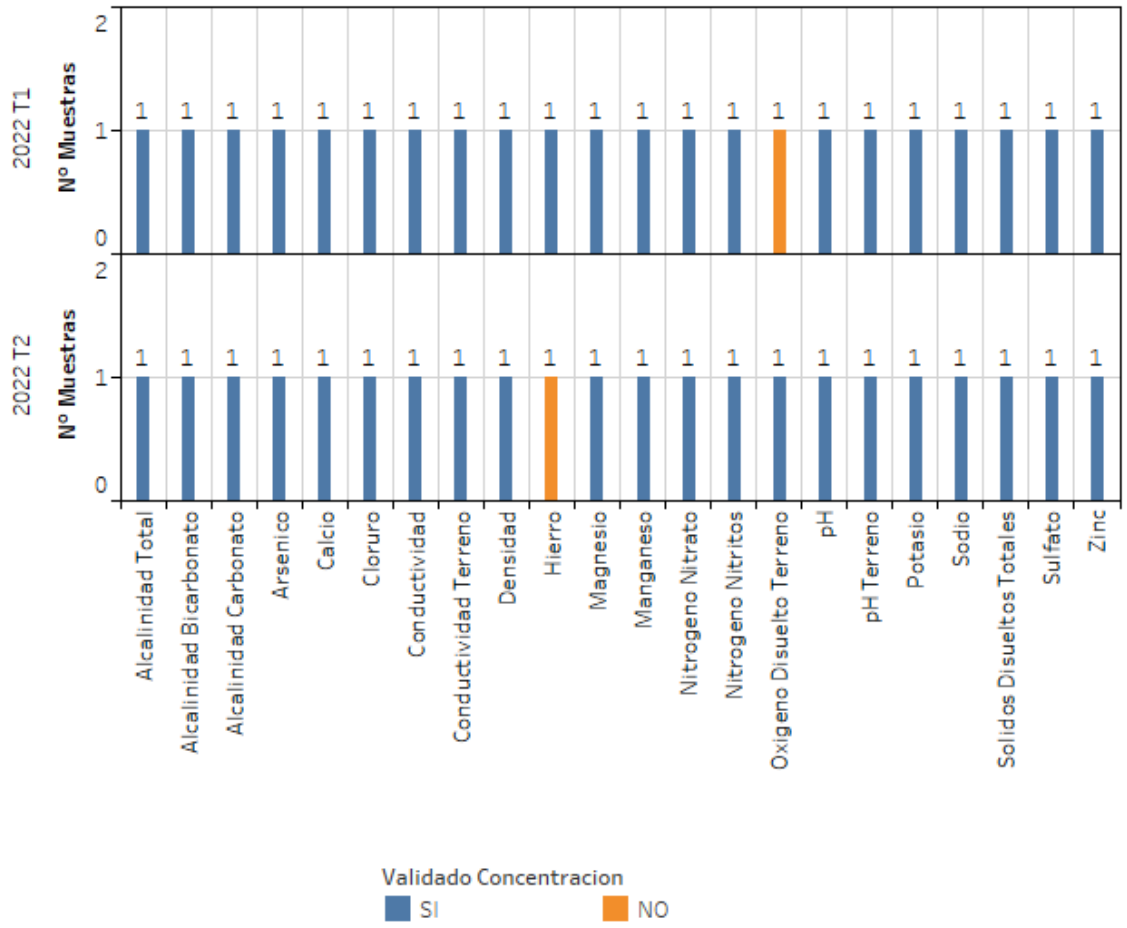
Tabla 5-60 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este.

Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
1	CA-2015	NA*	11,3
2	CA-2015	NA*	5,7

Fuente: Elaboración propia N/A: No Aplica; el número de analitos de los parámetros comprometidos por RCA (y analizados) no permiten realizar este cálculo. Los colores en rojo indican muestras no validadas.

La Figura 5-37 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 primer trimestre todos los parámetros fueron validados a excepción del oxígeno disuelto. En la campaña del segundo trimestre se observó un valor anómalo para el hierro, revisando el valor se observa que es mayor al histórico que muestra cierta tendencia al descenso (ver capítulo 6.1). Considerando ese valor “anómalo”, los errores detectados corresponden a un 4.5% del total de análisis realizados en el sistema de Vegetación Borde Este.

Figura 5-37: 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 primer semestre de 2022 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-61 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-61: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22
2037	4		*				
GD-03	4	*	*				
GD-04	4	*	*				
L10-10	4	*	*				
L10-2	4	*	*				
L10-6	4	*	*				
L10-7	4	*	*				
L10-8	4	*	*				
L10-9	4	*	*				
Reglilla Salada CONAF	4	*	*	*			
Reglilla Saladita CONAF	4	*	*	*			

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado para nivel. Motivo 4: Prohibición de ingreso al sector controlado por la Comunidad Peine.

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 4-11 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. De éstos, el L10-1, L10-10, L10-2, L10-3 y el L10-9 se encuentran en el área en que la Comunidad de Peine suele ejercer el control de acceso. Por otro lado, el pozo L10-4 resulta ser indicador de estado.

En la Tabla 5-62 se muestra el resultado del monitoreo comprometido llevado a cabo en el primer semestre de 2022 y la Tabla 5-63 se muestra el detalle del número de mediciones efectuadas cada mes por cada empresa. Finalmente, en la Figura 5-38 se muestra gráficamente el resultado completo (mediciones comprometidas y adicionales) del monitoreo de estos puntos.

Como puede verse, los pozos L10-2, L10-9 y L10-10 no pudieron ser visitados durante los meses de enero y febrero. Para el resto de los meses, también para el resto de los puntos, la frecuencia de medición ha sido la estipulada, incluyendo las mediciones diarias por parte de SQM del pozo L10-4.

Tabla 5-62: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine

L10-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 08:42	2.304,849
29/1/22 08:33	2.304,838 *
10/2/22 12:42	2.304,851
28/2/22 12:00	S/I
11/3/22 12:24	2.304,891
27/3/22 13:06	2.304,915 *
10/4/22 09:30	2.304,933
28/4/22 17:50	2.304,982 *
9/5/22 13:58	2.304,978
28/5/22 15:33	2.304,987 *
12/6/22 09:38	2.304,985

L10-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
10/3/22 11:16	2.300,703
26/3/22 10:52	2.300,701 *
9/4/22 14:03	2.300,701
30/4/22 10:52	2.300,695 *
8/5/22 12:25	2.300,694
27/5/22 16:33	2.300,690 *
11/6/22 13:22	2.300,691
26/6/22 10:49	2.300,690 *

L10-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 10:12	2.300,172
27/1/22 09:08	2.300,170 *
11/2/22 08:33	2.300,164
27/2/22 10:03	2.300,158 *
10/3/22 14:38	2.300,156
26/3/22 12:31	2.300,177 *
9/4/22 16:42	2.300,189
30/4/22 12:38	2.300,171 *
8/5/22 14:21	2.300,164
28/5/22 11:33	2.300,149 *
11/6/22 15:30	2.300,144
26/6/22 13:02	2.300,138 *

L10-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
10/3/22 10:48	2.300,005
26/3/22 10:28	2.300,000 *
9/4/22 13:41	2.300,004
30/4/22 10:41	2.299,999 *
8/5/22 12:13	2.299,996
27/5/22 16:13	2.299,990 *
11/6/22 13:07	2.299,984
26/6/22 10:35	2.299,977 *

L10-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
10/3/22 10:40	2.300,392
26/3/22 10:21	2.300,389 *
9/4/22 13:29	2.300,389
30/4/22 10:35	2.300,384 *
8/5/22 12:06	2.300,383
27/5/22 16:02	2.300,379 *
11/6/22 13:00	2.300,377
26/6/22 10:27	2.300,373 *

L10-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 11:32	2.299,840
27/1/22 12:05	2.299,839 *
11/2/22 10:00	2.299,834
27/2/22 08:15	2.299,830 *
10/3/22 10:58	2.299,827
26/3/22 10:36	2.299,832 *
9/4/22 10:00	2.299,841
30/4/22 09:32	2.299,830 *
8/5/22 09:42	2.299,826
27/5/22 09:56	2.299,815 *
11/6/22 09:47	2.299,809
26/6/22 09:30	2.299,801 *

L10-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Ene 2022	2.299,700	2.299,712
Feb 2022	2.299,687	2.299,700
Mar 2022	2.299,684	2.299,730
Abr 2022	2.299,702	2.299,730
May 2022	2.299,676	2.299,702
Jun 2022	2.299,663	2.299,678

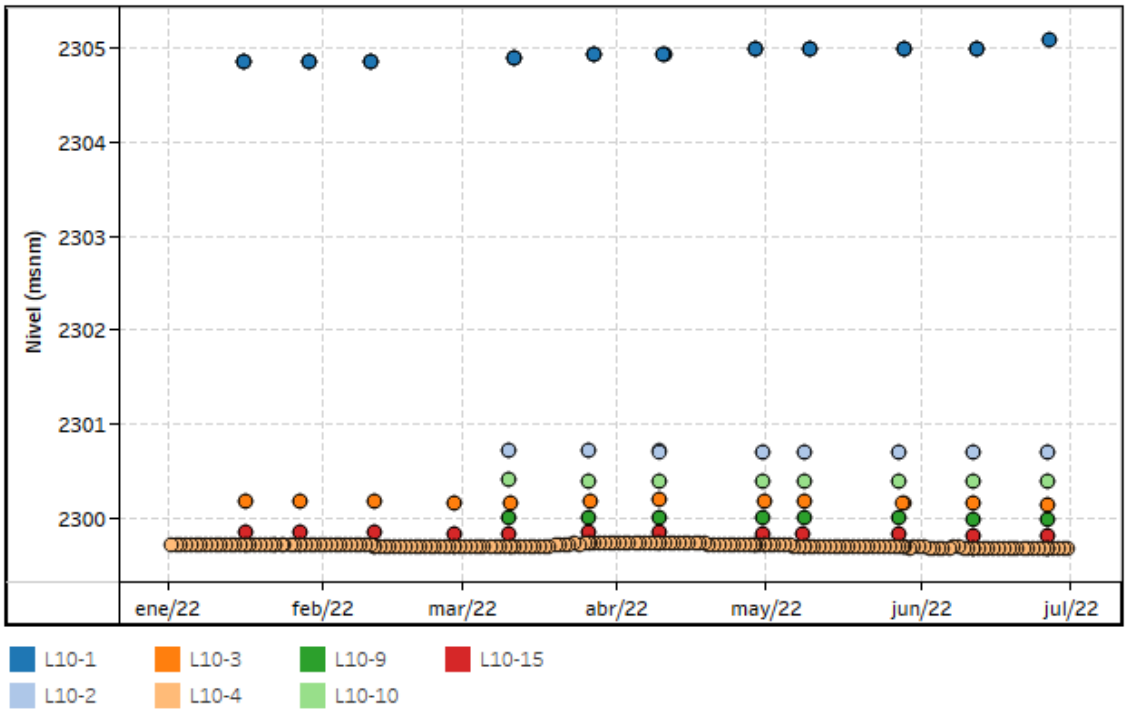
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-63: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L10-1	4	2	4	4	4	2	4	2	4	4	4	4
L10-2			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L10-4	2	2	2	3	2	2	32	28	31	31	32	32
L10-9			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-10			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-38: 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. De éstos, el GD-03, GD-04, L10-13, L10-14, L10-5, L10-6, L10-7 y L10-8 se encuentran en el área en que la Comunidad de Peine suele ejercer el control de acceso. Por otro lado, los pozos 1028 y L10-11 resultan ser indicadores de estado.

En la Tabla 5-64 se muestra el monitoreo comprometido y resultante para este primer semestre de 2022, en la Tabla 5-65 se muestra el detalle del número de mediciones que ha realizado cada empresa en cada punto y en la Figura 5-39 se muestra el resultado del monitoreo completo (mediciones comprometidas y adicionales).

Como puede verse, los pozos GD-03, GD-04, L10-6, L10-7 y L10-8 no pudieron ser visitados durante los meses de enero y febrero. Para el resto de los meses, también para el resto de los puntos, la frecuencia de medición ha sido la estipulada, incluyendo las mediciones diarias por parte de SQM de los pozos L10-11 y 1028.

Tabla 5-64: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine

1024	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 14:23	2.299,128
21/2/22 12:47	2.299,108
25/3/22 15:02	2.299,155
22/4/22 12:20	2.299,115
22/5/22 10:24	2.299,070
19/6/22 09:58	2.299,061

2018	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 16:24	2.299,214
21/2/22 14:54	2.299,200
25/3/22 11:26	2.299,274
22/4/22 16:40	2.299,223
22/5/22 12:48	2.299,185
19/6/22 12:19	2.299,166

2037	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 16:05	2.299,194
21/2/22 14:28	2.299,181
25/3/22 12:28	2.299,254
22/4/22 15:47	2.299,201
22/5/22 12:15	2.299,164
19/6/22 11:50	2.299,146

GD-03	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
10/3/22 09:12	2.299,557
26/3/22 09:23	2.299,611 *
9/4/22 10:35	2.299,610
30/4/22 09:52	2.299,568 *
8/5/22 10:35	2.299,567
27/5/22 14:41	2.299,554 *
11/6/22 11:43	2.299,555
25/6/22 17:43	2.299,549 *

GD-04	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
10/3/22 08:46	2.299,300
26/3/22 08:56	2.299,356 *
9/4/22 10:15	2.299,349
30/4/22 11:18	2.299,319 *
8/5/22 09:59	2.299,308
27/5/22 17:05	2.299,293 *
11/6/22 13:48	2.299,286
26/6/22 11:22	2.299,276 *

L10-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 15:45	2.299,223
21/2/22 13:58	2.299,209
25/3/22 13:44	2.299,272
22/4/22 15:21	2.299,229
22/5/22 11:50	2.299,190
19/6/22 11:19	2.299,171

L10-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 10:41	2.299,404
27/1/22 10:37	2.299,399 *
11/2/22 09:07	2.299,390
27/2/22 09:37	2.299,386 *
10/3/22 14:00	2.299,388
26/3/22 12:04	2.299,435 *
9/4/22 16:07	2.299,438
30/4/22 12:11	2.299,407 *
8/5/22 13:45	2.299,398
28/5/22 10:51	2.299,380 *
11/6/22 15:03	2.299,378
26/6/22 12:20	2.299,365 *

L10-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 10:53	2.299,464
27/1/22 10:50	2.299,460 *
11/2/22 09:18	2.299,451
27/2/22 09:27	2.299,449 *
10/3/22 13:48	2.299,457
26/3/22 11:50	2.299,491 *
9/4/22 15:55	2.299,504
30/4/22 12:03	2.299,469 *
8/5/22 13:28	2.299,464
28/5/22 10:43	2.299,445 *
11/6/22 14:51	2.299,444
26/6/22 12:07	2.299,428 *

L10-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 14:57	2.299,349
21/2/22 13:34	2.299,335
25/3/22 14:19	2.299,371
22/4/22 14:35	2.299,348
22/5/22 11:18	2.299,315
19/6/22 10:44	2.299,302

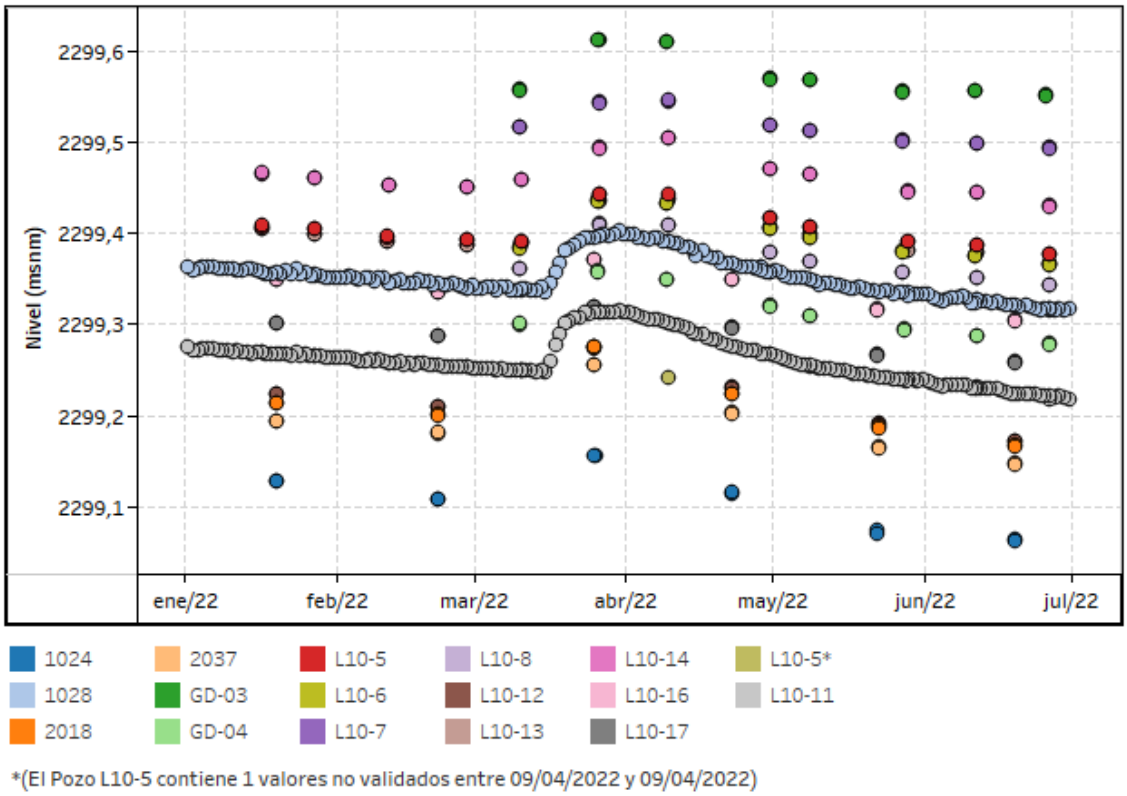
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-65: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
1024	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1028	2	2	2	3	2	2	31	28	31	31	32	32
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			2	2	2	2			2	2	2	2
GD-04			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L10-6			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-7			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-8			2	2	2	2			2	2	2	2
L10-11	2	2	2	2	2	2	31	28	32	30	32	32
L10-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L10-13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L10-14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	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 5-39: 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.

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

En la Tabla 5-66 se muestra el monitoreo comprometido y resultante para este primer semestre de 2022, en la Tabla 5-67 se muestra el detalle del número de mediciones que ha realizado cada empresa en cada

punto y en la Figura 5-40 se muestra el resultado del monitoreo completo (mediciones comprometidas y adicionales).

Como puede verse, las reglillas de Salada y Saladita no pudieron ser medidas durante los meses de enero, febrero y marzo. Para el resto de los meses del presente semestre se han realizado entre 1 y 2 medidas por parte de la ETFA, y con la misma frecuencia, las medidas adicionales realizadas por SQM.

Tabla 5-66: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine

REGLILLA SALADA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
26/3/22 12:00	S/I
9/4/22 11:30	2.301,179
28/4/22 14:14	2.301,178 *
27/5/22 12:28	2.301,180
11/6/22 10:32	2.301,182
25/6/22 15:23	2.301,179 *

REGLILLA SALADITA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
26/3/22 12:00	S/I
9/4/22 12:00	S/I
28/4/22 15:04	2.300,937 *
27/5/22 13:38	2.300,937
11/6/22 11:07	2.300,935
25/6/22 16:58	2.300,935 *

REGLILLA INTERNA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
26/3/22 12:00	S/I
9/4/22 12:00	S/I
9/4/22 14:58	S/I
28/4/22 12:00	S/I
27/5/22 12:00	S/I
27/5/22 14:24	S/I
11/6/22 12:00	S/I
25/6/22 17:33	S/I

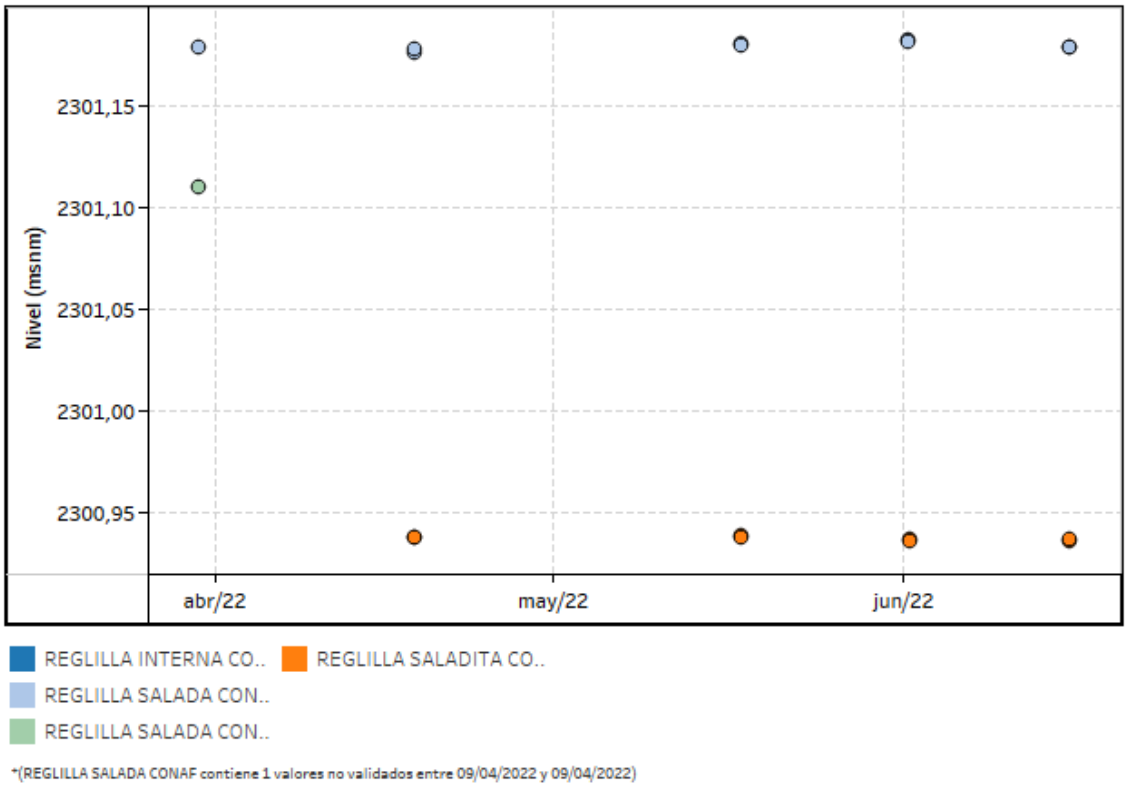
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-67: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM		
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	04/22	05/22	06/22
REGLILLA INTERNA CONAF									
REGLILLA SALADA CONAF				2	1	2	2	1	2
REGLILLA SALADITA CONAF				1	1	2	1	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-40: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 primer semestre de 2022. 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 4-11 y en la Tabla 4-8 de la Sección 4.4.4 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 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 PdC (2022).

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.

De la misma forma que en otros subsistemas, las entidades que efectuaron el muestreo en terreno y análisis en laboratorio fueron SEGEA con código ETFA 040-01 y ALS Life Sciences Chile código ETFA 029-01, respectivamente. 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, y SEGEA (contratada por SQM).

5.1.5.2.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-68 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio ALS. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-41. Como se observa, durante el periodo se efectuaron los monitoreos comprometidos en los pozos L10-1, 1028 y L10-4.

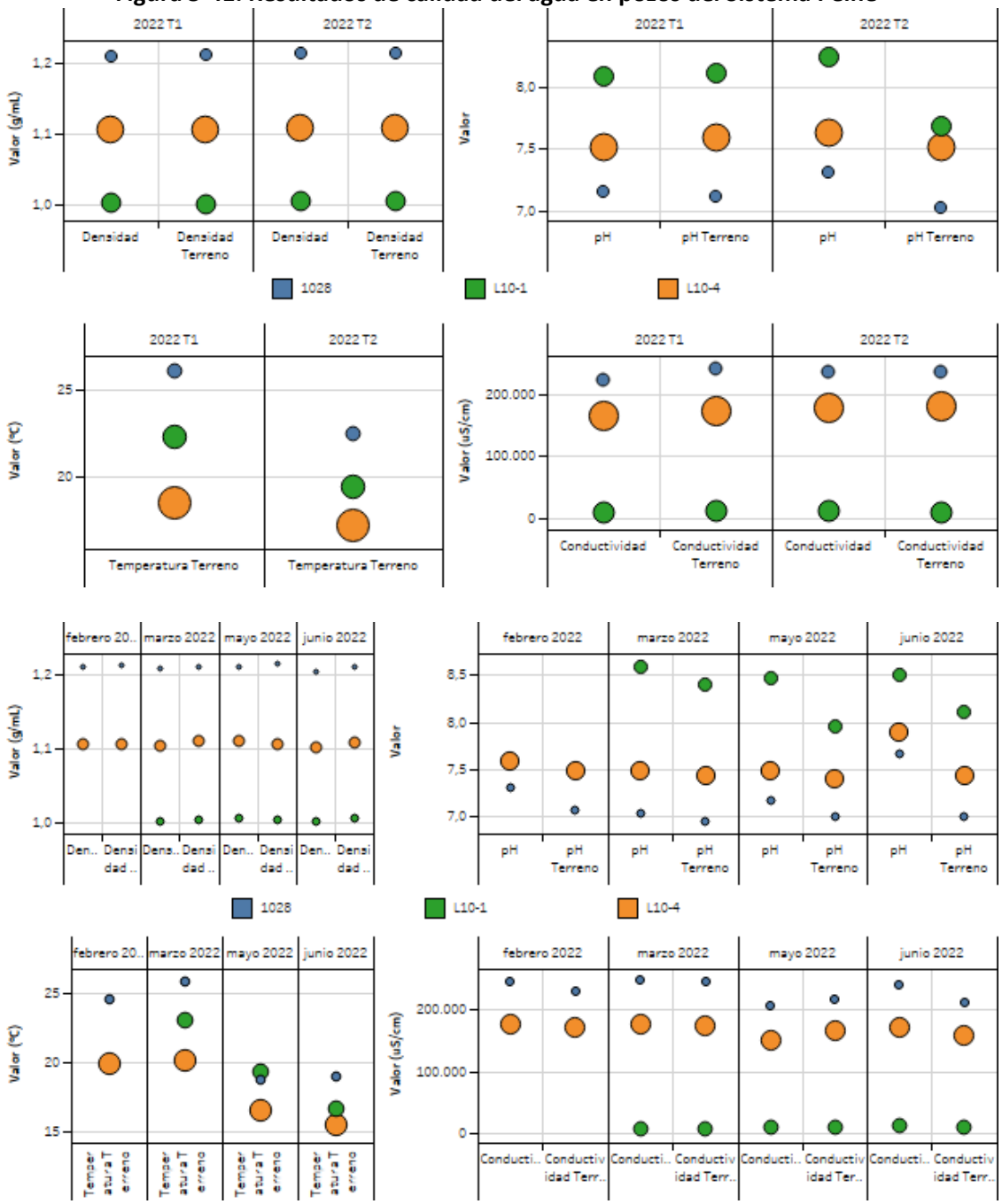
Tabla 5-68: Resultados calidad del agua en pozos del sistema Peine

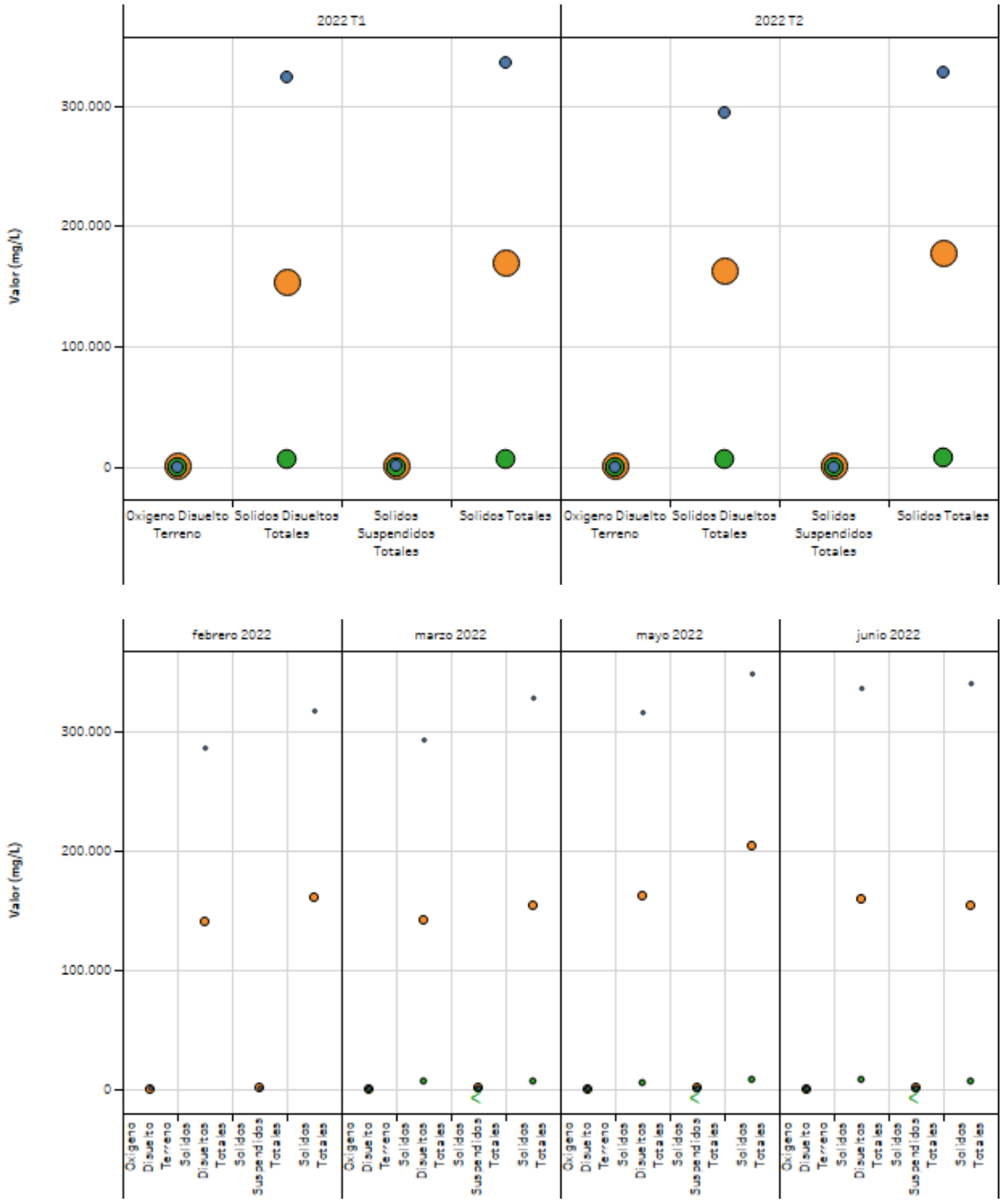
	1028		L10-1		L10-4	
Parámetro	27/01/22	28/04/22	29/01/22	28/04/22	27/01/22	28/04/22
Conductividad (uS/cm)	223.000	236.000	9.050	9.700	163.000	177.200
Conductividad Terreno (uS/cm)	239.500	236.600	9.932	9.423	171.500	179.200
Densidad (g/mL)	1,208	1,212	1,002	1,003	1,104	1,108
Densidad Terreno (g/mL)	1,210	1,212	1,000	1,004	1,104	1,107
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,20	0,12	3,11	3,33	0,45	0,84
pH ()	7,16	7,31	8,08	8,24	7,51	7,63
pH Terreno ()	7,11	7,03	8,11	7,68	7,59	7,51
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	324.550	294.750	6.080	6.580	152.825	161.810
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	315	31	4	4	19	177
Sólidos Totales (mg/L)	335.725	327.910	6.710	7.100	168.600	176.845
Temperatura Terreno (ºC)	26,1	22,5	22,3	19,4	18,4	17,1

Parámetro	1028				L10-1				L10-4			
	27/02/22	10/03/22	28/05/22	11/06/22	28/02/22	11/03/22	28/05/22	12/06/22	27/02/22	10/03/22	28/05/22	11/06/22
Conductividad (uS/cm)	246.000	247.000	206.000	239.000	-	7.970	8.730	10.960	177.200	176.600	151.400	169.800
Conductividad Terreno (uS/cm)	230.800	244.400	215.800	211.300	-	8.211	10.680	9.230	169.800	174.600	164.500	158.700
Densidad (g/mL)	1,210	1,208	1,211	1,204		1,001	1,004	1,000	1,105	1,104	1,109	1,101
Densidad Terreno (g/mL)	1,213	1,210	1,215	1,211		1,002	1,003	1,005	1,106	1,110	1,106	1,108
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,04	0,10	0,31	0,29		2,98	3,28	2,67	0,82	0,73	0,67	0,64
pH ()	7,31	7,03	7,17	7,66		8,58	8,47	8,50	7,59	7,49	7,49	7,89
pH Terreno ()	7,06	6,94	6,99	7,00		8,40	7,95	8,10	7,49	7,43	7,40	7,43
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	286.370	292.380	315.745	336.415	-	5.710	4.260	7.060	140.975	141.375	162.570	160.040
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	38	121	83	47	-	3	3	3	105	130	390	121
Sólidos Totales (mg/L)	317.800	327.615	349.165	340.555	-	5.750	7.444	6.245	160.750	153.815	204.315	153.555
Temperatura Terreno (ºC)	24,5	25,8	18,7	18,9		23,0	19,3	16,7	19,8	20,1	16,6	15,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-41: 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 primer semestre de 2022 pudieron realizarse los dos muestreos trimestrales comprometidos por RCA N°226/2006 en Salada y Saladita, sin embargo, no fue posible colectar la muestra en Interna durante todo

el semestre debido a restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. En la Tabla 5-69 se muestran las fechas en las que se logró o limito realizar el muestreo. En el Anexo 6.1 se encuentran los certificados de laboratorio.

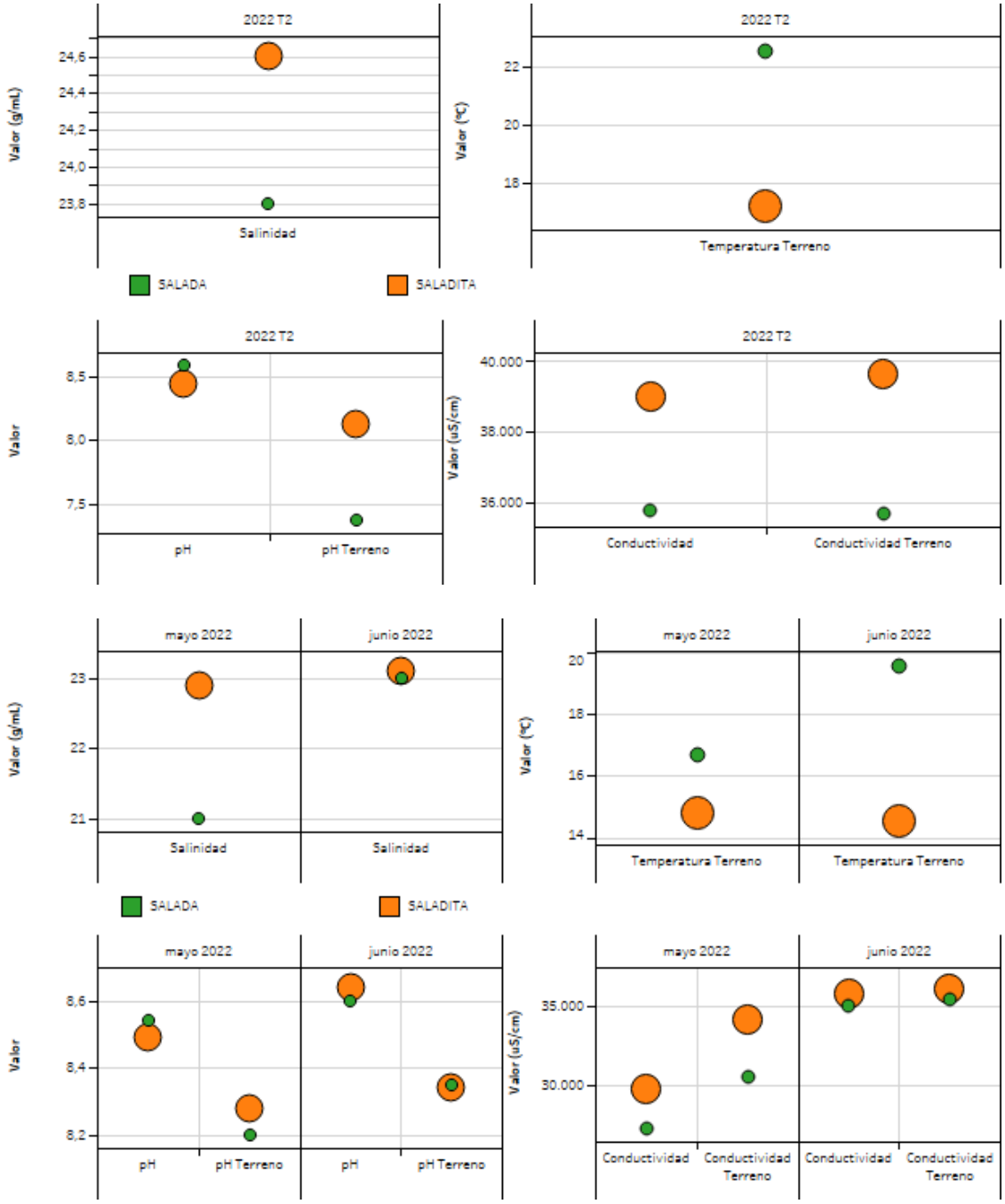
Tabla 5-69: Resultados calidad del agua en cuerpos lagunares del sistema Peine.

Parámetro	INTERNA	SALADA		SALADITA	
	29/01/22	29/01/22	28/04/22	29/01/22	28/04/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	-	-	216	-	228
Arsénico (mg/L)			0,492		0,525
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	-	-	216	-	228
Bicarbonatos (mg/L)	-	-	264	-	278
Calcio (mg/L)	-	-	474	-	497
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)			<1		<1
Carbonatos (mg/L)			<1		<1
Cloruro (mg/L)	-	-	11.329	-	12.812
Dureza Total (mg/L)	-	-	3.905	-	4.305
Fosforo (mg/L)			<0,13		<0,13
Magnesio (mg/L)	-	-	547	-	603
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)			7,13		5,23
pH ()			8,58		8,44
pH Terreno ()			7,38		8,13
Potasio (mg/L)	-	-	875	-	974
Salinidad (%)	-	-	24	-	25
Sodio (mg/L)	-	-	5.764	-	6.388
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	-	-	20.720	-	23.800
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	-	-	120	-	51
Sólidos Totales (mg/L)	-	-	21.740	-	26.825
Sulfato (mg/L)	-	-	1.926	-	2.100
Temperatura Terreno (ºC)			22,5		17,2

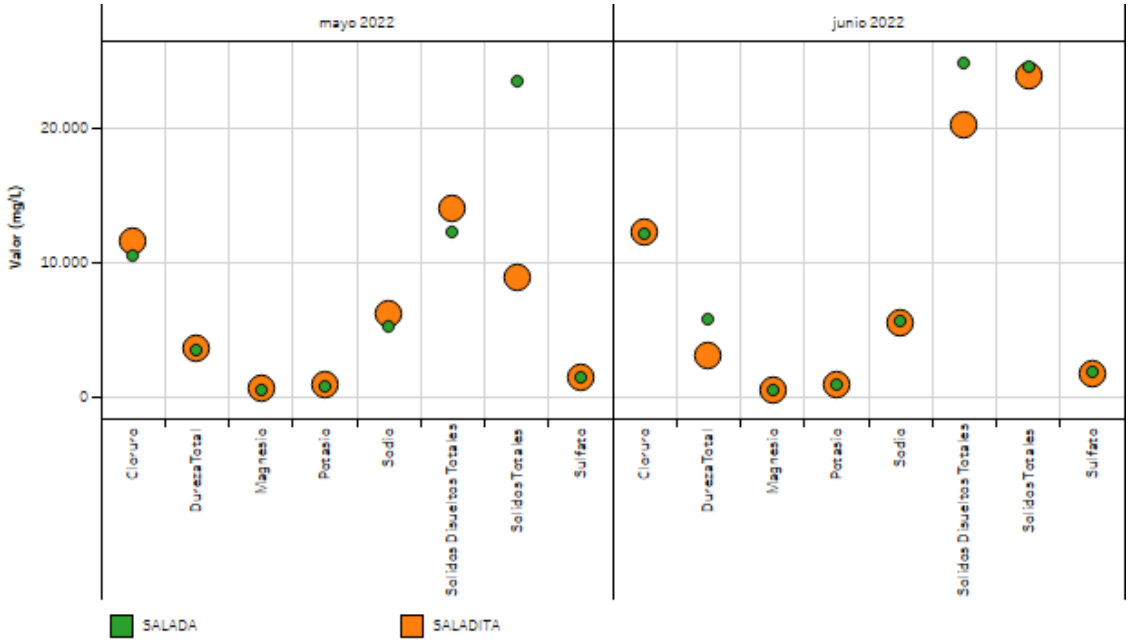
Parámetro	INTERNA	SALADA			SALADITA		
	11/02/22	11/02/22	27/05/22	25/06/22	11/02/22	27/05/22	25/06/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)			259	225		305	236
Arsénico (mg/L)			0,473	0,488		0,510	0,506
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)			259	225		305	236
Bicarbonatos (mg/L)			316	275		372	288
Calcio (mg/L)			411	450		551	452
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)			<1	<1		<1	<1
Carbonatos (mg/L)			<1	<1		<1	<1
Cloruro (mg/L)			10.472	12.105		11.523	12.292
Dureza Total (mg/L)			3.389	5.722		3.631	3.027
Fosforo (mg/L)			<0,13	<0,13		<0,13	<0,13
Magnesio (mg/L)			507	514		583	525
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)			6,80	2,17		5,18	1,78
pH ()			8,54	8,60		8,49	8,64
pH Terreno ()			8,20	8,35		8,28	8,34
Potasio (mg/L)			751	826		876	842
Salinidad (%)			21	23		23	23
Sodio (mg/L)			5.213	5.535		6.109	5.531
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)			12.220	24.840		14.000	20.200
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)			354	485		874	27
Sólidos Totales (mg/L)			23.420	24.560		8.820	23.860
Sulfato (mg/L)			1.398	1.770		1.469	1.673
Temperatura Terreno (ºC)			16,7	19,5		14,8	14,5

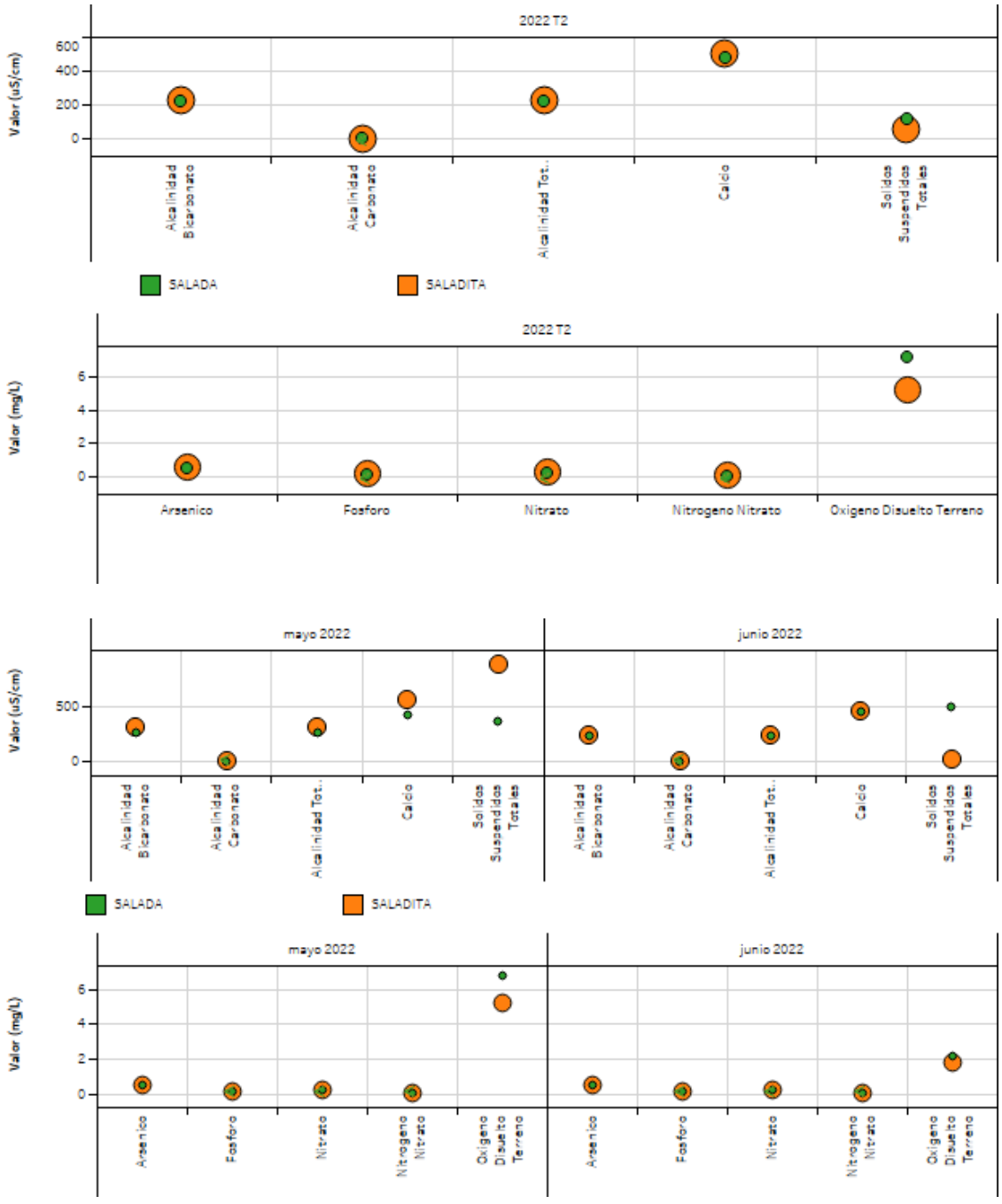
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 39 Resultados de calidad del agua en cuerpos lagunares del Sistema Peine




2022 T2
30.000
20.000
10.000
0
Valor (mg/L)
Cloruro
DurezaTotal
Magnesio
Potasio
Sodio
Solidos Disueltos Totales
Solidos Totales
Sulfato
SALADA
SALADITA


mayo 2022
junio 2022
20.000
10.000
0
Valor (mg/L)
Cloruro
DurezaTotal
Magnesio
Potasio
Sodio
Solidos Disueltos Totales
SolidosTotales
Sulfato
SALADA
SALADITA



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2.3 Validación resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el primer semestre de 2022 en el sistema Peine, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.5.8.

La Tabla 5-70 muestra los resultados de la validación para las muestras colectadas en el sistema Peine. Los balances iónicos se encuentran dentro del criterio de validación para todos los casos en los que el número de analitos permitieron el cálculo. Sin embargo, los desbalances de masa durante mayo superaron el parámetro de validación (superior al 20%) en las muestras de L10-1, L10-4, Saladita y Saladita, por lo que, se consideran como no validas estas mediciones.

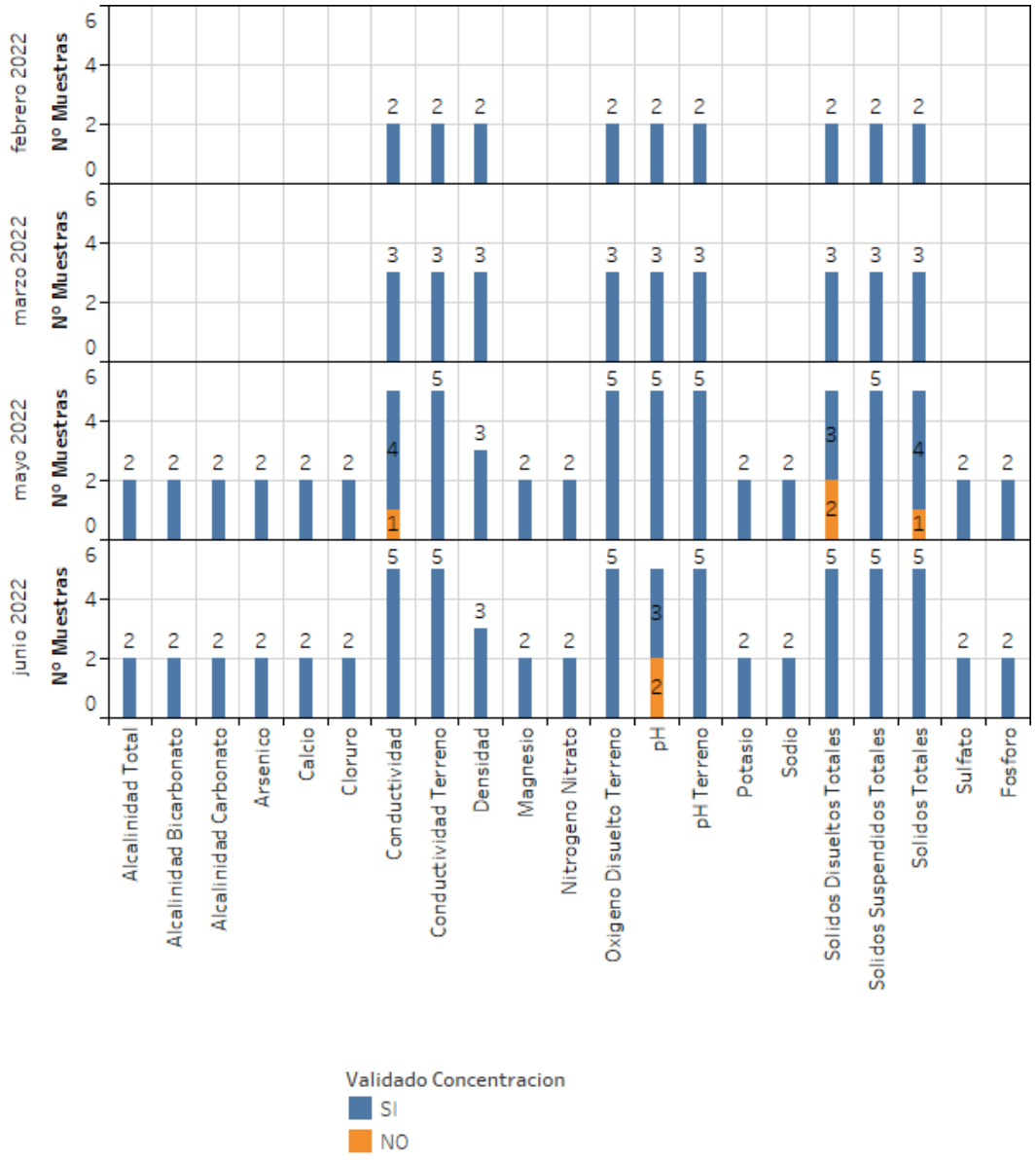
Tabla 5-70 Resultados de la validación en el sistema Peine.

Mes	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
Febrero	1028	-9,9	NA*
	L10-4	-12,2	NA*
Marzo	1028	-10,7	NA*
	L10-1	-0,6	NA*
	L10-4	-8,0	NA*
Mayo	1028	-9,5	NA*
	L10-1	-42,7	NA*
	L10-4	-20,2	NA*
	SALADA	-46,3	3,4
	SALADITA	68,6	0,3
Junio	1028	-1,2	NA*
	L10-1	13,1	NA*
	L10-4	4,3	NA*
	SALADA	3,1	7,9
	SALADITA	-15,2	8,2

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 5-42 muestra los resultados de la validación por concentraciones históricas en relación con cada analito y punto. Todos los análisis trimestrales se encontraron dentro de lo esperable en base a su evolución histórica. Durante febrero y marzo se validaron todos los analitos correspondientes. Sin embargo, durante mayo fueron solo 4 analitos los invalidados y durante junio tan solo 2. Así para las 160 mediciones que se realizaron durante febrero, marzo, mayo y junio, tan solo el 3.75% se encuentra invalidado.

Figura 5-42: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.3 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 5-71 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. Los únicos ingresos posibles fueron durante mayo y junio 2022 para el monitoreo de aforo de Saladita y para aforo Salada durante abril y junio 2022.

Tabla 5-71: Resultados aforos manuales Saladita y Salada

	AFORO SALADA	AFORO SALADITA
enero 2022	S/I	S/I
febrero 2022	S/I	S/I
marzo 2022	S/I	S/I
abril 2022	70,87	S/I
mayo 2022	S/I	38,25
junio 2022	82,07	43,65

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

5.1.5.4 Superficie lacustre

Para el primer semestre de 2022 las mediciones de superficies lacustres mediante estacas perimetrales de los dos cuerpos de agua del sistema Peine comprometidos con esta metodología (Salada y Saladita) solo pudieron ser realizadas en el mes de abril, debido a restricciones de acceso en enero. Por otra parte, vía imagen satelital, se delimitaron las superficies lacustres en ambos meses. Además, se lograron realizar mediciones perimetrales mediante levantamiento topográfico RTK, obteniendo contornos lagunares precisos para el mes de abril.

La consultora a cargo del levantamiento topográfico y estacas perimetrales fue ATyGEO ltda, mientras que la consultora a encargada del cálculo de superficie lacustre con imagen satelital de alta resolución fue SRGIS ltda. A continuación, se reportan los resultados obtenidos para el primer semestre del año 2022 (Tabla 5-72).

Tabla 5-72: Superficies Lacustres primer semestre 2022 Peine

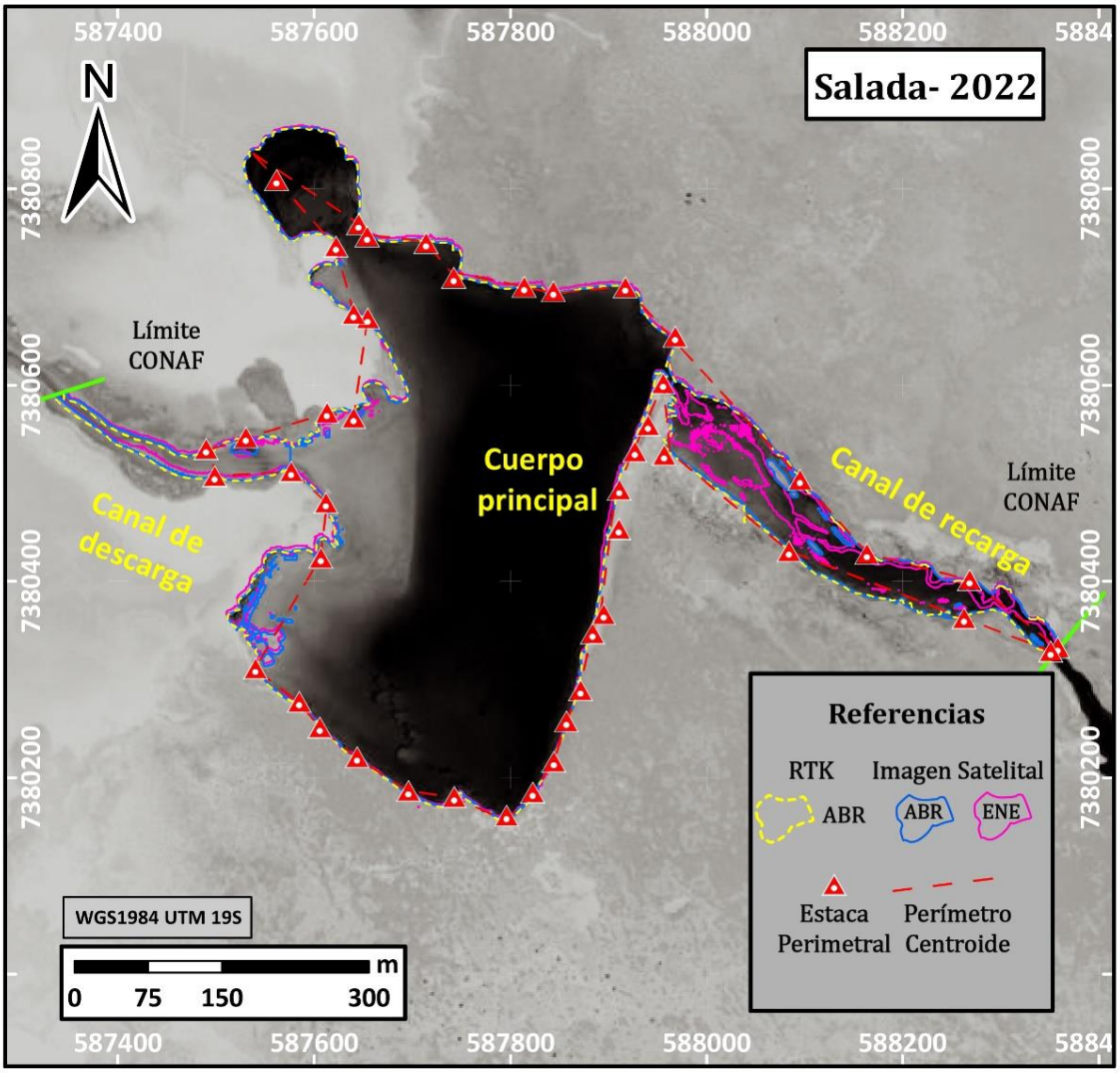
Periodo	Responsable	Tipo de medición realizada	Superficie (m^2)		
			Interna	Salada	Saladita
Ene 2022	SQM	Estacas perimetrales	N/A	S/I	S/I
Ene 2022	SRGIS	Imágenes Satelitales	116.209	183.500	73.958
Abr 2022	ATyGEO	Estacas perimetrales	N/A	188.460	97.300
Abr 2022	ATyGEO	RTK	108.825*	200.424	97.947
Abr 2022	SRGIS	Imágenes Satelitales	186.070	197.637	96.828

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin información (el dato no pudo ser medido). N/A significa: No Aplica (no corresponde esta medición. * = Dato no considera zona distal de interna. Datos de Salada corresponden a la superficie total (canal de descarga, cuerpo principal y canal de descarga)

Tal como se puede observar, los resultados indican un aumento de la superficie lacustre para los 3 sectores lagunares de Peine. En efecto, con la metodología de imagen de alta resolución, se evidencia que de enero a abril existe un aumento del 38, 8 y 31% en Interna, Salada y Saladita, respectivamente. Por otro lado, para el mes de abril, se obtuvo levantamiento de perímetro lagunar vía levantamiento topográfico y delimitación lacustre vía imagen satelital. Lo resultados muestran similitudes en Salada y Saladita, con 1.40 y 1.14 % de error relativo entre ambas metodologías, mientras que en interna la diferencia es mayor, con un 70 % debido a que no fue medida con RTK la parte distal del desborde homónimo.

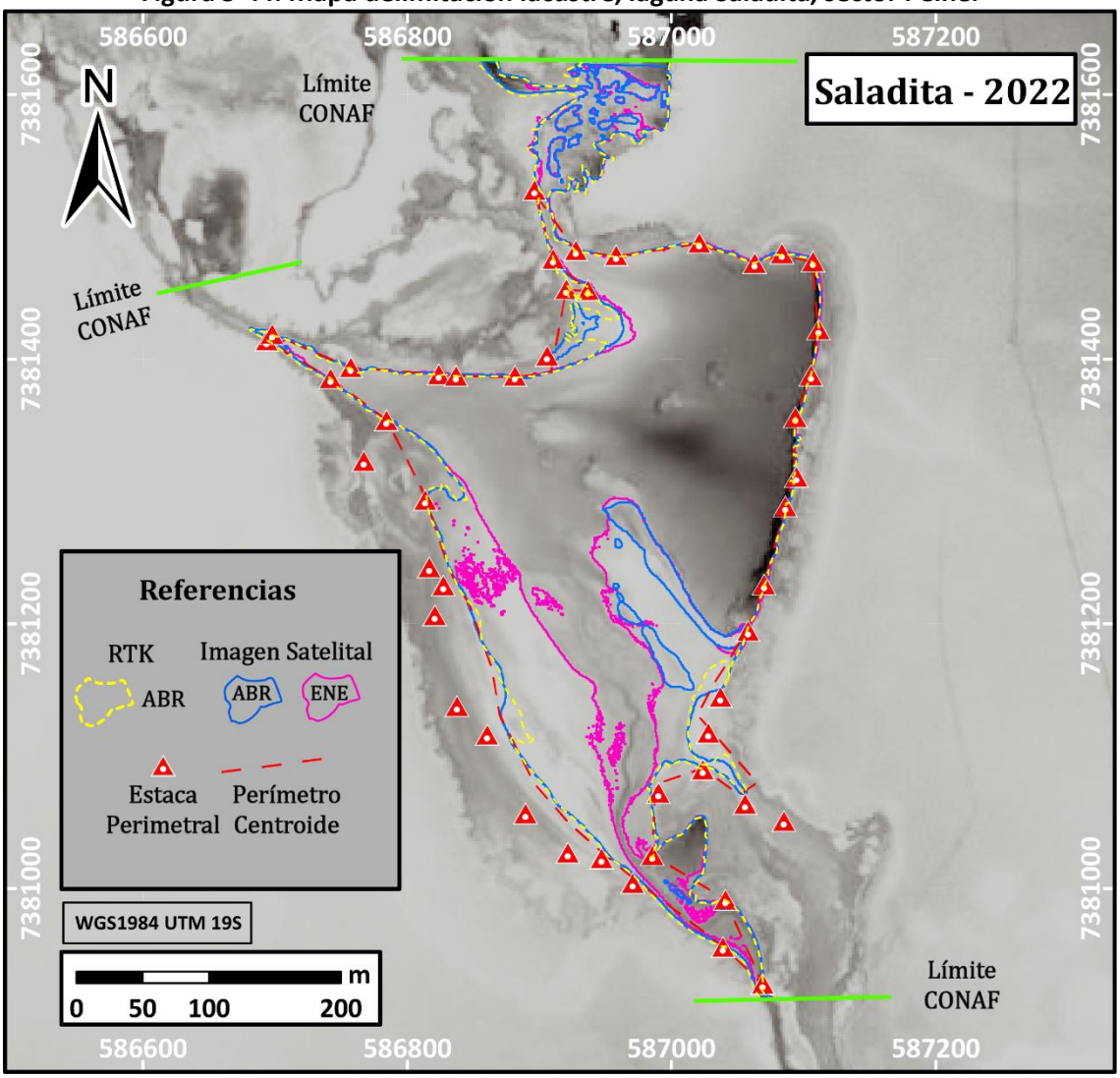
A continuación, se muestran en detalle la recuperación de superficie lacustre con las metodologías declaradas (Figura 5-43, Figura 5-44 y Figura 5-45)

Figura 5-43: Mapa delimitación lacustre, laguna Salada, sector Peine.



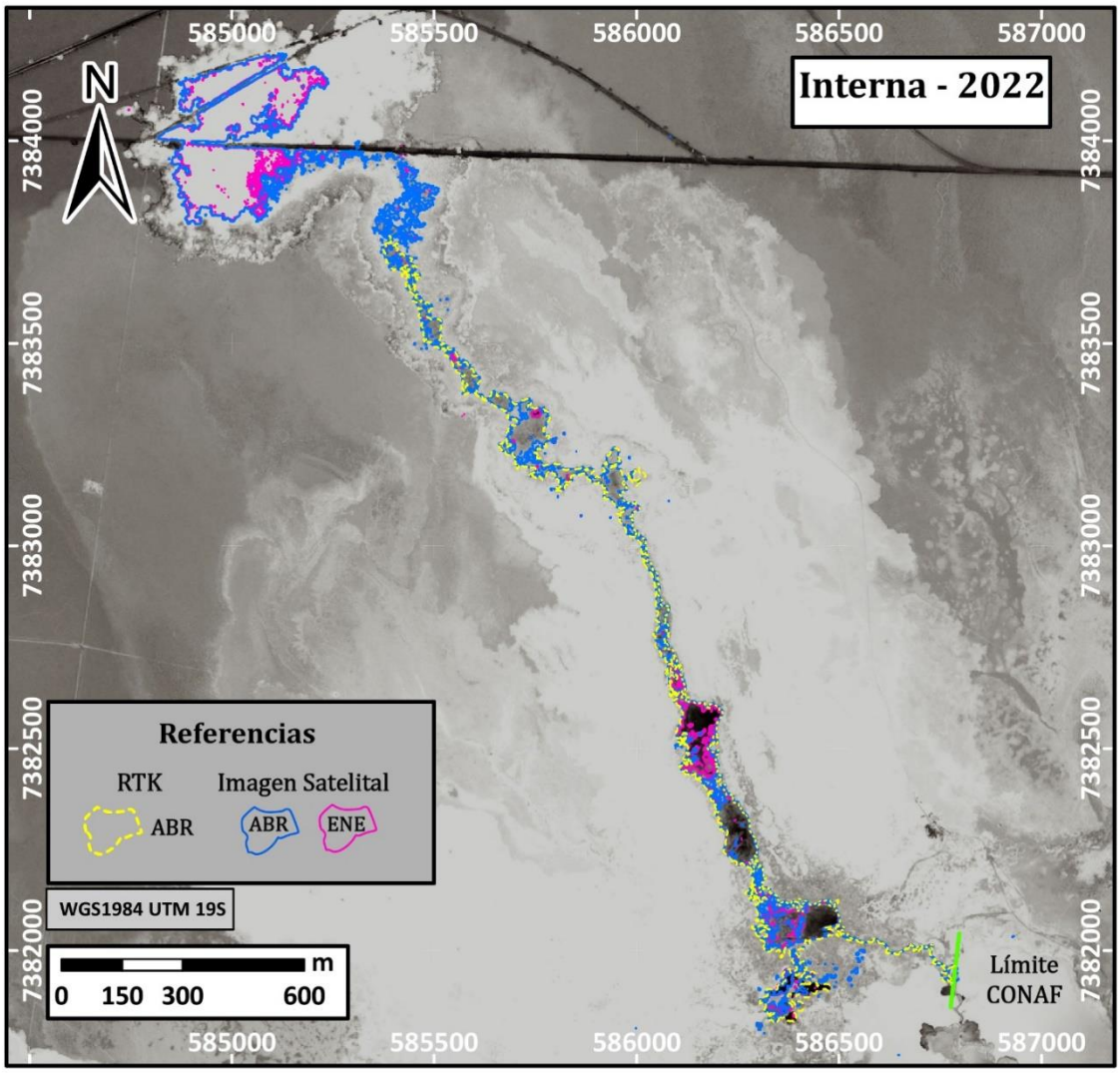
Fuente: Elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises.

Figura 5-44: Mapa delimitación lacustre, laguna Saladita, sector Peine.



Fuente: Elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises.

Figura 5-45: Mapa delimitación lacustre, laguna Interna, sector Peine.



Fuente: Elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital de abril 2022, en escala de grises.

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 2020 se presentan a continuación. Todos los puntos de este sector han sido visitados con la frecuencia comprometida en este semestre, por lo que no es necesario mostrar la tabla de puntos no visitados que se ha incluido en los otros sistemas.

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 4-12 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. En la Tabla 5-73 se muestra el resultado del monitoreo comprometido para este semestre y en la Tabla 5-74 se muestra el recuento de mediciones realizadas por SQM y SEGEA. En la Figura 5-46 se muestra gráficamente el resultado completo de las mediciones en estos puntos, contando con las mediciones de ambas empresas.

Puede verse que para el primer semestre de 2022 se han realizado las visitas estipuladas en todos los pozos y para todos los meses.

Cabe notar que el compromiso en este caso son mediciones mensuales realizadas por la ETFA, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Tabla 5-73: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo

L12-1	
Fecha	Nivel (m s.n...
15/1/22 09:10	2.299,767
29/1/22 16:36	2.299,773*
10/2/22 09:15	2.299,756
28/2/22 08:13	2.299,750*
11/3/22 08:59	2.299,746
27/3/22 08:46	2.299,767*
10/4/22 15:26	2.299,784
30/4/22 13:16	2.299,762*
9/5/22 09:50	2.299,747
28/5/22 12:07	2.299,743*
12/6/22 15:16	2.299,737
26/6/22 13:45	2.299,724*

L12-2	
Fecha	Nivel (m s.n...
15/1/22 10:30	2.302,483
29/1/22 14:33	2.302,464*
10/2/22 11:07	2.302,469
28/2/22 09:37	2.302,465*
11/3/22 10:36	2.302,481
27/3/22 10:18	2.302,498*
10/4/22 13:42	2.302,511
30/4/22 15:21	2.302,529*
9/5/22 11:21	2.302,526
28/5/22 14:07	2.302,552*
12/6/22 13:58	2.302,568
26/6/22 15:14	2.302,572*

L12-3	
Fecha	Nivel (m s.n...
15/1/22 11:08	2.301,642
29/1/22 15:24	2.301,631*
10/2/22 10:38	2.301,637
28/2/22 10:21	2.301,641*
11/3/22 10:13	2.301,650
27/3/22 09:55	2.301,666*
10/4/22 14:06	2.301,676
30/4/22 15:02	2.301,696*
9/5/22 10:58	2.301,700
28/5/22 13:44	2.301,716*
12/6/22 14:17	2.301,730
26/6/22 14:54	2.301,732*

L12-4	
Fecha	Nivel (m s.n...
15/1/22 10:51	2.303,745
29/1/22 14:55	2.303,735*
10/2/22 10:19	2.303,723
28/2/22 10:05	2.303,718*
11/3/22 09:51	2.303,719
27/3/22 09:36	2.303,741*
10/4/22 14:21	2.303,761
30/4/22 14:48	2.303,786*
9/5/22 10:43	2.303,792
28/5/22 13:22	2.303,821*
12/6/22 14:32	2.303,847
26/6/22 14:40	2.303,860*

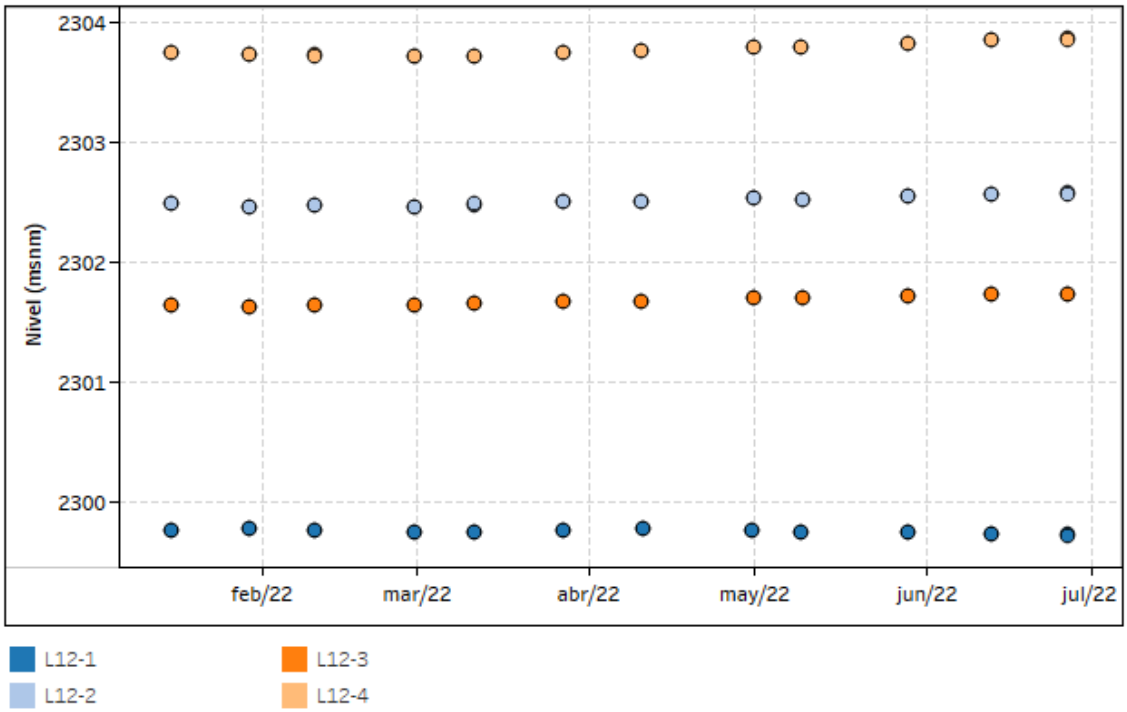
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-74: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
L12-1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L12-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L12-3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L12-4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-46: 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 5-75 se muestran las medidas tomadas en este primer semestre de 2022, en la Tabla 5-76 se muestra el recuento de mediciones efectuadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-47 se presentan gráficamente el resultado completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las adicionales.

Cabe notar que el compromiso en este caso son mediciones mensuales realizadas por la ETFA, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Para el presente semestre reportado se han podido realizar todas las mediciones estipuladas en el punto de control.

Tabla 5-75: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

REGLILLA TILOPOZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
15/1/22 09:49	2.309,304
29/1/22 16:02	2.309,302 *
10/2/22 09:44	2.309,303
28/2/22 09:02	2.309,302 *
11/3/22 09:17	2.309,304
27/3/22 09:10	2.309,313 *
10/4/22 14:48	2.309,317
30/4/22 13:38	2.309,326 *
9/5/22 10:18	2.309,329
28/5/22 12:59	2.309,333 *
12/6/22 14:52	2.309,338
26/6/22 14:13	2.309,336 *

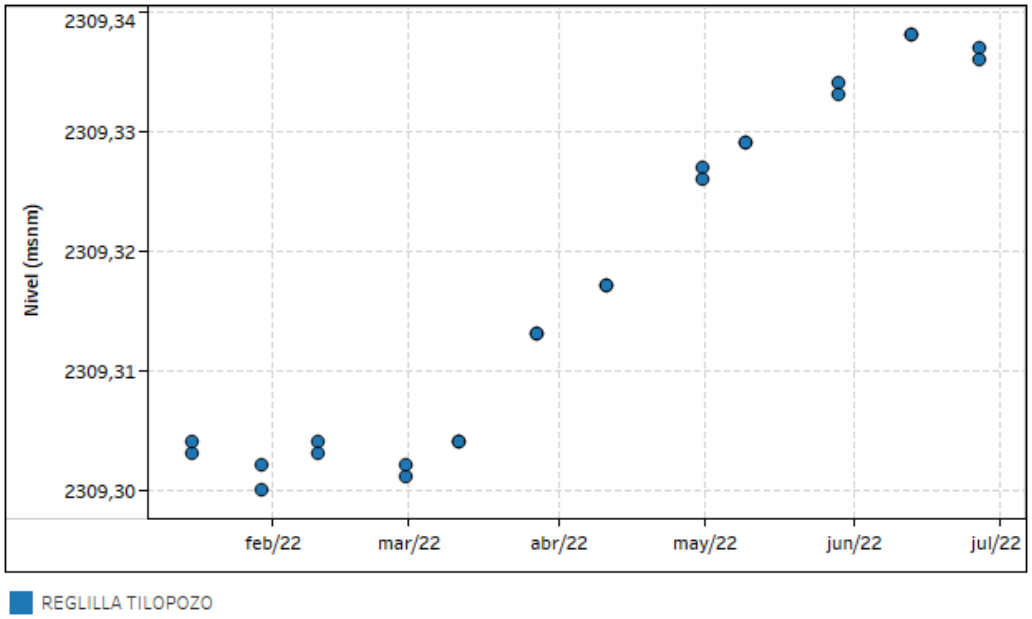
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-76: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
REGLILLA TILOPOZO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-47: 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 primer semestre de 2022 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.

Todos los puntos de este sector han sido visitados con la frecuencia comprometida en este semestre.

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 primer semestre de 2022, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-13 y en la Tabla 4-10.

Para facilitar el análisis, los resultados se agruparon en 3 subgrupos de acuerdo con su ubicación; grupo de pozos más alejado de la zona de producción de salmuera, pozos ubicados en las proximidades de la zona de producción, 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

Este subgrupo está conformado por 9 pozos. En la Tabla 5-77 se presenta el resultado del monitoreo comprometido, en la Tabla 5-78 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-48 se muestran gráficamente los niveles resultantes del monitoreo, tanto de las mediciones comprometidas como las adicionales.

Cabe notar que el compromiso en este caso son mediciones mensuales realizadas por la ETFA, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Para el presente semestre reportado, todas las visitas pudieron realizarse con la debida frecuencia.

Tabla 5-77: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo

1001	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 16:36	2.299,263
26/1/22 15:59	2.299,261*
21/2/22 15:15	2.299,250
25/3/22 12:02	2.299,326
22/4/22 16:14	2.299,273
22/5/22 13:11	2.299,235
19/6/22 12:40	2.299,215

2028	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/1/22 12:38	2.298,947
22/2/22 12:04	2.298,934
21/3/22 15:05	2.299,037
23/4/22 09:38	2.298,972
22/5/22 14:47	2.298,925
21/6/22 12:00	2.298,905

SOPE-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/1/22 12:16	2.299,048
22/2/22 11:38	2.299,039
21/3/22 14:41	2.299,121
22/4/22 17:55	2.299,066
22/5/22 14:17	2.299,026
19/6/22 14:58	2.299,007

SOPM-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 10:43	2.298,996
16/2/22 14:23	2.298,991
18/3/22 13:56	2.299,020
21/4/22 09:51	2.298,989
19/5/22 14:29	2.298,964
17/6/22 12:54	2.298,940

SOPM-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 10:59	2.299,015
18/2/22 12:14	2.299,002
18/3/22 14:10	2.299,064
21/4/22 10:11	2.299,017
19/5/22 15:50	2.298,985
17/6/22 13:08	2.298,965

SOPM-12C	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/1/22 11:42	2.299,159
26/1/22 15:14	2.299,158*
22/2/22 11:09	2.299,148
25/3/22 11:09	2.299,225
22/4/22 16:55	2.299,171
22/5/22 13:45	2.299,132
19/6/22 13:11	2.299,111

SOPM-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/1/22 12:56	2.299,013
22/2/22 11:48	2.299,005
21/3/22 15:22	2.299,089
23/4/22 10:11	2.299,028
22/5/22 16:39	2.298,991
21/6/22 13:03	2.298,971

SOPM-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 08:33	2.298,748
16/2/22 09:01	2.298,729
17/3/22 07:31	2.298,727
17/4/22 10:18	2.298,758
15/5/22 10:22	2.298,709
16/6/22 10:12	2.298,692

SOPM-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 08:20	2.298,794
16/2/22 08:41	2.298,777
17/3/22 07:02	2.298,804
17/4/22 09:44	2.298,813
15/5/22 09:44	2.298,766
16/6/22 09:53	2.298,749

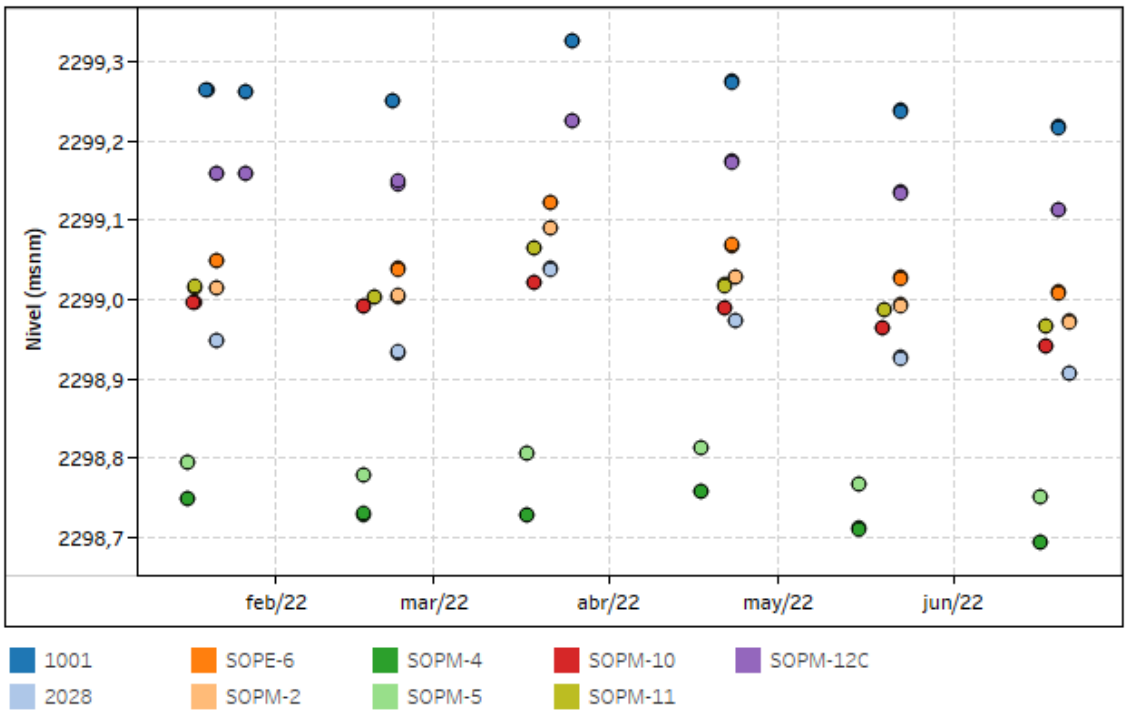
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-78: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
1001	2	1	1	1	1	1	2	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	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-48: 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

Este subgrupo está conformado por 9 pozos. En la Tabla 5-79 se presenta el resultado del monitoreo, en la Tabla 5-80 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-49 se muestran gráficamente los niveles resultantes del monitoreo, tanto de las mediciones comprometidas como las adicionales.

Cabe notar que el compromiso en este caso son mediciones mensuales realizadas por la ETFA, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional. Para el presente semestre reportado, todas las visitas pudieron realizarse con la debida frecuencia.

Tabla 5-79: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo

2040	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 11:19	2.299,132
22/2/22 10:28	2.299,100
21/3/22 16:40	2.299,123
23/4/22 10:45	2.299,187
23/5/22 10:09	2.299,143
19/6/22 15:27	2.299,106

E-101	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 10:35	2.298,690
22/2/22 10:15	2.298,613
25/3/22 10:22	2.298,620
23/4/22 11:47	2.298,675
23/5/22 09:49	2.298,603
19/6/22 16:04	2.298,495

E-324	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 10:23	2.296,049
22/2/22 09:58	2.295,682
21/3/22 16:14	2.295,635
23/4/22 12:15	2.296,093
23/5/22 09:27	2.295,689
19/6/22 16:25	2.295,624

M1-C	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 10:57	2.299,185
22/2/22 10:42	2.299,171
21/3/22 17:06	2.299,181
23/4/22 11:04	2.299,169
23/5/22 10:30	2.299,156
19/6/22 15:40	2.299,150

M2-C	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 09:45	2.292,317
22/2/22 09:20	2.292,509
25/3/22 10:04	2.292,516
23/4/22 13:58	2.292,545
23/5/22 11:10	2.292,518
19/6/22 17:07	2.292,531

M7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 10:05	2.295,865
22/2/22 09:40	2.295,494
21/3/22 15:57	2.295,271
23/4/22 12:45	2.296,142
23/5/22 09:03	2.295,690
19/6/22 16:42	2.295,901

SAMPLE-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 08:22	2.294,004
22/2/22 08:54	2.293,977
25/3/22 09:20	2.293,947
23/4/22 14:27	2.293,926
23/5/22 11:57	2.293,901
22/6/22 11:20	2.293,878

ZAR-C-S	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 09:06	2.295,636
22/2/22 08:16	2.295,626
25/3/22 08:36	2.295,611
23/4/22 15:05	2.295,611
23/5/22 12:50	2.295,611
22/6/22 10:31	2.295,609

SAMPLE-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 08:22	2.294,004
22/2/22 08:54	2.293,977
25/3/22 09:20	2.293,947
23/4/22 14:27	2.293,926
23/5/22 11:57	2.293,901
22/6/22 11:20	2.293,878

ZAR-C-S	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
21/1/22 09:06	2.295,636
22/2/22 08:16	2.295,626
25/3/22 08:36	2.295,611
23/4/22 15:05	2.295,611
23/5/22 12:50	2.295,611
22/6/22 10:31	2.295,609

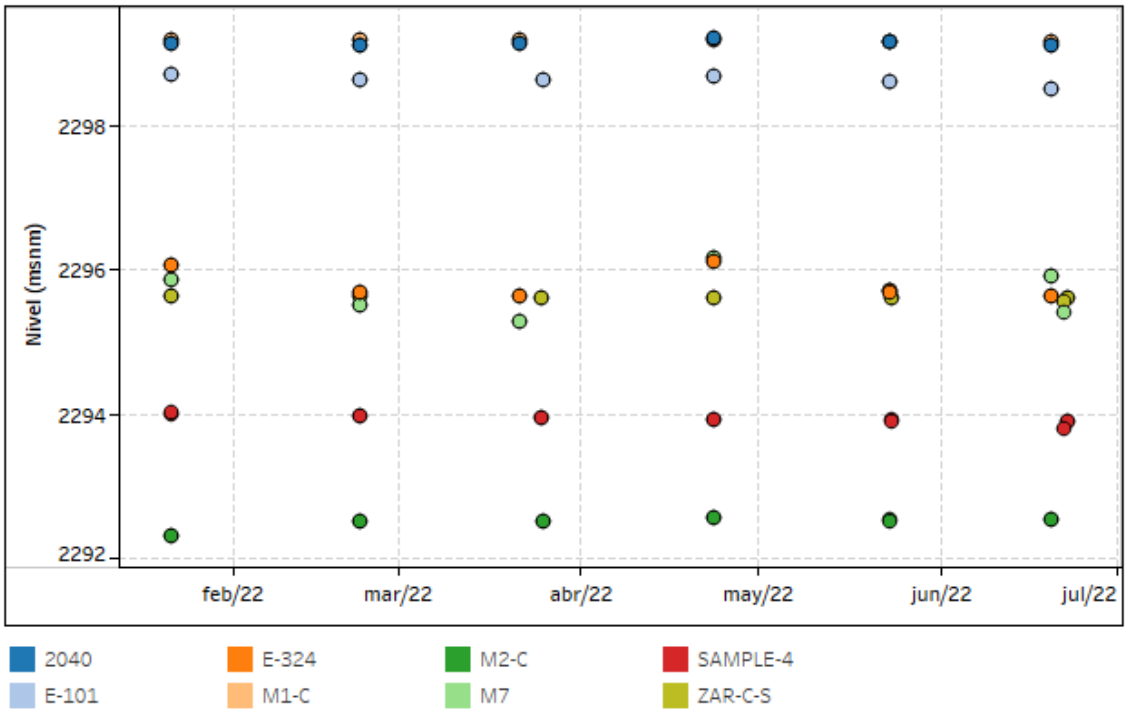
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-80: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
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	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M1-C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M2-C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
SAMPLE-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
ZAR-C-S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-49: 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

Este subgrupo está conformado por 3 pozos que se sitúan al norte de la zona productiva. En la Tabla 5-81 se presenta el resultado del monitoreo, en la Tabla 5-82 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-50 se muestran gráficamente los niveles resultantes del monitoreo, tanto de las mediciones comprometidas como las adicionales.

Cabe notar que el compromiso en este caso son mediciones mensuales realizadas por la ETFA, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por otra empresa) se presentan de forma adicional.

Para el presente semestre reportado, todas las visitas pudieron realizarse con la debida frecuencia.

Tabla 5-81: 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.)
16/1/22 09:13	2.298,882	16/1/22 09:44	2.300,874	16/1/22 08:57	2.298,900
16/2/22 10:11	2.298,873	16/2/22 11:02	2.300,866	16/2/22 09:41	2.298,893
17/3/22 08:17	2.298,862	26/3/22 16:18	2.300,872	26/3/22 15:30	2.298,909
17/4/22 11:19	2.298,871	17/4/22 12:04	2.300,848	17/4/22 10:47	2.298,915
19/5/22 10:18	2.298,851	19/5/22 11:06	2.300,808	19/5/22 09:50	2.298,887
16/6/22 11:14	2.298,841	16/6/22 11:59	2.300,800	16/6/22 10:54	2.298,868

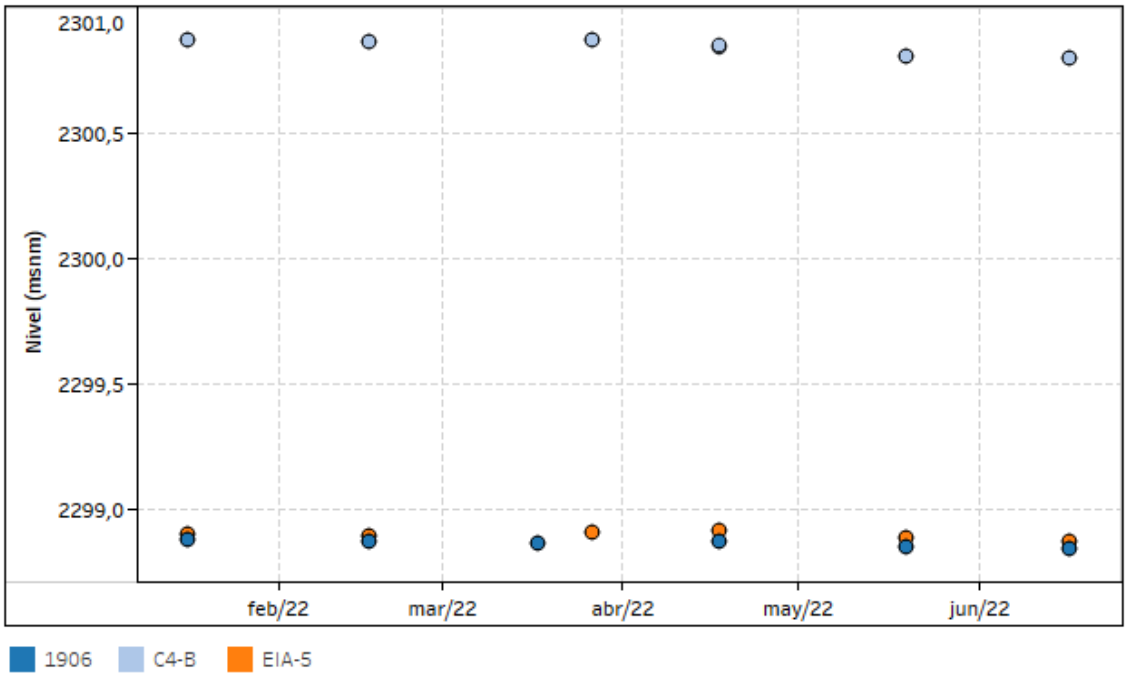
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-82: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
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 5-50: 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 5-51 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica KCL para el período comprendido entre enero y junio 2022 y que forman parte del PSAH: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario. En la Tabla 5-83 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas.

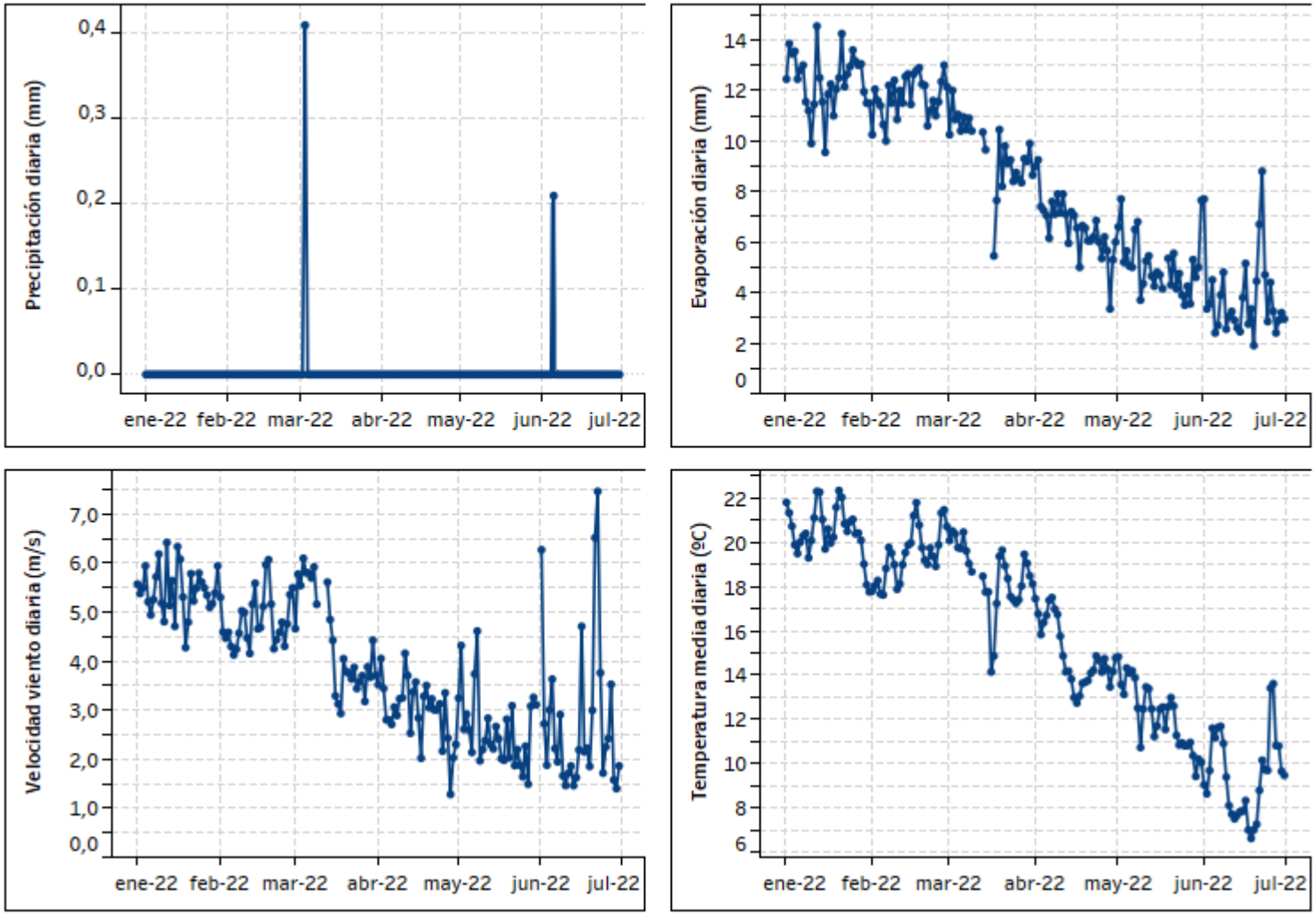
Tabla 5-83: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL

Parametros	Unidad	Mín. Valor	Máx. Valor	Prom. Valor	Desv. están. de Valor
Precipitación*	mm/día	0,00	4,22	0,04	0,37
Evaporación*	mm/día	1,90	14,55	8,14	3,51
Velocidad del viento	m/s	1,28	7,46	3,83	1,43
Temperatura media diaria	ºC	6,63	22,33	15,75	4,30

* Esta variable contempla uno o más periodos de rellenado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-51: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL



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 primer semestre del año 2022.

En la Figura 4-13 y en la Tabla 4-10 de la Sección 4.4.6 de la Sección 4.4.6 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).

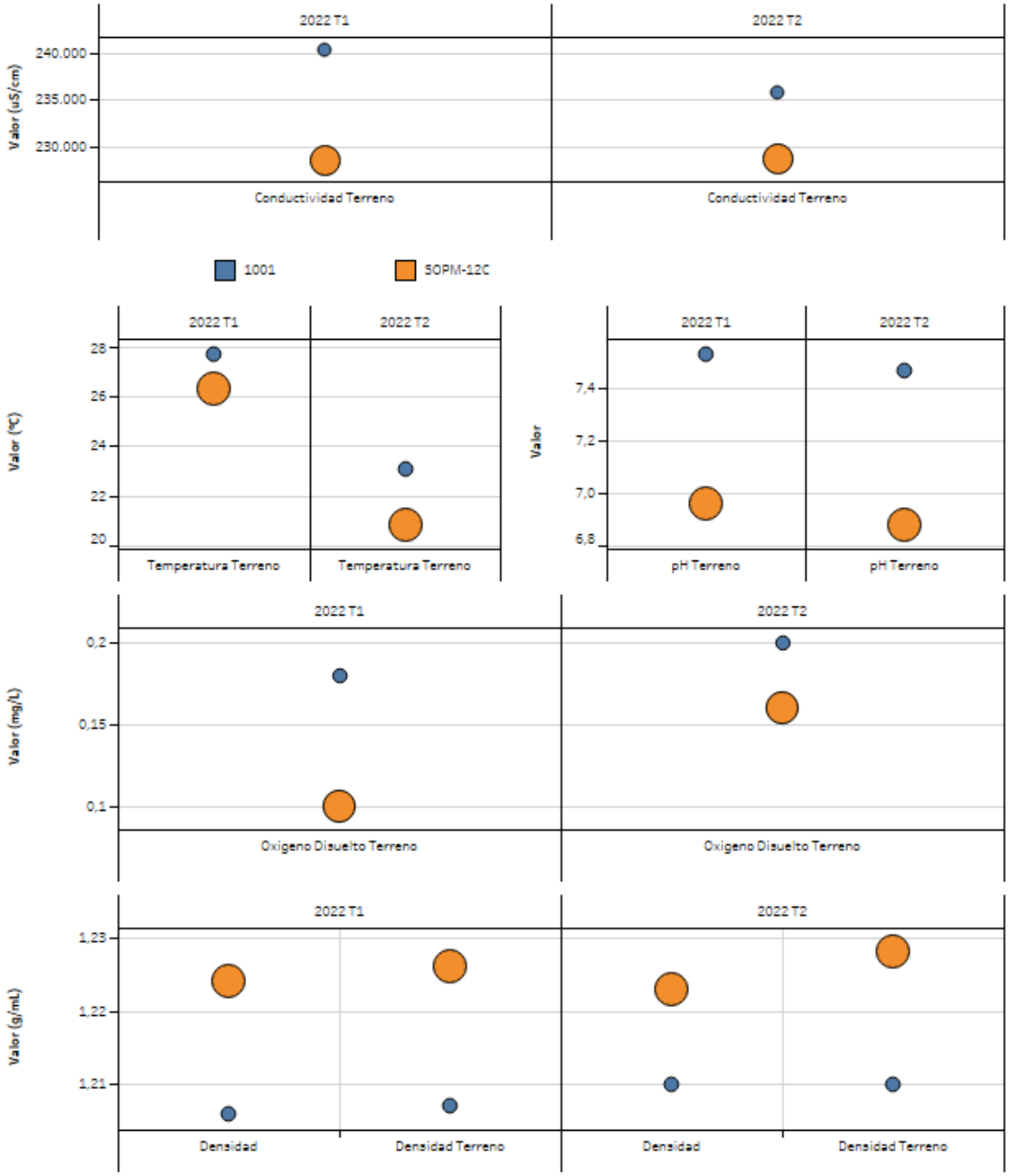
A continuación, en la Tabla 5-84, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestras de salmuera tomadas en terreno por SEGEA Cód. ETFA 040-01 y analizadas por el laboratorio ALS Life Sciences Chile código ETFA 029-01, a los pozos de monitoreo en el periodo a reportar. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-52. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-84: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Parámetro	1001		SOPM-12C	
	26/01/22	27/04/22	26/01/22	27/04/22
Conductividad Terreno (uS/cm)	240.400	235.800	228.400	228.700
Densidad (g/mL)	1,206	1,210	1,224	1,223
Densidad Terreno (g/mL)	1,207	1,210	1,226	1,228
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,18	0,20	0,10	0,16
pH Terreno ()	7,53	7,47	6,96	6,88
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	312.850	285.005	350.205	306.370
Temperatura Terreno (ºC)	27,7	23,1	26,3	20,9

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-52: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama



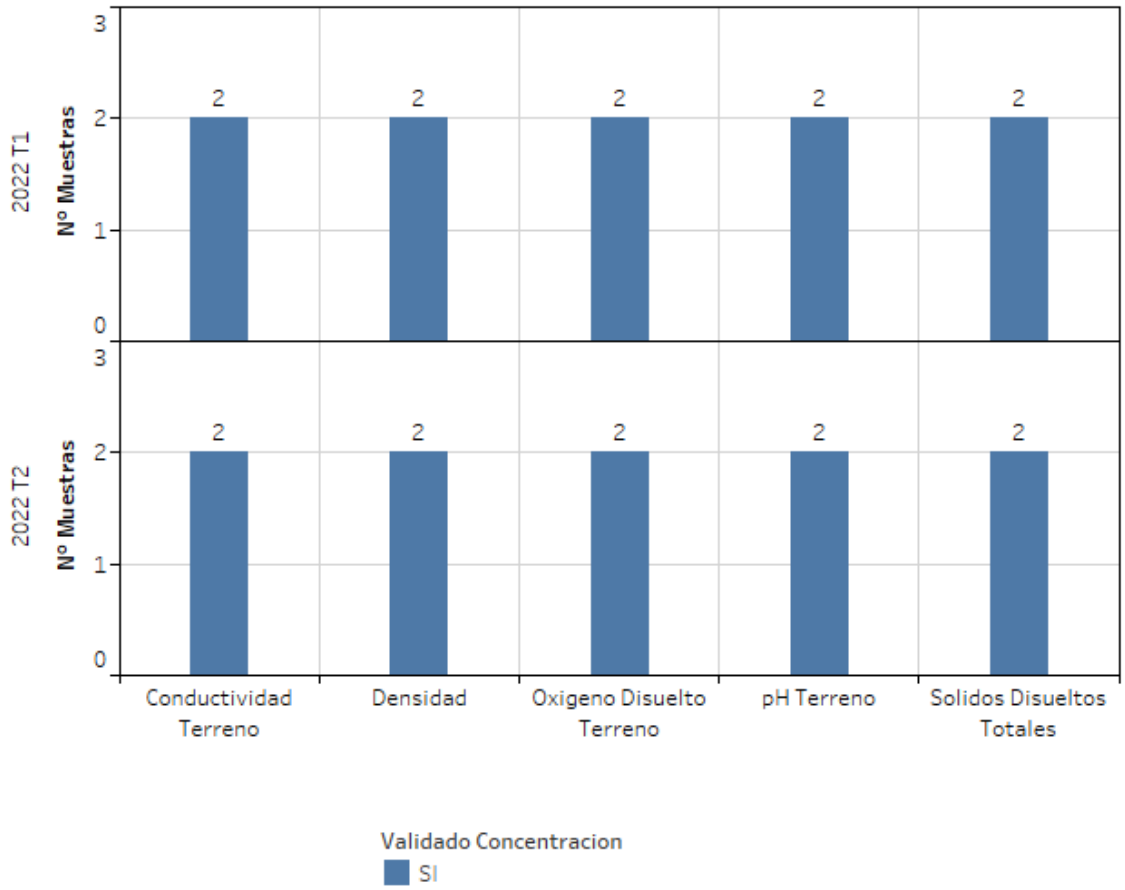
Fuente: Elaboración propia

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, de acuerdo con lo explicado en el apartado 4.5.8. En la Figura 5-53 se observa que para el primer semestre todos los analitos analizados cumplieron con este criterio.

Figura 5-53: 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 primer semestre de 2022 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-85 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-85: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22
Cuña-7	4	*	*				

Fuente: Elaboración propia. *: punto no visitado para nivel. Motivo 4: Prohibición de ingreso al sector controlado por la Comunidad Peine.

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, sin embargo, el punto L4-3 ya 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. De igual manera, el L10-1 es también del Sistema Peine y ha sido mostrado como parte del monitoreo de dicho Sistema (tanto nivel, como calidad).

5.1.8.1 Nivel del agua subterránea

De esta forma, en esta sección se presentan los niveles de los 7 puntos restantes. En la Tabla 5-73 se muestra el resultado del monitoreo para este semestre y en la Tabla 5-87 se muestra el recuento de mediciones realizadas por SQM y SEGEA. En la Figura 5-54 se muestra gráficamente el resultado completo de las mediciones en estos puntos, contando con las mediciones de ambas empresas.

Puede verse que para el primer semestre de 2022 se han realizado las visitas estipuladas en todos los pozos y para todos los meses, a excepción del Cuña 7 donde no se pudo medir en los meses de enero y febrero.

Tabla 5-86: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina

CUÑA 1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 15:57	2.299,844
18/2/22 10:54	2.299,827
18/3/22 10:51	2.299,828
18/4/22 14:15	2.299,824
18/5/22 13:14	2.299,814
17/6/22 10:24	2.299,821

CUÑA 2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/1/22 16:05	2.300,374
18/2/22 11:03	2.300,325
18/3/22 11:00	2.300,355
18/4/22 14:25	2.300,332
18/5/22 13:24	2.300,338
17/6/22 10:34	2.300,360

CUÑA 3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/1/22 10:29	2.318,647
19/2/22 15:46	2.318,648
19/3/22 12:30	2.318,650
21/4/22 15:39	2.318,665
16/5/22 12:05	2.318,678
18/6/22 12:58	2.318,699

CUÑA 4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/1/22 14:07	2.306,178
18/2/22 14:51	2.306,178
19/3/22 09:17	2.306,177
16/4/22 14:00	2.306,180
16/5/22 14:50	2.306,173
17/6/22 16:17	2.306,176

CUÑA 5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/1/22 12:59	2.301,152
9/2/22 14:47	2.301,152
9/3/22 12:31	2.301,151
13/4/22 12:22	2.301,155
11/5/22 13:02	2.301,160
8/6/22 11:46	2.301,181

CUÑA 6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/1/22 12:22	2.305,107
29/1/22 12:08	2.305,097 *
10/2/22 12:19	2.305,096
28/2/22 11:22	2.305,089 *
11/3/22 11:58	2.305,095
27/3/22 11:22	2.305,116 *
10/4/22 11:22	2.305,128
30/4/22 16:15	2.305,159 *
9/5/22 12:26	2.305,169
28/5/22 15:12	2.305,193 *
12/6/22 11:54	2.305,206

CUÑA 7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
29/1/22 12:00	S/I
11/2/22 12:00	S/I
10/3/22 09:28	2.300,178
26/3/22 11:18	2.300,187 *
9/4/22 12:18	2.300,186
30/4/22 10:07	2.300,169 *
8/5/22 10:53	2.300,166
27/5/22 15:05	2.300,161 *
11/6/22 12:00	2.300,158
26/6/22 09:56	2.300,151 *

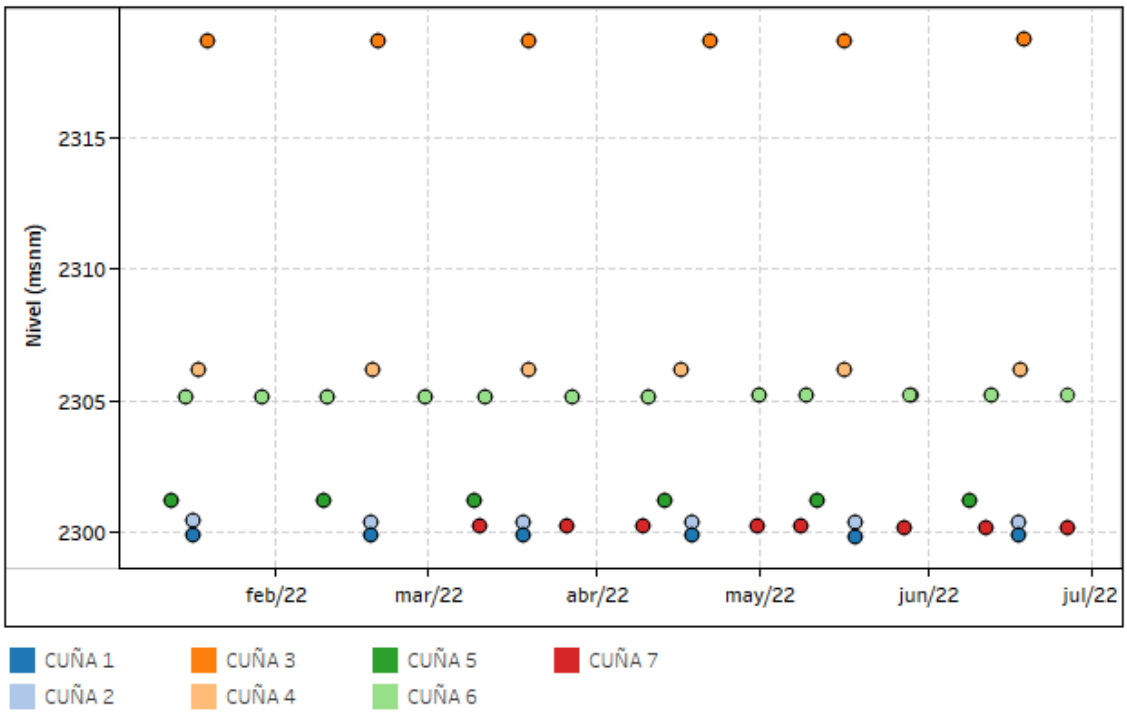
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-87: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22	01/22	02/22	03/22	04/22	05/22	06/22
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	1	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	1	1
CUÑA 6	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2
CUÑA 7			2	2	2	2			2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-54: 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 primer semestre de 2022, los perfiles de conductividad fueron medidos en todos los pozos. En el punto Cuña 7 no se pudo realizar la medición mensual durante enero y febrero de 2022 debido a que este punto se encuentra dentro de la barrera CONAF y su ingreso fue prohibido por actividad reproductiva de los flamencos.

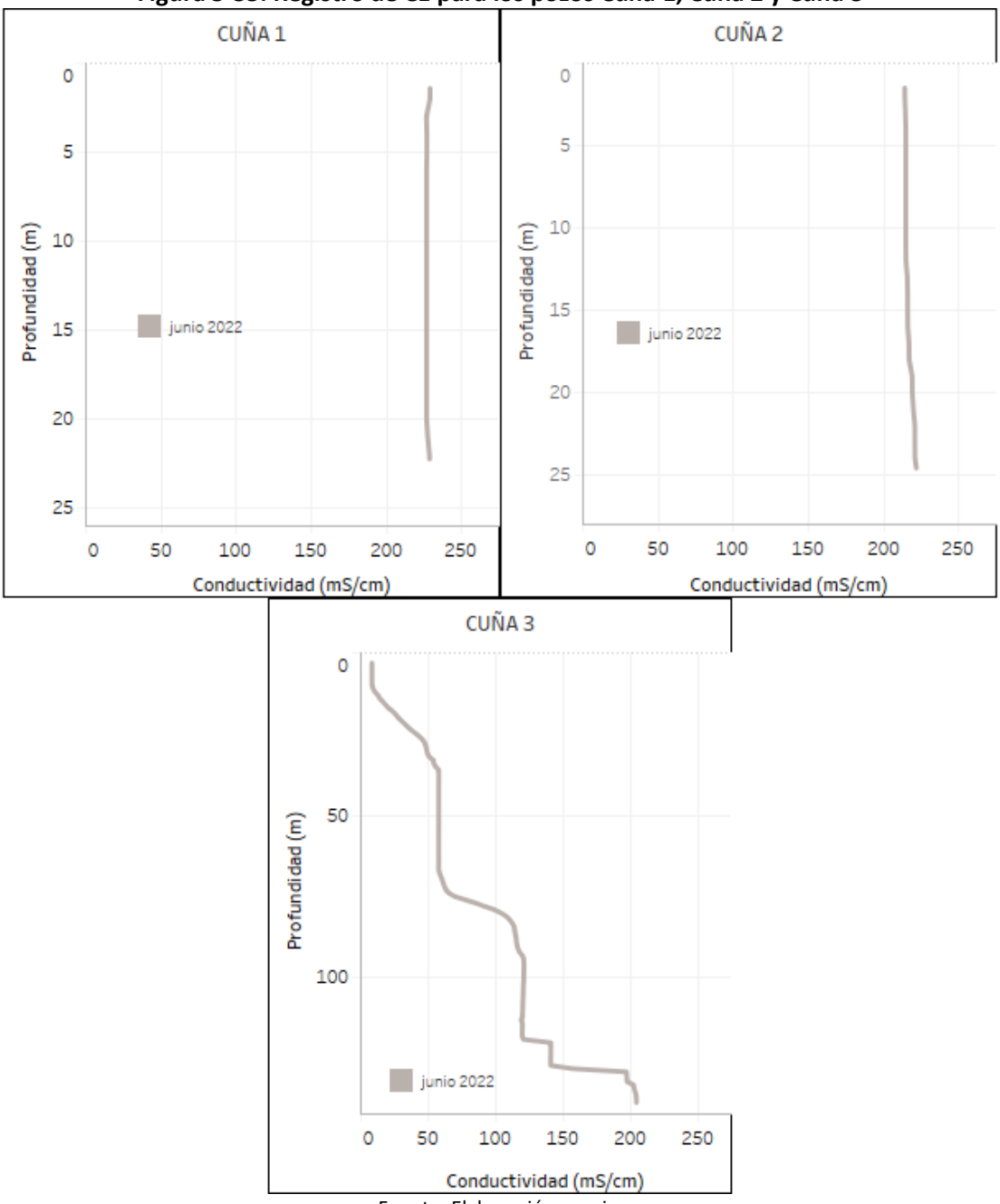
Las mediciones del perfil de CE obtenidas durante el presente período de reporte en los pozos monitoreados se presentan en la Figura 5-55, Figura 5-56 y Figura 5-57, ordenados de norte a sur para cada perfil cuña. La Figura 5-55 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 y la Figura 5-56 presenta los perfiles de CE para los pozos L4-3, Cuña 4 y Cuña 5 y finalmente los perfiles de CE de L10-1, Cuña 6 y Cuña 7 en la Figura 5-57. Además, en la Tabla 5-88 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 5-88: Puntos singulares obtenidos de los perfiles CE del presente semestre

Nombre Infraestructura	Fecha	Profundidad (m)	CE (mS/cm)
CUÑA 1	20/06/2022	2	229,0
		22	228,7
CUÑA 2	20/06/2022	2	214,1
		22	220,8
CUÑA 3	19/06/2022	12	10,4
		36	57,8
		80	103,8
		130	197,4
		138	204,6
CUÑA 4	19/06/2022	2	127,1
		56	130,4
		57	238,1
		94	241,4
CUÑA 5	08/06/2022	2	153,2
		22	194,8
CUÑA 6	29/01/2022	3	60,8
		50	69,6
		100	244,6
	28/02/2022	3	61,6
		50	70,1
		100	247,3
	27/03/2022	3	60,6
		50	69,0
		100	242,9
	10/04/2022	3	60,3
		50	69,0
		100	241,7
	09/05/2022	3	59,1
		50	67,9
		100	237,4
	12/06/2022	3	59,2
		50	67,5
		100	236,5
CUÑA 7	10/03/2022	2	216,0
		40	245,9
	09/04/2022	2	209,6
		40	239,2
	08/05/2022	2	205,7
		40	235,3
	11/06/2022	2	202,7
		40	234,7
L4-3	24/06/2022	30	14,7
		46	228,1
		130	241,6
L10-1	29/01/2022	2	9,5
		50	152,4
		100	240,4
	27/03/2022	2	7,1
		50	147,6
		100	238,8
	10/04/2022	2	7,2
		50	149,6
		100	237,3
	09/05/2022	2	8,5
		50	144,7
		100	233,3
	12/06/2022	2	9,1
		50	143,4
		100	232,5

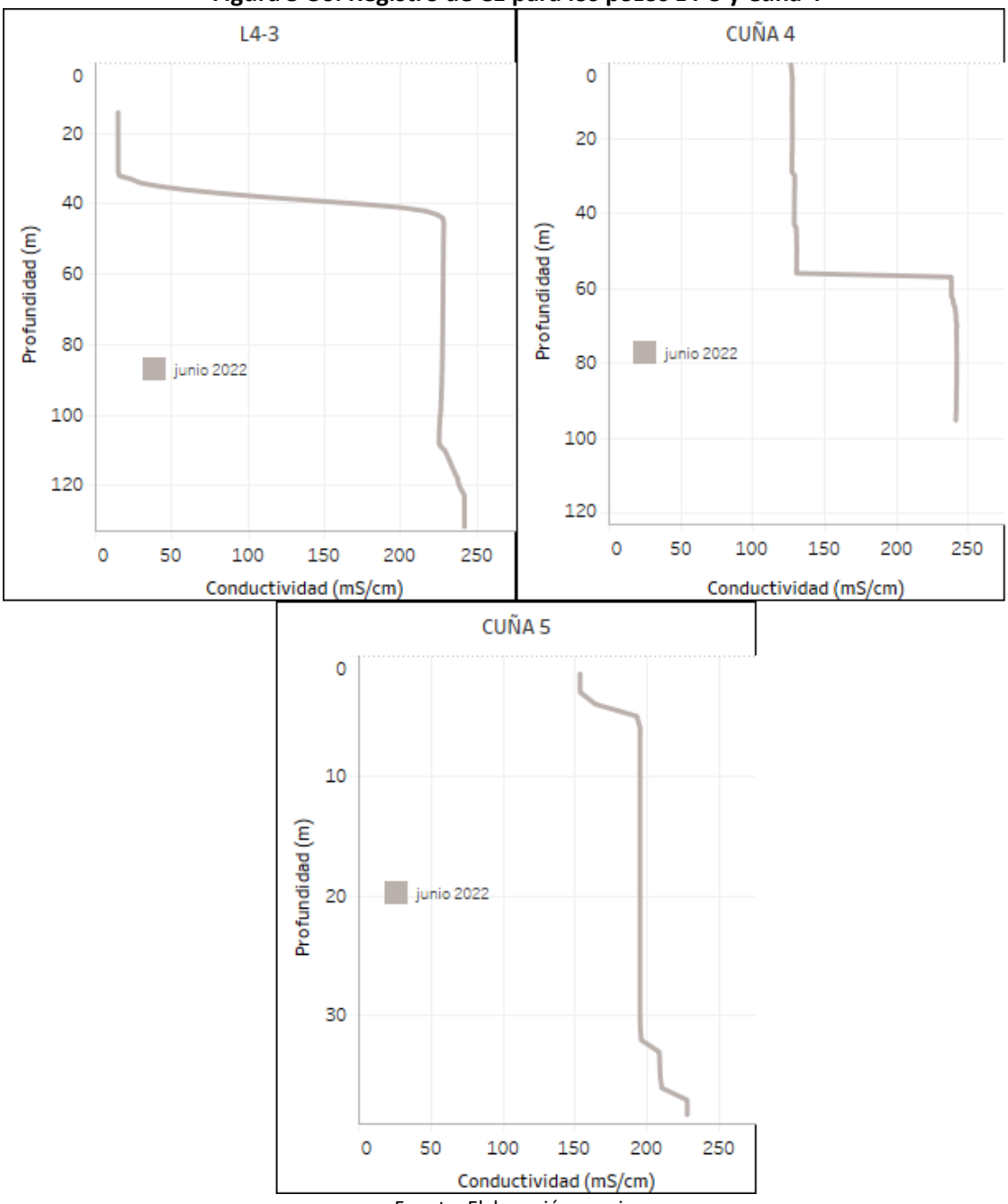
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-55: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3



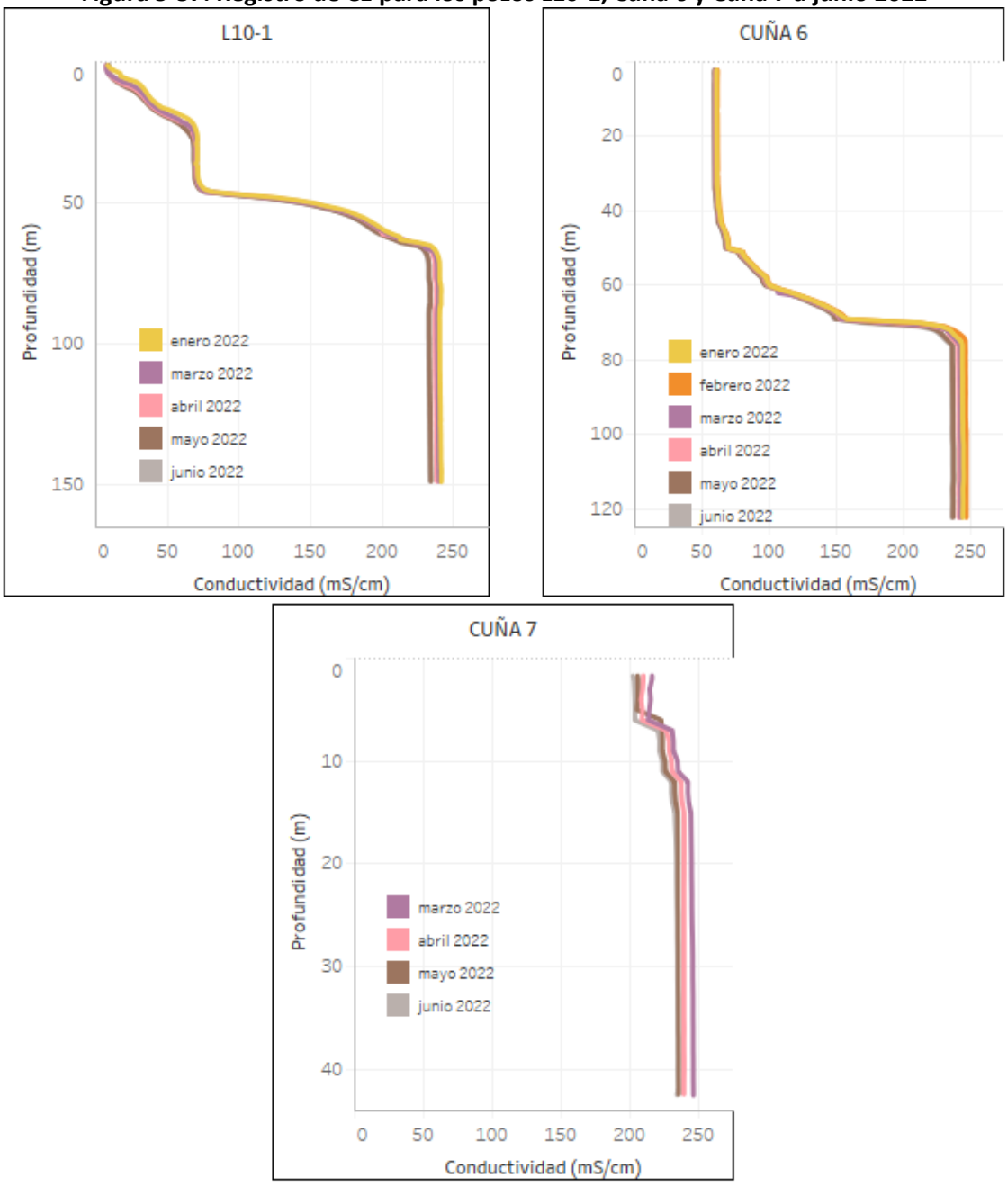
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-56: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-57: Registro de CE para los pozos L10-1, Cuña 6 y Cuña 7 a junio 2022



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 4.4.8 del presente informe. Según lo indicado en dicha sección, en el presente informe se consideran los siguientes sistemas objeto del Plan de Contingencias (Tabla 5-89).

Tabla 5-89: 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, 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.

Cabe mencionar que el compromiso de medición para los indicadores de estado, son mediciones diarias y que deben ser realizadas por SQM. De forma complementaria, se le solicita a la ETFA que realice mediciones adicionales mensuales o incluso dos veces al mes, con el objetivo de validar el monitoreo de SQM. En las tablas que siguen en este capítulo, los valores mínimo y máximo son calculados a partir de las mediciones diarias de SQM por ser éstas las comprometidas.

Por último, comentar que 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 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 2020 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 5-90 se presenta un resumen del estado en que se encuentran todos los indicadores para este primer semestre de 2022; puede verse que, al término del presente periodo de reporte, los indicadores L1-4, L1-5, L1-G4 y L2-27 se mantuvieron con la Fase 2 activada. En el momento del cierre del presente informe, el L2-27 ya se encuentra con todas las fases desactivadas, no así en los puntos correspondientes al sistema Soncor. 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 5-90: Estado del Plan de Contingencias

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	2022					
				enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
RCA 226/2006	Soncor	Soncor	L1-4	●	●	●	●	●	●
			L1-5	●	●	●	●	●	●
			L1-G4 REGLILLA	●	●	●	●	●	●
			L7-4	●	●	●	●	●	●
	Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	L3-5	●	●	●	●	●	●
			L3-9	●	●	●	×	●	●
			L4-8	●	●	●	●	●	●
			L4-12	●	●	●	●	●	●
			L5-8	●	●	●	●	●	●
			L5-10	●	●	●	●	●	●
	Vegetación Borde Este	Alerta Temprana	L2-25	●	●	●	●	●	●
			L3-11	●	●	●	×	●	●
			L4-3	●	●	●	●	●	●
			L7-13	●	●	●	●	●	●
			L9-1	●	●	●	●	●	●
		Brea-Atriplex	L1-3	●	●	●	●	●	●
			L2-7	●	●	●	●	●	●
			L2-28	●	●	●	●	●	●
			L3-3	●	●	●	●	●	●
			L4-7	●	●	●	●	●	●
			L7-6	●	●	●	●	●	●
			L9-1	●	●	●	●	●	●
		Hidromorfa	L1-17	●	●	●	●	●	●
			L2-4	●	●	●	●	●	●
			L2-27	●	●	●	●	●	●
			L3-5	●	●	●	●	●	●
			L4-10	●	●	●	●	●	●
			L7-3	●	●	●	●	●	●
PdC presentado en proceso SMA F-041-2016	Peine	Alerta Temprana	1028	●	●	●	●	●	●
			L10-4	●	●	●	●	●	●
			L10-11	●	●	●	●	●	●
			PN-05B_RWL	●	●		●	●	●
			PN-08A_RWL	●	●		●	●	●
Pozos adicionales	Vegetación Borde Este	Alerta Temprana	L2-26	●	●	●	●	●	●
			L3-15	●	●	●	●	●	●
		Brea-Atriplex	L2-25	●	●	●	●	●	●
			L4-17	●	●	●	●	●	●
			L7-14	●	●	●	●	●	●
			L9-2	●	●	●	●	●	●

Fase I activada Fase II activada Sin fases activadas Sin información

Fuente: Elaboración propia.

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 5-91) y gráfica (Figura 5-58, Figura 5-59, Figura 5-60 y Figura 5-61); 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 primer semestre de 2022 con la Fase II activada, producto de la pasada activación en abril de 2021. Esta dinámica no se ha observado cambiar durante todo el semestre reportado, por lo que al cierre del semestre 1 de 2022, e incluso en el momento del cierre del presente informe, ambos puntos mantienen la Fase II activada.

En el caso del L1-4, partió el semestre con la Fase I activada, que se produjo el pasado mes de junio de 2021. Ha sido durante el presente semestre reportado, que se ha producido la activación de la Fase II, concretamente el día 20 de enero (2022). Esta situación fue informada mediante la carta conductora GMPL 011/2022 el mismo día. Esta situación y de acuerdo a lo estipulado en la RCA 226/2006, se requiere de la elaboración de un informe de investigación a los 30 días de la activación, con el objetivo de determinar las causas que hayan llevado a la superación de este umbral. Este informe fue elaborado por Flow Consulting y fue entregado el día 21 de febrero mediante la carta conductora GMAL 036/2022. Adicionalmente, a los 6 meses de la activación se requiere la entrega de otro informe que dé cuenta sobre la efectividad de la

medida implementada; este trabajo también fue elaborado por Flow consulting y fue entregado dentro del plazo, concretamente el día 19 de julio (2022) a través de la carta GMAL 132/2022.

Respecto de los análisis efectuados sobre las causas de activación y el efecto de la medida implementada, es necesario destacar que, tal y como en dichos informes se detalla y justifica, el pozo L1-4 está definido en la RCA como un indicador que debe dar cuenta de la actividad de agua en el acuífero aluvial. Pero por contra, este punto se encuentra en un sector del sistema Soncor desconectado hidráulicamente del acuífero de agua, por encontrarse al otro lado de la interfaz salina. Por lo que se entiende que este indicador no es representativo del propósito por el que fue diseñado. De ahí que automáticamente se entiende que la superación del umbral, tanto de Fase I como de Fase II no supone *per se* un mecanismo de alerta temprana para el seguimiento del estado del objeto de protección.

Respecto al L7-4, según las mediciones mensuales disponibles para este punto, junto con las mediciones continuas, no se ha superado ningunos de los dos umbrales del PC para este primer semestre de 2022.

Tabla 5-91: 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
Ene 2022	2.299,124	2.299,137
Feb 2022	2.299,111	2.299,125
Mar 2022	2.299,106	2.299,142
Abr 2022	2.299,122	2.299,142
May 2022	2.299,099	2.299,121
Jun 2022	2.299,081	2.299,098

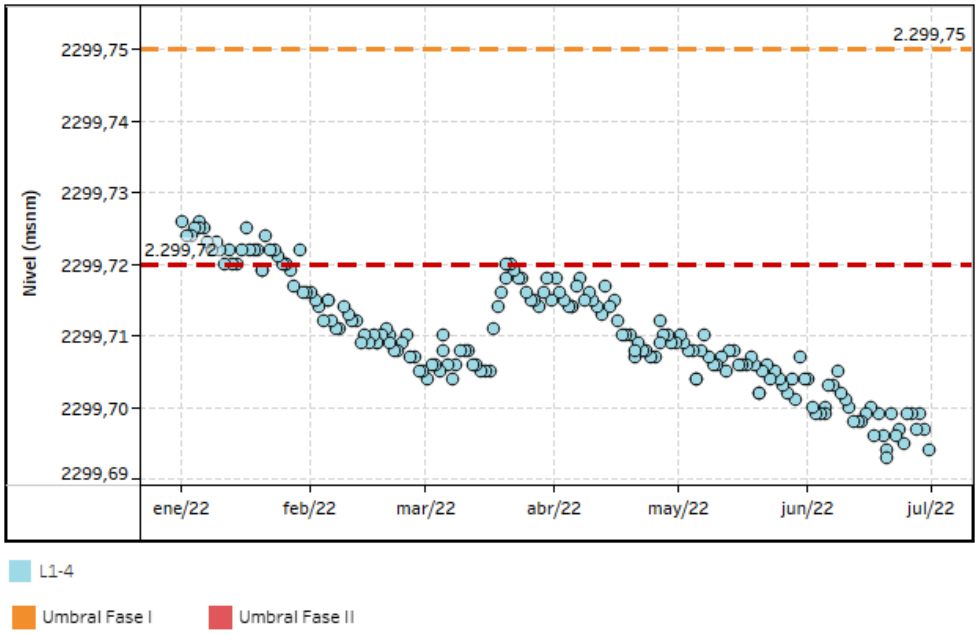
L7-4		
Umbral Fase I	2.302,20	
Umbral Fase II	2.302,18	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Ene 2022	2.302,250	2.302,251
Feb 2022	2.302,241	2.302,242
Mar 2022	2.302,231	2.302,231
Abr 2022	2.302,234	2.302,236
May 2022	2.302,243	2.302,243
Jun 2022	2.302,254	2.302,254

L1-G4 REGLILLA		
Umbral Fase I	2.299,46	
Umbral Fase II	2.299,30	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Ene 2022	2.299,134	2.299,147
Feb 2022	2.299,123	2.299,135
Mar 2022	2.299,118	2.299,136
Abr 2022	2.299,134	2.299,142
May 2022	2.299,117	2.299,133
Jun 2022	2.299,106	2.299,116

L1-4		
Umbral Fase I	2.299,75	
Umbral Fase II	2.299,72	
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Ene 2022	2.299,716	2.299,726
Feb 2022	2.299,705	2.299,716
Mar 2022	2.299,704	2.299,720
Abr 2022	2.299,707	2.299,718
May 2022	2.299,701	2.299,710
Jun 2022	2.299,693	2.299,705

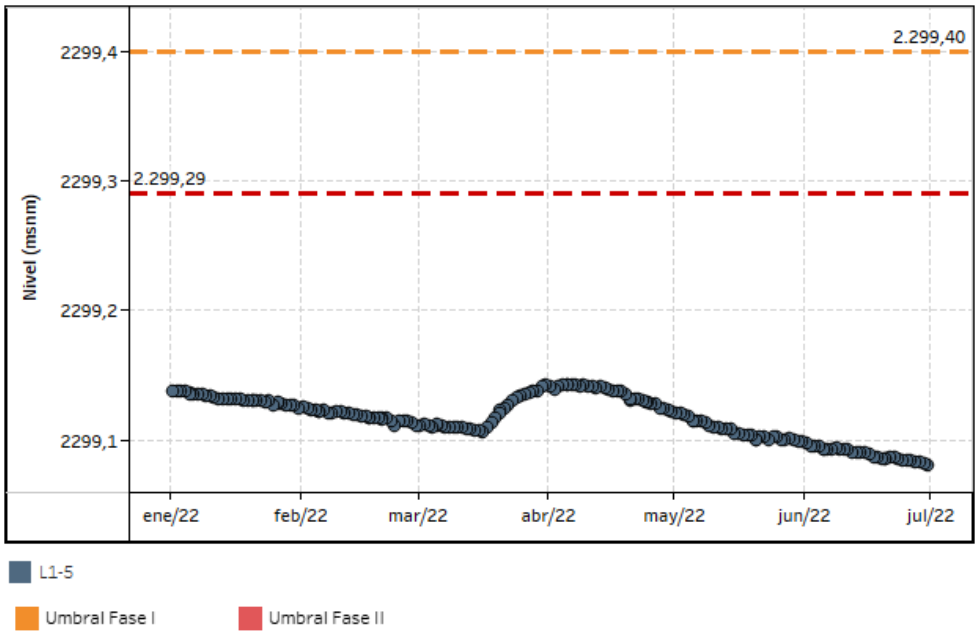
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. Sistema referencia WGS-84. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC. El sombreado naranjo indica valores inferiores a la Fase II del PC.

Figura 5-58: Niveles observados (m s.n.m.) L1-4 del PC del Sistema Soncor



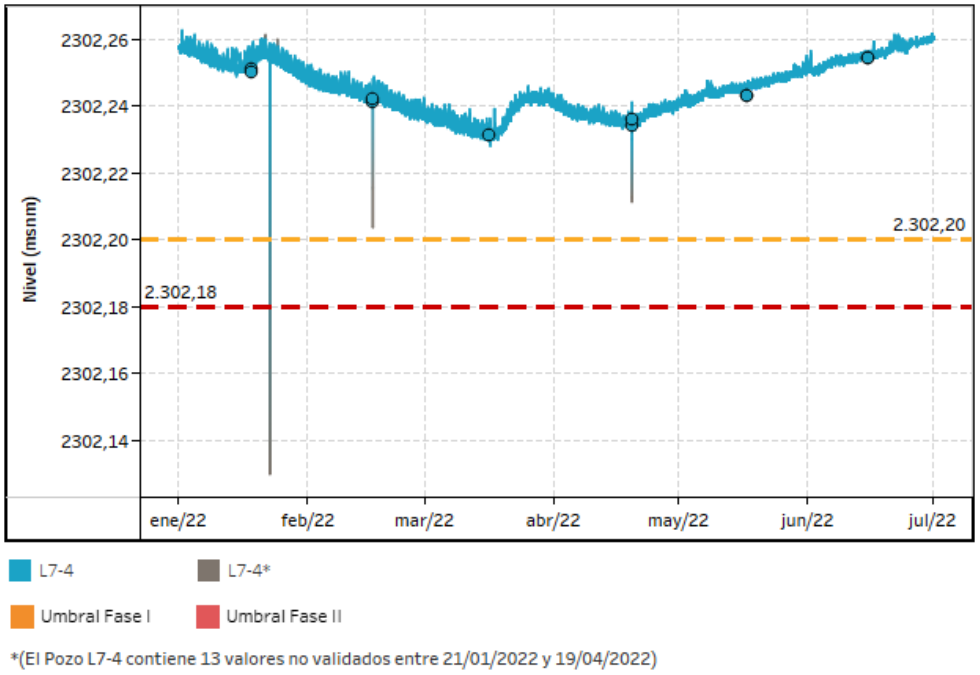
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-59: Niveles observados (m s.n.m.) L1-5 del PC del Sistema Soncor



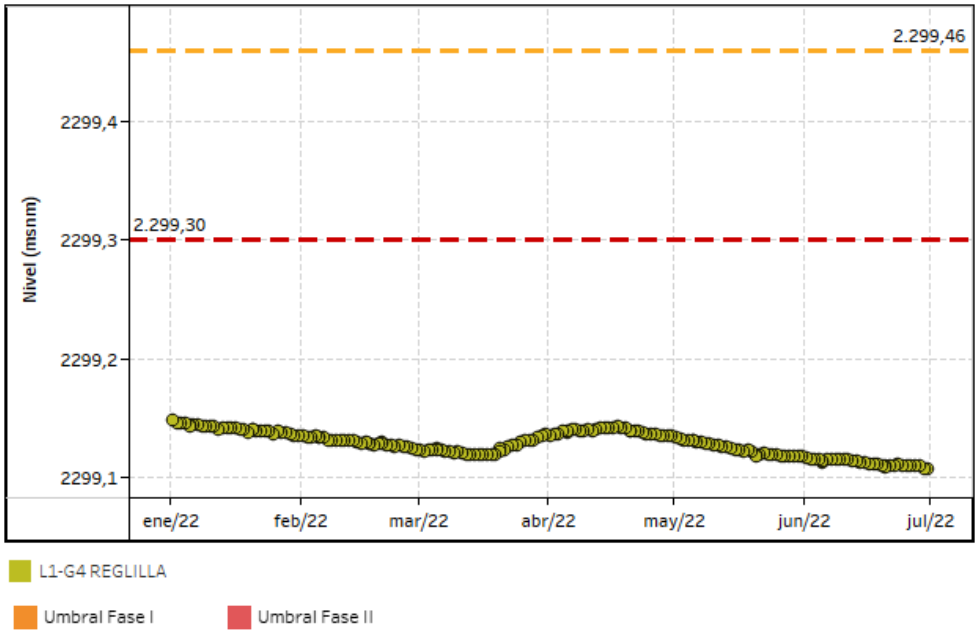
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-60: Niveles observados (m s.n.m.) L7-4 del PC del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-61: Niveles observados (m s.n.m.) L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor



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. No obstante, 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 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 numéricamente en la Tabla 5-92 y de forma gráfica en la Figura 5-72. 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).

Durante el primer semestre 2021, los indicadores L3-5, L3-9, L4-8 y L5-8 se han mantenido por sobre los umbrales de Fase, sin producir por tanto activación en ningún caso.

Respecto del L4-12, que da cuenta de la actividad proveniente de la salmuera, sobrepasó el umbral de Fase I en el día de 7 de enero (2022), lo que fue informado el mismo día mediante la carta conductora GMPL 004/2022. En este caso, y como en todas las activaciones de Fase I, no ha sido necesario efectuar medidas adicionales (el aumento de la frecuencia de medición recogido en la RCA 226/2006), ya que todos los indicadores ya son medidos de forma diaria de acuerdo con la Acción 6 del PdC. Es también durante el primer semestre 2022 que se observa la recuperación del nivel, producto de la oscilación estacional

esperada, lo que comporta la desactivación de la misma fase el día 17 de marzo (2022) y que se informa a la autoridad mediante la carta conductora GMAL 050/2022.

Por otro lado, el indicador L5-10, que también da cuenta de la actividad proveniente de la salmuera, partió con la Fase II activada al inicio de este periodo reportado; fue durante el mes de diciembre 2021 que se dio esta situación, lo que se reportó en el anterior informe PSAH N.º 30. El informe de investigación asociado a esta activación fue entregado a la autoridad, según el plazo establecido, el día 28 de enero (2022) mediante la carta conductora GMAL 015/2022. Para este indicador, la RCA 226/2006 estipula la elaboración también de un informe de efectividad de la medida en el plazo de seis meses, el cual también fue entregado durante este primer semestre 2022, concretamente el día 29 de junio (2022) a través de la carta conductora GMAL 120/2022. Las causas de activación y el análisis del efecto de la medida serán analizado con más detalle en capítulo de discusión 6.2.

No obstante, ha sido durante el presente semestre reportado que se produce un ascenso temporal de los niveles, que lleva a la desactivación (también temporal) de la Fase II en el mes de junio (2022); el día 7 de junio se informa de este hecho en la carta conductora GMAL 097/2022. Es por este motivo que en la Tabla 5-92 se refleja el mes de junio 2022 con un valor máximo por debajo del umbral de Fase II, cuando en realidad termina el primer semestre 2022 con solo la Fase I activada. Esta situación puede verse de forma gráfica en la Figura 5-62.

No obstante lo anterior, ya durante el segundo semestre de 2022, periodo que queda fuera del análisis de este reporte, el pozo recupera la tendencia de descenso sobrepasando de nuevo el umbral de Fase II el día 26 de septiembre (2022) y produciéndose de nuevo la activación de esta fase. Este hecho fue informado en la carta conductora GMAL 175/2022. En consecuencia, se ha elaborado el consecuente informe de investigación, entregado dentro de plazo el día 26 de octubre de 2022 mediante la carta conductora GMAL 208/2022). El informe referente a la efectividad de la medida asociado a esta activación deberá ser entregado el próximo mes de marzo 2023. Estos hechos, junto con las conclusiones extraídas de los informes elaborados serán debidamente detallados en el próximo informe PSAH N.º 32, el que corresponde al segundo semestre 2022.

Tabla 5-92: 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
Ene 2022	-0,242	-0,212
Feb 2022	-0,210	-0,194
Mar 2022	-0,194	-0,186
Abr 2022	-0,223	-0,190
May 2022	-0,261	-0,225
Jun 2022	-0,289	-0,261

L3-9		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	-0,005	-0,004
Feb 2022	S/I	0,001
Mar 2022	0,008	0,009
Abr 2022	S/I	S/I
May 2022	0,025	0,025
Jun 2022	0,026	0,026

L4-8		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,008	0,008
Feb 2022	0,008	0,008
Mar 2022	0,009	0,009
Abr 2022	0,004	0,004
May 2022	0,001	0,001
Jun 2022	-0,016	-0,016

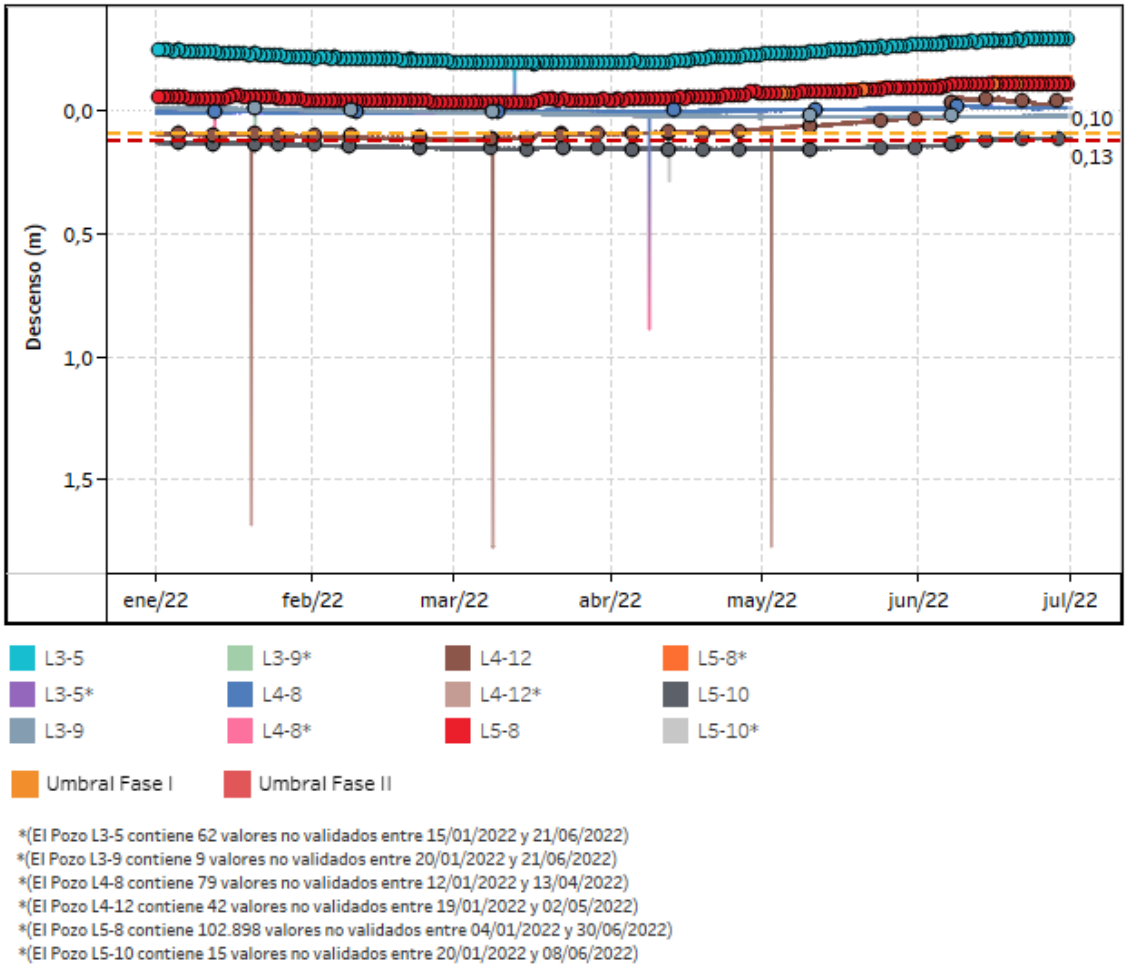
L4-12		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,099	0,103
Feb 2022	0,106	0,114
Mar 2022	0,099	0,118
Abr 2022	0,088	0,100
May 2022	0,041	0,067
Jun 2022	-0,041	-0,025

L5-8		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	-0,055	-0,038
Feb 2022	-0,039	-0,028
Mar 2022	-0,043	-0,027
Abr 2022	-0,071	-0,039
May 2022	-0,087	-0,062
Jun 2022	-0,105	-0,087

L5-10		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,136	0,142
Feb 2022	0,144	0,153
Mar 2022	0,156	0,162
Abr 2022	0,160	0,163
May 2022	0,153	0,160
Jun 2022	0,120	0,139

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

Figura 5-62: 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 N.º 226/2006.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-93) y gráfica (Figura 5-63). 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).

Para el este semestre reportado, todos los puntos han podido ser medidos con la frecuencia estipulada, además de contar con las mediciones continuas en los casos correspondientes. En este grupo se encuentra el indicador L2-27, del que deben adscribirse las activaciones registradas durante este semestre reportado; el día 29 de enero (2022) el nivel sobrepasó el umbral de Fase I, lo que fue reportado el mismo día mediante la carta conductora GMAL 016/2022. A los pocos días, el nivel mantuvo la tendencia de descenso hasta que el día 7 de febrero activó también la Fase II del PC, informado mediante la carta GMAL 022/2022.

Tal y como sucede para todas las activaciones de Fase II, la RCA 226/2006 estipula la elaboración de un informe de investigación a los 30 días de la activación para determinar las causas de dicha activación. Este trabajo fue entregado el 8 de marzo de 2022, dentro del plazo previsto, mediante la carta conductora GMAL 038/2022. El análisis de la tendencia del nivel y las causas de activación extraídas serán descritas con más detalle en el capítulo de discusión 6.2.

A consecuencia del comportamiento oscilatorio estacional del nivel, es durante el mismo primer trimestre de 2022 que se registra la desactivación de las fases; primero, el día 4 de junio (2022) desactiva la Fase II (informado mediante la carta 096/2022) y más tarde el día 12 de junio (2022) la Fase I (informado mediante la carta conductora GMAL 101/2022).

El resto de los indicadores de este grupo han registrado todos los niveles por sobre los umbrales de fase, por lo que no se ha registrado ninguna otra activación durante el presente semestre reportado.

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 5-93: 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
Ene 2022	0,219	0,259
Feb 2022	0,261	0,294
Mar 2022	0,263	0,300
Abr 2022	0,258	0,291
May 2022	0,208	0,258
Jun 2022	0,162	0,207

L2-4		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,070	0,095
Feb 2022	0,094	0,109
Mar 2022	0,055	0,110
Abr 2022	0,063	0,085
May 2022	0,036	0,063
Jun 2022	0,017	0,037

L3-5		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	-0,242	-0,212
Feb 2022	-0,210	-0,194
Mar 2022	-0,194	-0,186
Abr 2022	-0,223	-0,190
May 2022	-0,261	-0,225
Jun 2022	-0,289	-0,261

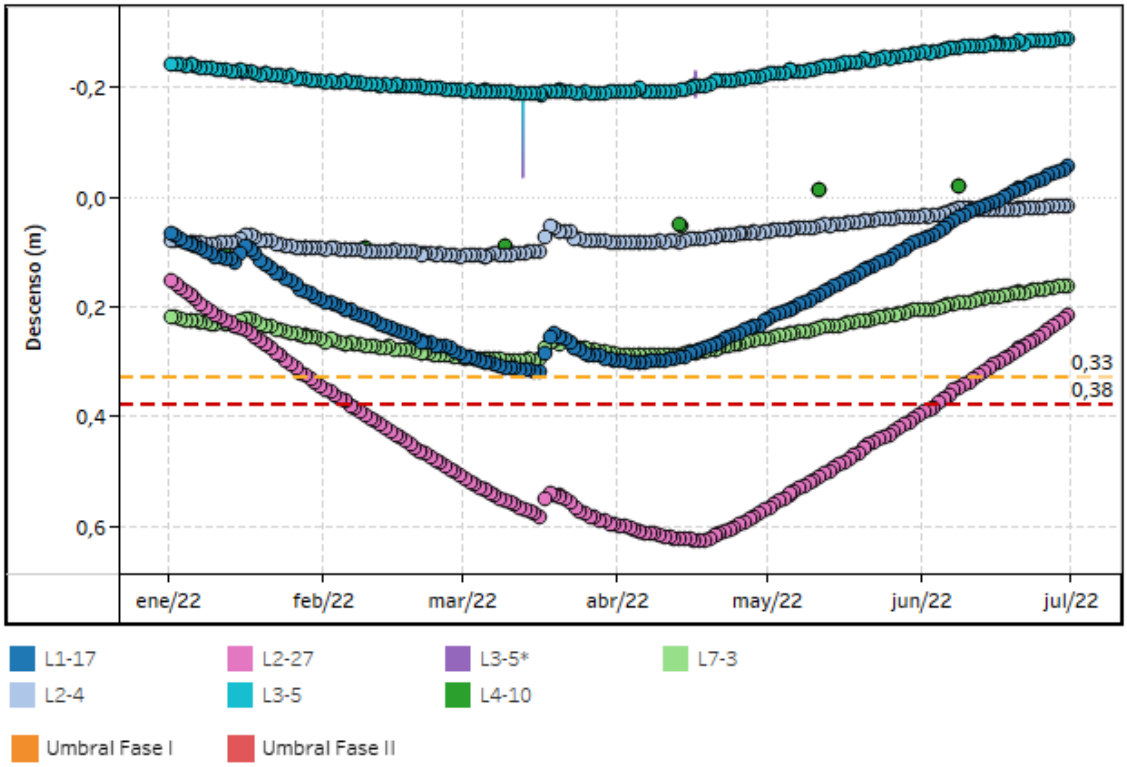
L4-10		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,107	0,108
Feb 2022	0,093	0,093
Mar 2022	0,090	0,091
Abr 2022	0,051	0,054
May 2022	-0,014	-0,014
Jun 2022	-0,019	-0,018

L1-17		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,067	0,186
Feb 2022	0,192	0,287
Mar 2022	0,249	0,318
Abr 2022	0,226	0,304
May 2022	0,081	0,223
Jun 2022	-0,054	0,077

L2-27		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,153	0,345
Feb 2022	0,352	0,508
Mar 2022	0,514	0,599
Abr 2022	0,573	0,629
May 2022	0,399	0,568
Jun 2022	0,218	0,392

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

Figura 5-63: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa



*(El Pozo L3-5 contiene 62 valores no validados entre 15/01/2022 y 21/06/2022)

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 5-94) y gráfica (Figura 5-64). 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.

En el caso del indicador L2-28 se mantiene que con la Fase I activada desde el pasado noviembre de 2020 y para el cierre del presente semestre reportado se mantiene en la misma situación.

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 5-94: 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
Ene 2022	0,675	0,700
Feb 2022	0,664	0,692
Mar 2022	0,671	0,694
Abr 2022	0,666	0,678
May 2022	0,663	0,679
Jun 2022	0,660	0,673

L2-7		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,574	0,585
Feb 2022	0,582	0,593
Mar 2022	0,590	0,595
Abr 2022	0,587	0,592
May 2022	0,582	0,588
Jun 2022	0,574	0,582

L3-3		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,427	0,464
Feb 2022	0,462	0,481
Mar 2022	0,452	0,484
Abr 2022	0,383	0,450
May 2022	0,334	0,381
Jun 2022	0,313	0,334

L1-3		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,621	0,630
Feb 2022	0,627	0,633
Mar 2022	0,629	0,635
Abr 2022	0,623	0,631
May 2022	0,615	0,623
Jun 2022	0,605	0,616

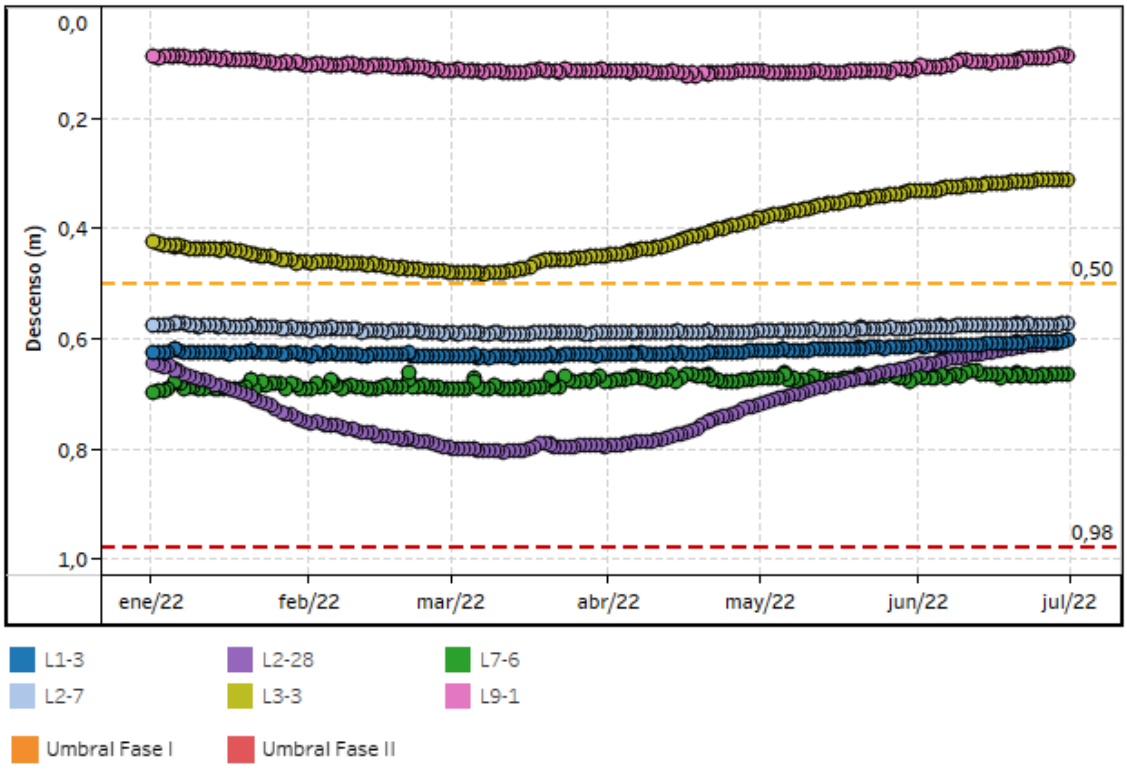
L2-28		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,645	0,752
Feb 2022	0,753	0,799
Mar 2022	0,792	0,807
Abr 2022	0,721	0,795
May 2022	0,650	0,718
Jun 2022	0,604	0,649

L4-7		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,041	0,047
Feb 2022	0,043	0,048
Mar 2022	0,040	0,047
Abr 2022	0,037	0,044
May 2022	0,031	0,038
Jun 2022	0,023	0,032

L9-1		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,089	0,104
Feb 2022	0,101	0,115
Mar 2022	0,112	0,120
Abr 2022	0,115	0,124
May 2022	0,112	0,120
Jun 2022	0,085	0,110

Fuente: Elaboración propia. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC.

Figura 5-64: 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 5-95) y gráfica (Figura 5-65, Figura 5-66, Figura 5-67 y Figura 5-68), 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 diarias para este semestre, ya que se encuentra dentro de RNF. De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, ninguno de los indicadores con mediciones disponibles superó el umbral correspondiente. En la sección 6.2 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-95: 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
Ene 2022	-2,545	-2,485
Feb 2022	-2,525	-2,499
Mar 2022	-2,543	-2,517
Abr 2022	-2,550	-2,461
May 2022	-2,512	-2,488
Jun 2022	-2,529	-2,500

L2-25		
Umbral Fase II	0,88	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	-0,048	-0,042
Feb 2022	-0,044	-0,039
Mar 2022	-0,046	-0,038
Abr 2022	-0,044	-0,039
May 2022	-0,050	-0,043
Jun 2022	-0,057	-0,049

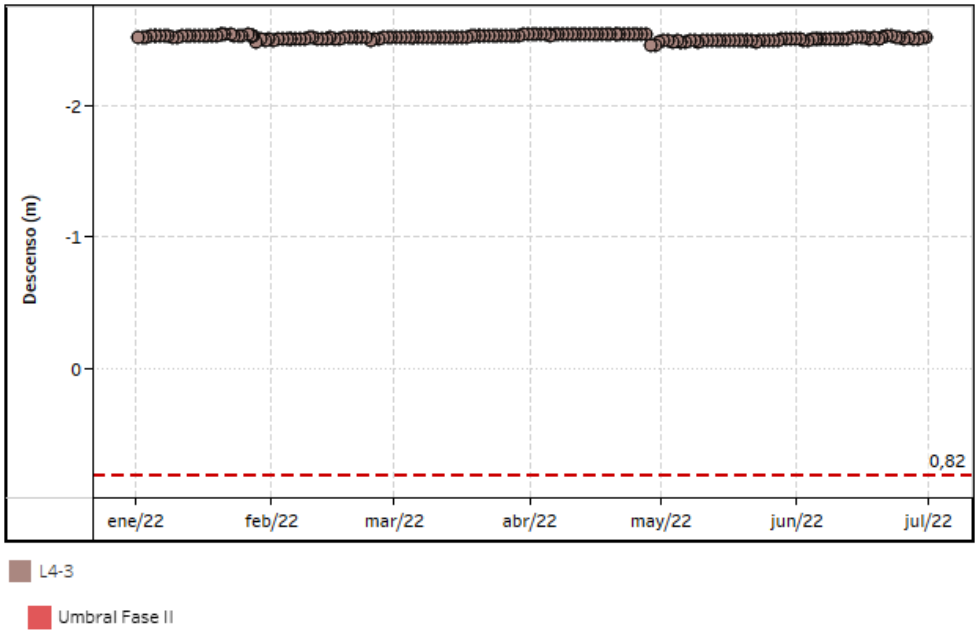
L7-13		
Umbral Fase II	1,25	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,542	0,552
Feb 2022	0,544	0,557
Mar 2022	0,553	0,562
Abr 2022	0,553	0,558
May 2022	0,549	0,557
Jun 2022	0,540	0,550

L3-11		
Umbral Fase II	0,86	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,014	0,014
Feb 2022	0,016	0,016
Mar 2022	0,023	0,023
Abr 2022	S/I	S/I
May 2022	0,040	0,041
Jun 2022	0,046	0,046

L9-1		
Umbral Fase II	0,86	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,089	0,104
Feb 2022	0,101	0,115
Mar 2022	0,112	0,120
Abr 2022	0,115	0,124
May 2022	0,112	0,120
Jun 2022	0,085	0,110

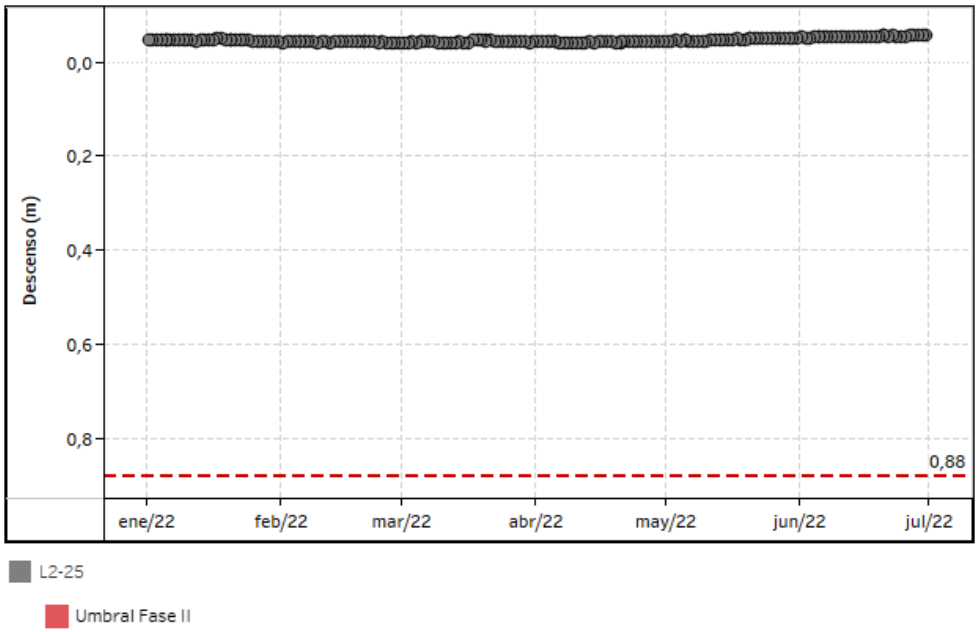
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información.

Figura 5-65: Descensos observados (m) en L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana



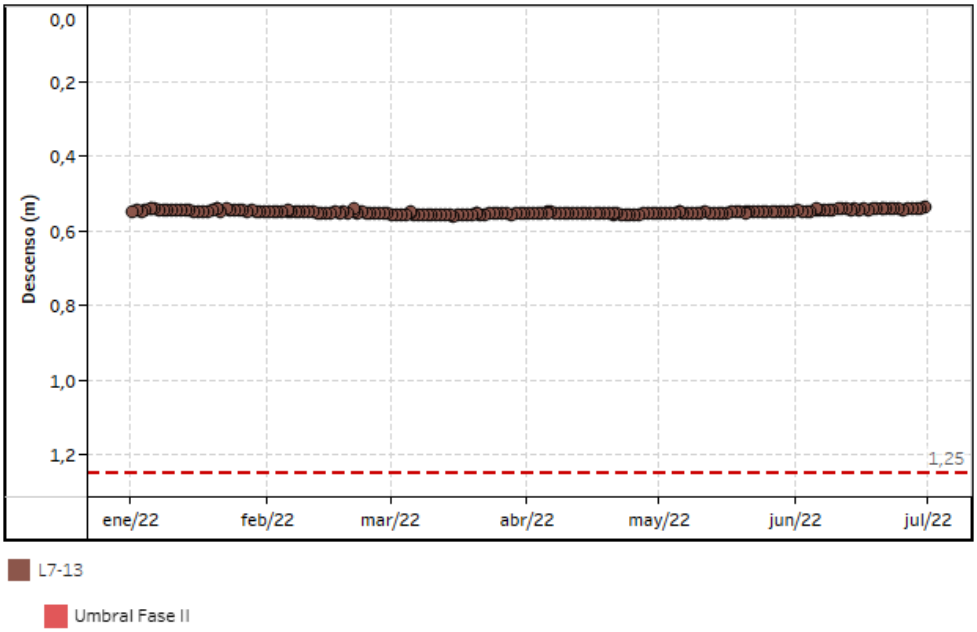
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-66: Descensos observados (m) en L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana



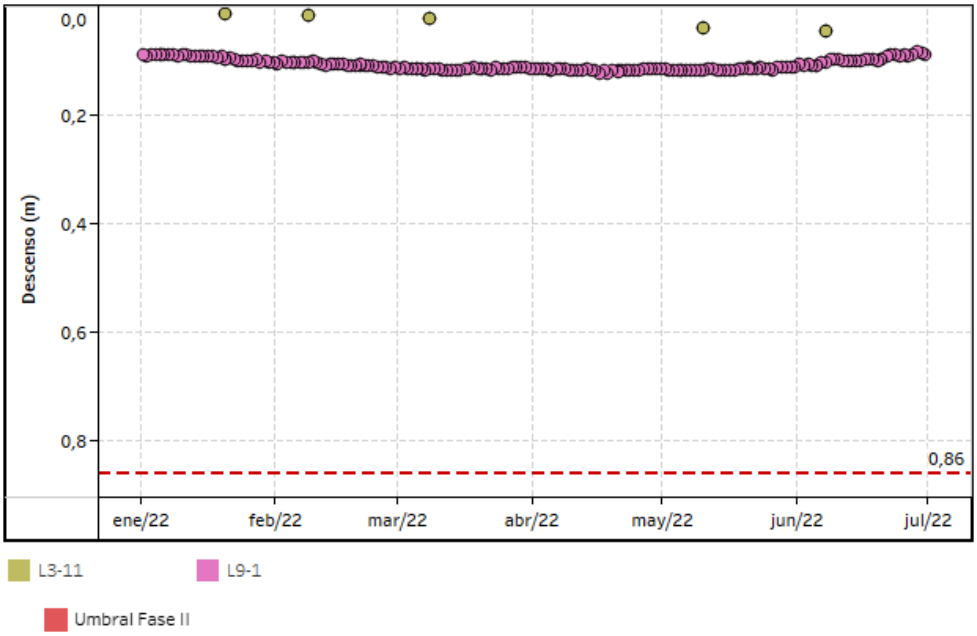
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-67: Descensos observados (m) en L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-68: Descensos observados (m) en L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana



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, durante la elaboración del informe la SMA aprobó el programa de cumplimiento mediante Res. 38/Rol F-041-2016 con fecha 29 de agosto 2022. 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, los que se adjuntan en el Anexo 13 del presente informe.

Para los piezómetros pertenecientes a SQM, el PC 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, los resultados del monitoreo de nivel en los indicadores de estado para el presente semestre a reportar se presentan de forma numérica (Tabla 5-96) y gráfica (Figura 5-70, Figura 5-71 y Figura 5-72). 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.

Durante el primer semestre de 2022 se han producido varias activaciones de Fase I que se describen a continuación. Cabe decir de forma genérica que la activación de las fases, según la en la Acción 41 del PdC asociada a la activación de umbrales, se encuentra la aplicación la Herramienta de Verificación de Efecto Sinérgico (HVES) a los 6 meses de la activación. Esta última involucra el uso de un modelo numérico para evaluar causas de la activación de umbrales en los diferentes indicadores y establecer los porcentajes de

contribución de cada proyecto de extracción. Adicionalmente, en caso de activación se establece también la aplicación de las siguientes medidas: aumento de la frecuencia de monitoreo de niveles de los pozos del sistema (mensual a quincenal), aumento de la frecuencia de muestreo de calidad de acuífero y lagunas (trimestral a mensual) y aumento de la frecuencia de medición de la posición de cuña (trimestral a mensual).

El primer indicador que registró un nivel por debajo del umbral de Fase I en el sistema Peine fue el L10-11, que ocurrió el día 30 de septiembre (2021) y que fue descrito en el informe PSAH N.º 30. De esta forma se produjo automáticamente la activación de Fase I del sistema Peine, se según el Anexo 4.04 del PdC, sección 3ª, se produce "Cuando el nivel registrado esté por bajo el umbral de Fase I, en cualquier punto de activación". Adicionalmente, tal y como se ha descrito, se requiere entonces la elaboración del informe HVES asociado a esta activación, el que fue entregado, dentro del plazo establecido, el día 31 de marzo (2022) a través de la carta conductora GMAL 055/2022.

No obstante, durante este semestre reportado se produce un evento de precipitación que genera un ascenso en los niveles (se verá con más detalle en el apartado 6.2) y que supuso el registro de niveles por sobre el umbral de Fase I a partir del día 20 de marzo (2022). Este hecho fue informado el día 22 de marzo mediante la carta conductora GMAL 051/2022. Posterior a este evento, el pozo retomó la tendencia de descenso sobrepasando de nuevo el umbral de la Fase I el día 10 de abril (2022), lo que se comunicó en la carta conductora GMAL 059/2022 el día 12 de abril.

Este registro por encima del umbral de Fase I de abril de 2022 ocurre mientras se mantiene activada la contingencia abierta (desde el pasado septiembre de 2021) en el sistema Peine, ya que según se dispone en el Anexo 4.04 del PdC, la condición de desactivación requiere que el nivel registrado "esté por sobre umbral de Fase I, en todos los puntos de activación" adoptando el criterio más conservador. Sin embargo, en cumplimiento de las medidas de control comprometidas en el PdC, ante el registro de umbrales de la Fase I, corresponde de nuevo la aplicación de la herramienta de verificación del efecto sinérgico. Este segundo informe fue entregado el 11 de octubre (2022) mediante la carta conductora GMAL 187/2022.

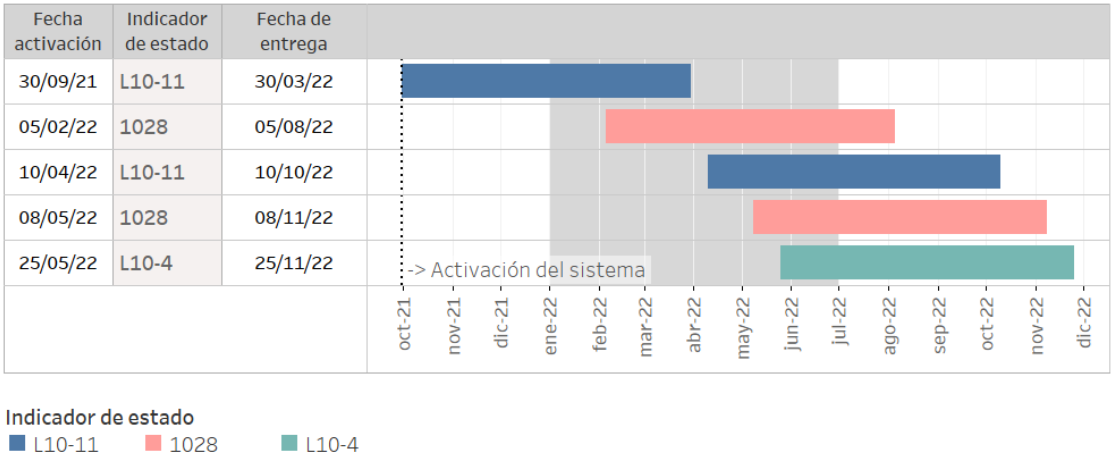
Esta situación descrita para el L10-11 es análoga a la del indicador 1028, tal y como se detalla a continuación; el indicador 1028 activó la Fase I el día 5 de febrero (2022) (dentro del presente semestre

reportado), lo que se informó en la carta conductora GMAL 021/2022. Esta activación generó la elaboración del informe con la aplicación de la HVES y que fue entregado el día 5 de agosto. De la misma forma que le ocurría al L10-11, el evento de precipitación produjo un ascenso en el nivel que supuso el registro de niveles por sobre el umbral de Fase I a partir del día 17 de marzo (2022), lo que fue reportado en la misma carta GMAL 051/2022 del día 22 de marzo (2022). De la misma forma, posterior al evento de lluvia, el pozo retomó la tendencia de descenso lo que implicó volver a sobrepasar el umbral de Fase I el día 8 de mayo (2022); este hecho fue informado en la carta GMAL 068/2022. De la misma forma que se ha descrito para el L10-11, se tiene establecido la elaboración de un segundo informe HVES, el que ha sido entregado el día 21 de noviembre (2022).

Por su parte, el indicador L10-4 terminó sobrepasando el umbral de Fase I el día 16 de mayo de 2022 (carta conductora GMAL 082/2022) por primera vez en el registro de este indicador. Esta situación se mantiene durante todo el transcurso del semestre reportado. El informe HVES asociado a esta activación se entregó el día 21 de noviembre de 2022 a través de la carta GMAL 213/2022.

Dado el alto número de activaciones en este sistema, en la Figura 5-69 se presenta un cronograma de las fechas de activación y las entregas de los informes HVES asociados. Las conclusiones y los porcentajes de contribución resultantes de cada proyecto de extracción en cada caso, serán descritos con detalle en el apartado 6.2 de este trabajo.

Figura 5-69: Cronograma de informes conforme la aplicación de la HVES



Fuente: Elaboración propia. En sombreado gris se señala el actual semestre reportado a modo de referencia temporal.

Tabla 5-96: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine

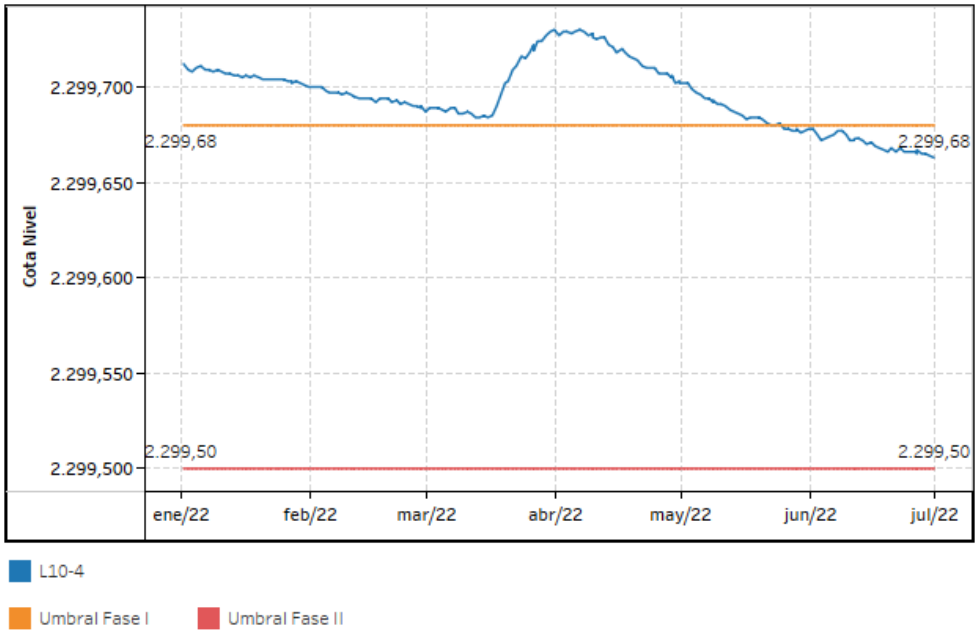
L10-4		
Umbral Fase I	27-9-21 al 26-9-22	2.299,68
Umbral Fase II	27-9-21 al 26-9-22	2.299,50
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Ene 2022	2.299,700	2.299,712
Feb 2022	2.299,687	2.299,700
Mar 2022	2.299,684	2.299,730
Abr 2022	2.299,702	2.299,730
May 2022	2.299,676	2.299,702
Jun 2022	2.299,663	2.299,678

1028		
Umbral Fase I	27-9-21 al 26-9-22	2.299,35
Umbral Fase II	27-9-21 al 26-9-22	2.299,17
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Ene 2022	2.299,350	2.299,363
Feb 2022	2.299,339	2.299,352
Mar 2022	2.299,335	2.299,402
Abr 2022	2.299,356	2.299,399
May 2022	2.299,331	2.299,358
Jun 2022	2.299,315	2.299,332

L10-11		
Umbral Fase I	27-9-21 al 26-9-22	2.299,30
Umbral Fase II	27-9-21 al 26-9-22	2.299,09
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Ene 2022	2.299,262	2.299,274
Feb 2022	2.299,250	2.299,263
Mar 2022	2.299,246	2.299,315
Abr 2022	2.299,266	2.299,312
May 2022	2.299,237	2.299,265
Jun 2022	2.299,217	2.299,237

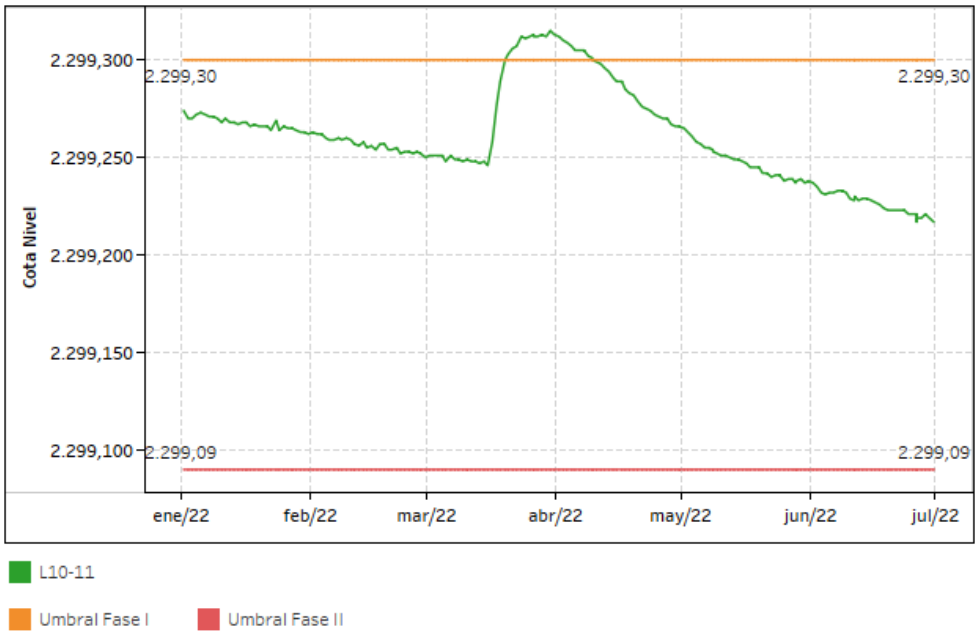
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-70: Niveles observados (m s.n.m.) en L10-4 del PAT Sistema Peine



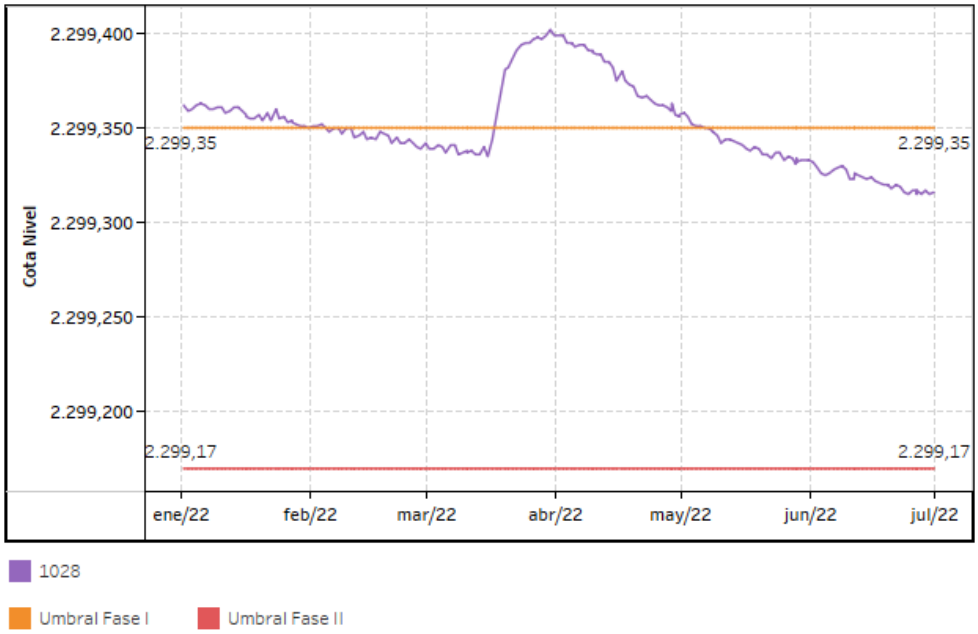
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-71: Niveles observados (m s.n.m.) en L10-11 del PAT Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-72: Niveles observados (m s.n.m.) en 1028 del PAT Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.7 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIAS

Dentro del Plan de Contingencias (PC) 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 5-97[43].

[43] 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 5-97: 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 5-98) y gráfica (Figura 5-73, Figura 5-74 y Figura 5-75), 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. En la sección 6.2. Análisis del Plan de Contingencias del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-98: 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
Ene 2022	-0,048	-0,042
Feb 2022	-0,044	-0,039
Mar 2022	-0,046	-0,038
Abr 2022	-0,044	-0,039
May 2022	-0,050	-0,043
Jun 2022	-0,057	-0,049

L4-17		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,043	0,061
Feb 2022	0,059	0,075
Mar 2022	0,073	0,078
Abr 2022	0,066	0,075
May 2022	0,045	0,065
Jun 2022	0,027	0,045

L7-14		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,098	0,125
Feb 2022	0,126	0,149
Mar 2022	0,151	0,165
Abr 2022	0,152	0,167
May 2022	0,130	0,152
Jun 2022	0,108	0,131

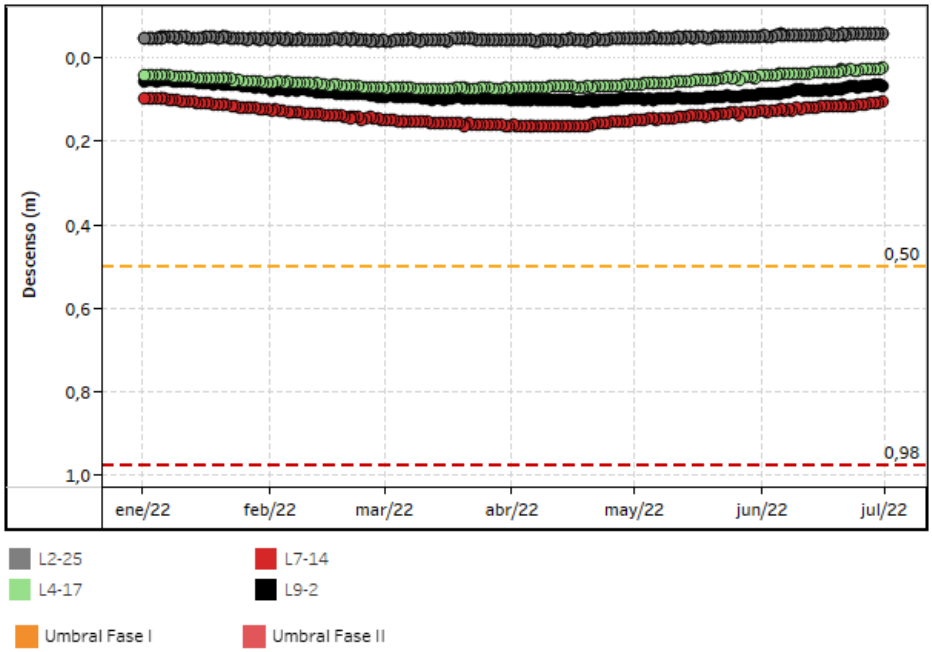
L9-2		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,054	0,075
Feb 2022	0,075	0,095
Mar 2022	0,093	0,103
Abr 2022	0,099	0,105
May 2022	0,090	0,102
Jun 2022	0,066	0,090

L2-26		
Umbral Fase II	0,78	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,540	0,558
Feb 2022	0,555	0,569
Mar 2022	0,566	0,573
Abr 2022	0,563	0,570
May 2022	0,557	0,566
Jun 2022	0,546	0,558

L3-15		
Umbral Fase II	0,85	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Ene 2022	0,710	0,734
Feb 2022	0,731	0,747
Mar 2022	0,742	0,750
Abr 2022	0,730	0,743
May 2022	0,709	0,728
Jun 2022	0,692	0,710

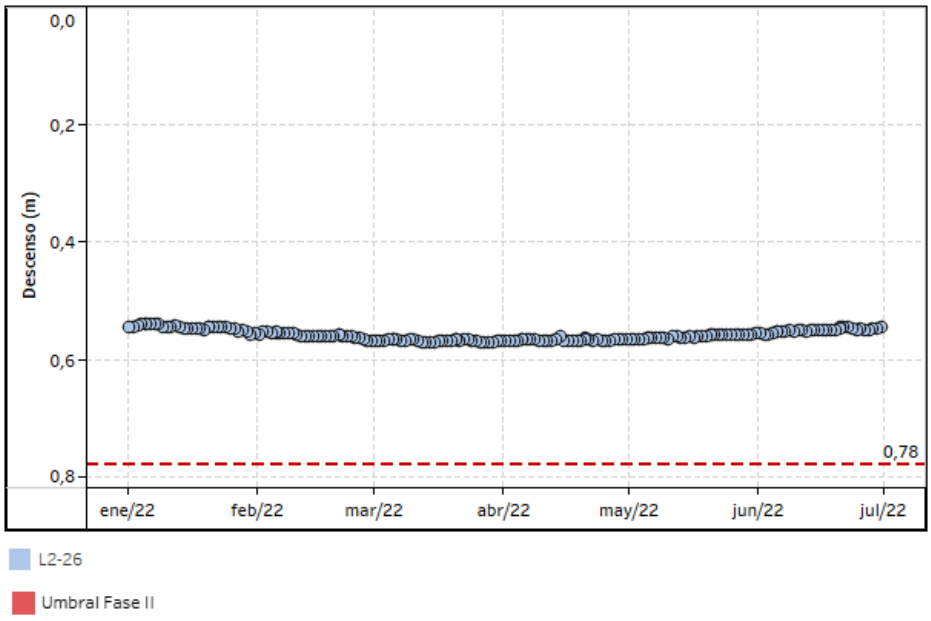
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-73: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex



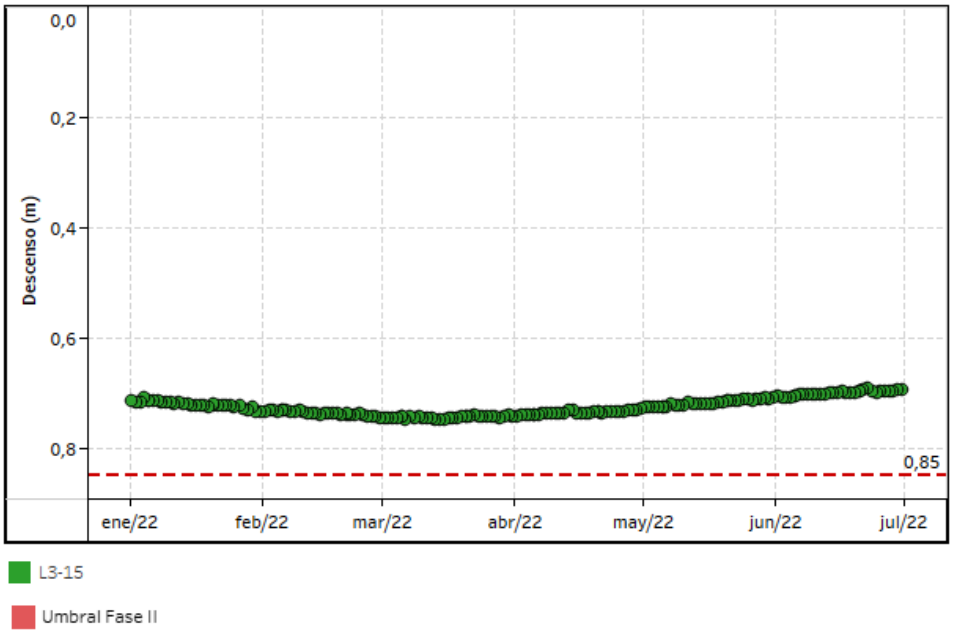
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-74: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-75: 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 efectuando. En un segundo apartado se profundiza el patrón de comportamiento de los indicadores asociados al Plan de Contingencia del Proyecto y de los puntos de control definidos para el Sistema Peine, en relación con el marco hidrogeológico descrito 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.

El objetivo principal es, primero, conocer las dinámicas hidrológicas e hidrogeológicas que se dan en los sistemas objeto de protección a nivel histórico a partir de la evaluación del comportamiento de los parámetros en el tiempo. A partir de esto, el segundo objetivo es el de poder analizar los nuevos datos medidos del presente semestre a reportar y valorar si se muestran desviaciones respecto a estas dinámicas.

Por este motivo, es necesario agrupar los puntos de control con una visión global del sistema hídrico; la división entre sistema Soncor, sistema Aguas de Quelana y sistema Vegetación Borde Este, supone una dificultad al lector a la hora de entender el mecanismo de funcionamiento hidrogeológico, mediante el cual los cuerpos lagunares y canales de Soncor y la zona de lagunas difusas de Quelana reciben sus aportes y ejercen una influencia en su entorno. Por lo anterior, se propone en esta sección abordar el análisis para el sistema Soncor, por un lado, y el sistema Aguas de Quelana, por otro, tomando como dominio para ambos la zona comprendida desde el acuífero aluvial y hasta el núcleo. No obstante, se mantiene la

distinción del sistema Vegetación Borde Este para los puntos del entorno del pozo de agua industrial CA-2015. En el caso del sistema Peine no es necesario reagrupar los puntos dado que la delimitación de este sector abarca las distintas zonas del sistema: aluvial, marginal, núcleo y lagunas.

Dado lo anteriormente explicado, se realizarán las siguientes agrupaciones:

- Sistema Soncor – Vegetación Borde Este
- Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este
- Sistema Vegetación Borde Este – Sector pozo CA-2015
- Sistema Peine
- Sector Tilopozo
- Núcleo del Salar de Atacama
- Cuña Salina

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 mueven los sistemas de protección. De esta manera, en el siguiente apartado (6.2. Análisis del Plan de Contingencias) 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 exponen 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 de 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 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 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 marca el periodo que se está reportando, que en este caso es el primer semestre de 2022. De esta forma se facilita visualmente el análisis del comportamiento medido en este periodo con respecto a las tendencias históricas.

6.1.1 SISTEMA SONCOR – VEGETACIÓN BORDE ESTE

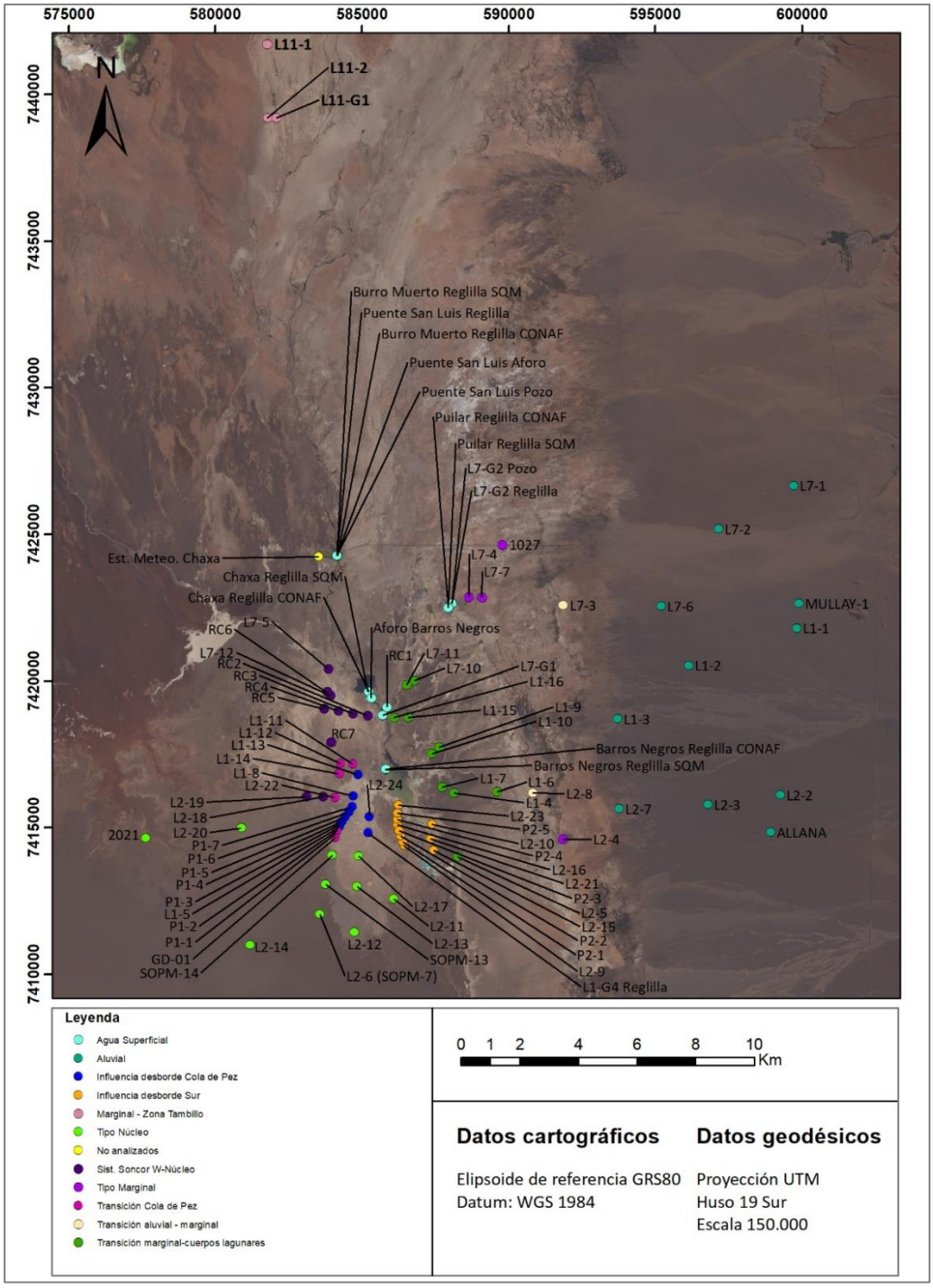
Para esta descripción se cuenta con una delimitación del sistema Soncor aproximada, en que se consideran los puntos desde el acuífero aluvial y hasta el núcleo y que incluye todo el sistema hidrológico de las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros (ver Figura 6-1). De esta forma los puntos que se describen 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 para efectos del capítulo 6, que desde este punto del reporte y en adelante se tratará a este sector correspondiente al sistema Soncor – vegetación Borde Este, dado que la delimitación del sistema vegetación Borde Este corresponde a condicionantes en la vegetación y no a términos hidrogeológicos. Por lo que se cree más conveniente tratarlo como un único sistema para el análisis.

Figura 6-1: Infraestructura 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 primer semestre 2022 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%[44].

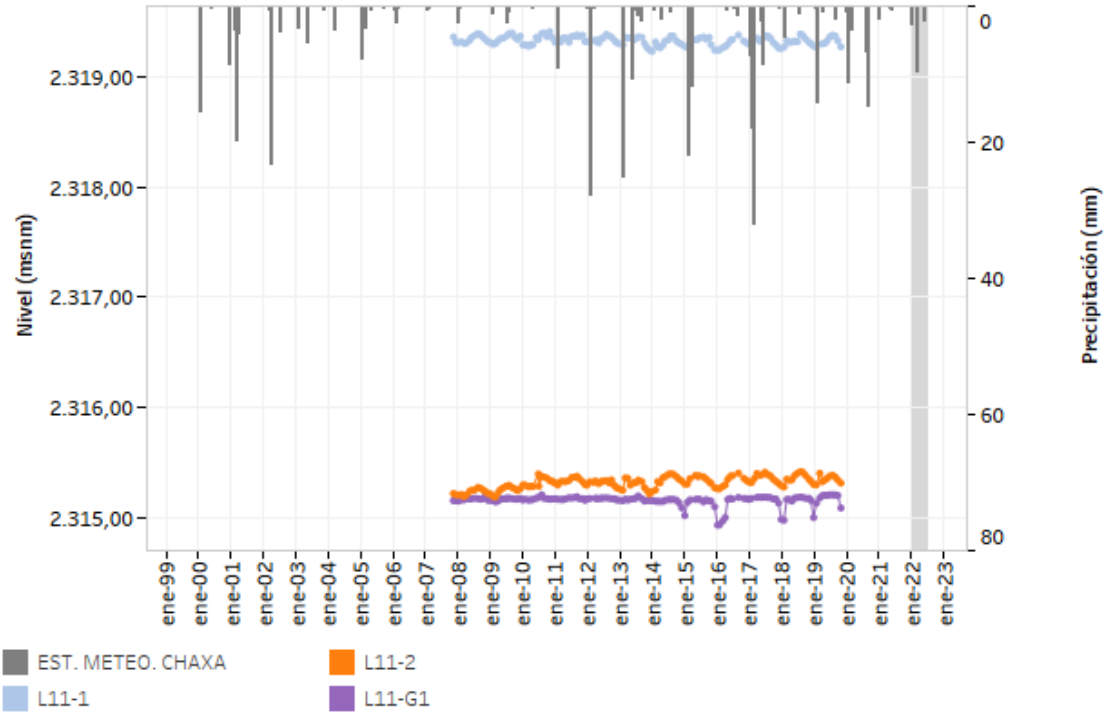
En la Figura 6-3, se observa con más detalle el comportamiento histórico del nivel en estos putos. Puede verse como todos muestran una oscilación irregular que, por lo tanto, no estaría ligada solo a las variaciones estacionales interanuales. Se destaca que, para el periodo en que se dispone de datos (hasta octubre 2019, por instalación de barrera que no permite el ingreso a la zona), el L11-G1 se ha mantenido estable y sin tendencia, 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, donde el

[44] 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.

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.

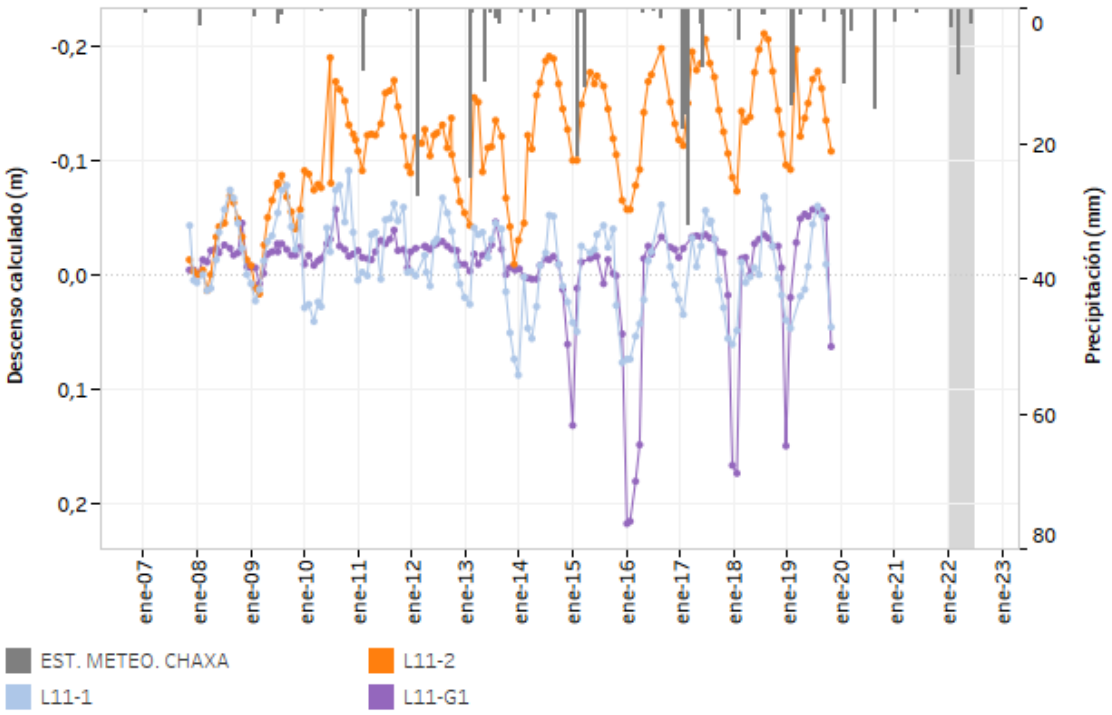
Como ya se ha mencionado, estos tres puntos no han podido ser visitados desde octubre 2019, por lo que no se puede actualizar el análisis de los niveles a partir de esta fecha.

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

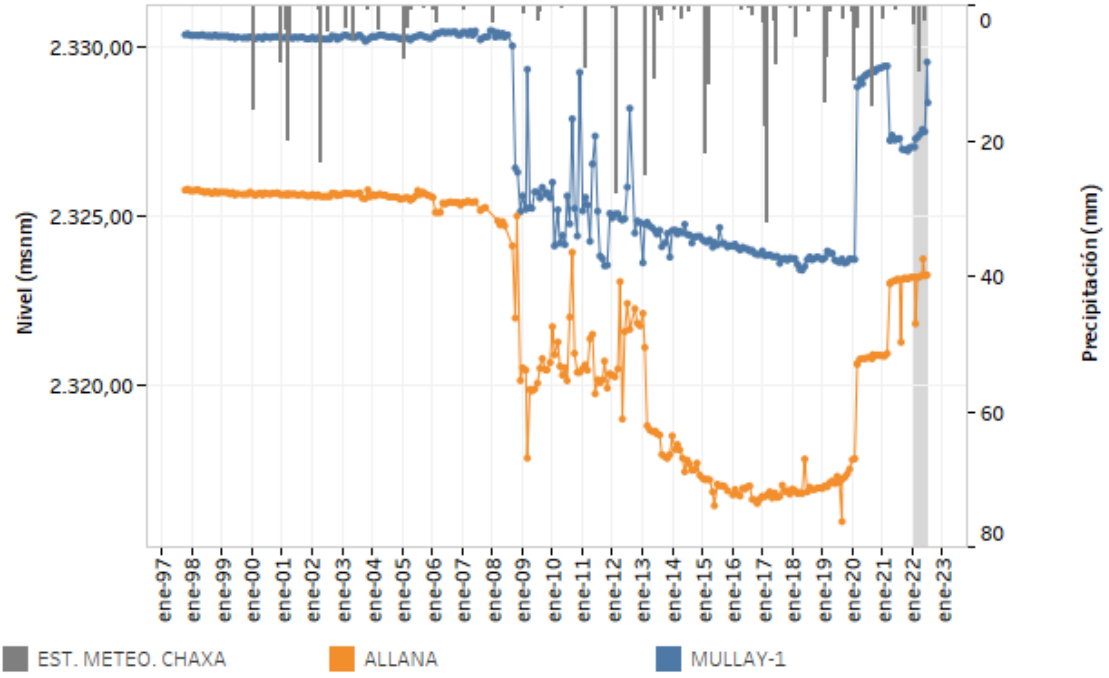
En el sistema Soncor, los pozos de agua industrial presentes son el Mullay-1 (ubicado más al norte del sistema) y el Allana. En la Figura 6-4 se muestran los niveles hasta el mes de junio 2021. Los niveles medidos en estos pozos están influenciados por el manejo operacional de los mismos, por lo que 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 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 a partir 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 esta reducción del caudal, 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; 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. Durante los meses siguientes, incluyendo los meses del presente semestre reportado, parece observarse una leve recuperación del nivel a una tasa de 15,5 cm/año.

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 leven 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 de 2 metros para ese mismo mes. Desde entonces, los niveles se han mantenido alrededor de la cota 2.327,5 m s.n.m, a excepción del mes de junio (2022), en donde se registra un nivel por sobre los 2 metros, alcanzando 2.329, 5 m s.n.m. Esto último no puede ser debido a un cambio en la operación del mismo pozo porque el régimen de extracción en este periodo se mantiene alrededor de los 18 L/s (la mitad del caudal autorizado), es posible, no obstante, que pueda ser debido a que la medición se realizó en una detención temporal del mismo.

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. 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 estima 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.

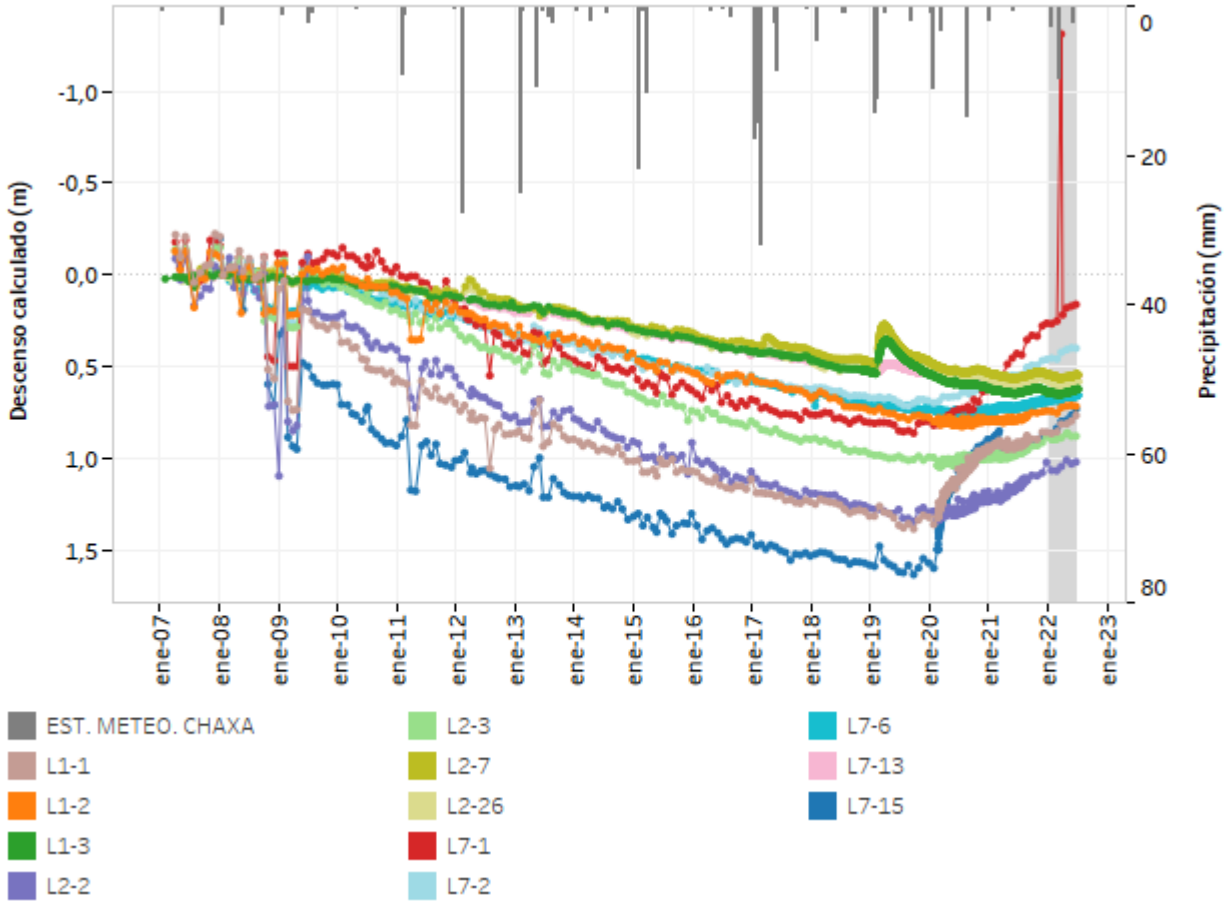
En este grupo existen fuertes diferencias de cota en los niveles (de casi 20 metros) que, a su vez es una situación esperable para este sector, pero que no permite visualizar las variaciones del nivel con detalle. Por este motivo, en la Figura 6-5 se muestra el descenso calculado.

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 (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, desde el pasado semestre y se confirma con los registros del primer semestre de 2022, se observa que los niveles han dejado de descender y pasan a mostrar un comportamiento oscilatorio propio de la estacionalidad ya que, por ejemplo, se registró un nivel máximo el pasado noviembre 2011 y un mínimo (nivel) durante el mes de marzo 2022. Este cambio en la tendencia, que podría decirse, parte a principios del año 2021 para estos pozos, puede atribuirse a la reducción de caudal de extracción de los pozos de bombeo llegando a los 20 L/s entre Mullay-1 y Allana en febrero 2020, siendo que previamente entre ambos la extracción era de los 80 L/s autorizados.

El resto de los pozos de este grupo (L1-1, L1-2, L2-2, L2-3, L7-1, L7-2, L7-6 y L7-15) 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 que es, tal y como se decía antes, momento a partir del cual entre el Mullay-1 y Allana se desciende el caudal de extracción

de 80 L/s a 20 L/s. A partir de entonces, todos los pozos de este grupo muestran una clara tendencia de ascenso, en donde las tasas van entre los 5 y 7 cm/año para los pozos más alejados (L1-2, L7-6 y L2-3) y entre 12 y 21 cm/año para el resto que se encuentran más cercanos a los pozos de agua (L2-2, L1-1, L7-15) o al menos, ubicados en cotas más elevadas (L7-1 y L7-2). Esta tendencia se mantiene también durante el primer semestre 2022.

Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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

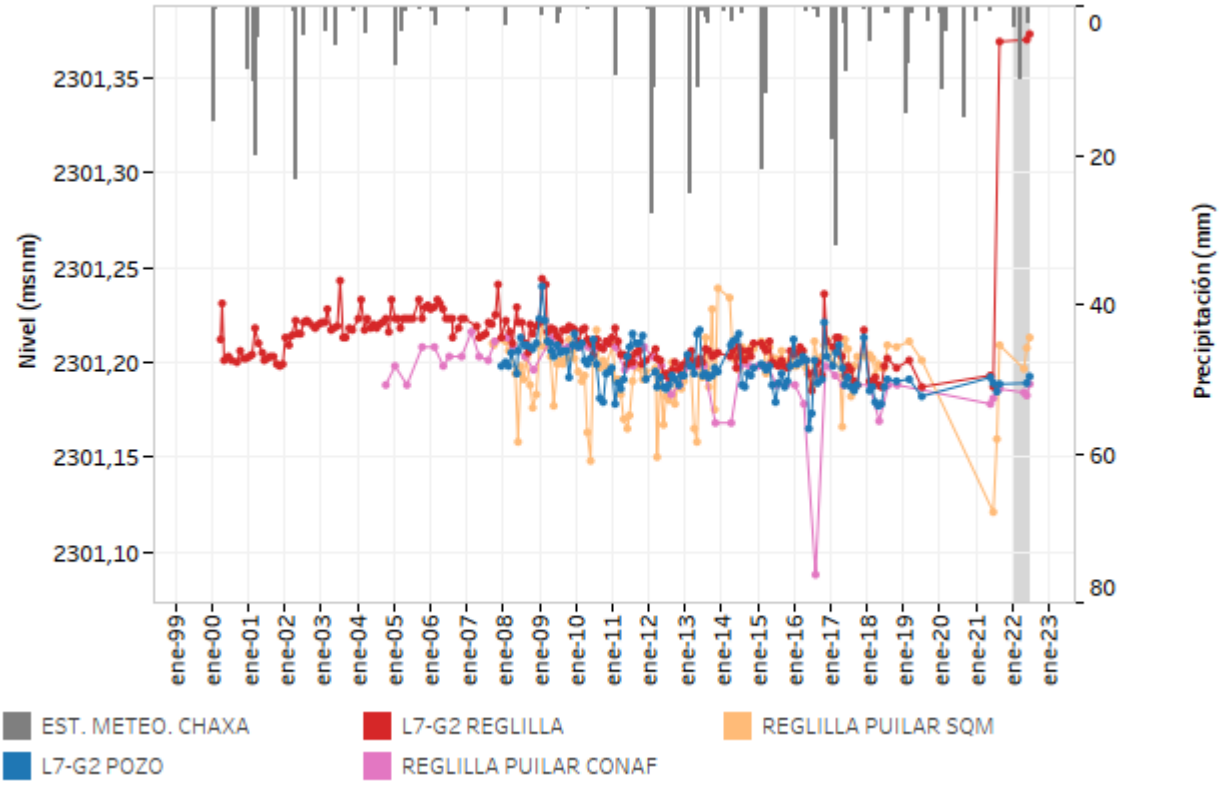
medir el nivel de los cuerpos de agua superficiales del entorno de desborde de Cola de Pez (área de desborde de la laguna Barros Negros), en realidad, se ha observado al menos a partir del año 2012, que los niveles corresponden al acuífero de ese sector (IDAEA-CSIC, 2018). Es por este motivo que su análisis se hará junto con el resto de los puntos de agua subterránea de la zona marginal (siguiente apartado).

En la Figura 6-6, junto con el detalle de la Figura 6-7 y Figura 6-8, 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). Históricamente, los niveles en esta área muestran oscilaciones irregulares. Los puntos L7-G2 (Reglilla y Pozo) muestran una tendencia estable de descenso, con una pendiente promedio de 0,2 cm/año. Este comportamiento es análogo al de la reglilla Puilar CONAF donde, a pesar de contar con una menor frecuencia en las mediciones se observa una tendencia de descenso promedio de 0,22 cm/año. En cambio, la reglilla Puilar SQM, en el periodo entre 2007 y 2011 muestra oscilaciones irregulares, sin una tendencia clara y habiendo registrado los mínimos históricos entre 2008 y 2012. Probablemente este comportamiento esté ligado al periodo de pocas lluvias que caracteriza estos años. No obstante, a partir de 2012 se observa una tendencia promedio de ascenso sostenida hasta 2014, año a partir del cual los niveles se mantienen con oscilaciones (irregulares) de menor amplitud y sostenidos alrededor de la cota 2.301,20 m.s.n.m. Para el primer semestre 2022 se observa el mismo comportamiento que el descrito anteriormente.

Este comportamiento distinto según el punto puede ser debido a la misma ubicación respecto de los bordes del canal, siendo habitual que estos márgenes puedan variar al ser un sistema dinámico. Por lo que, en base a esto, junto con la baja pendiente de descenso observada en los niveles (0,2 cm/año), no se cree que deba señalarse un cambio en el estado de este sistema lagunar de Puilar. Cabe mencionar que todas las reglillas se encuentran en el canal de recarga a la laguna, por lo que, en cualquier caso, un posible cambio en el comportamiento de estos puntos podría dar cuenta de la recarga proveniente del acuífero subterráneo.

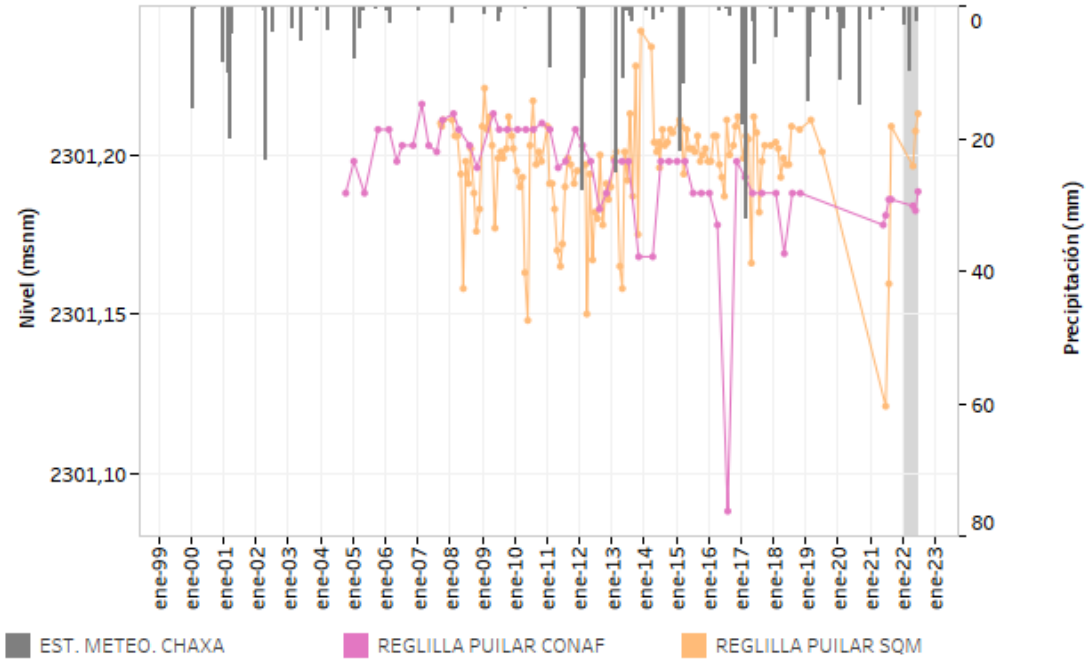
Resaltar que las mediciones de la reglilla L7-G2 correspondientes al segundo semestre 2021 y primero 2022 no están bien ubicadas en cota, puesto que, como ya se ha descrito en el apartado 4.4.1 todavía no se cuenta con una medición confiable de la elevación del punto de referencia de la misma infraestructura. En el momento en que se actualice este valor, automáticamente se trasladarán estas mediciones a la cota que le corresponda.

Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar



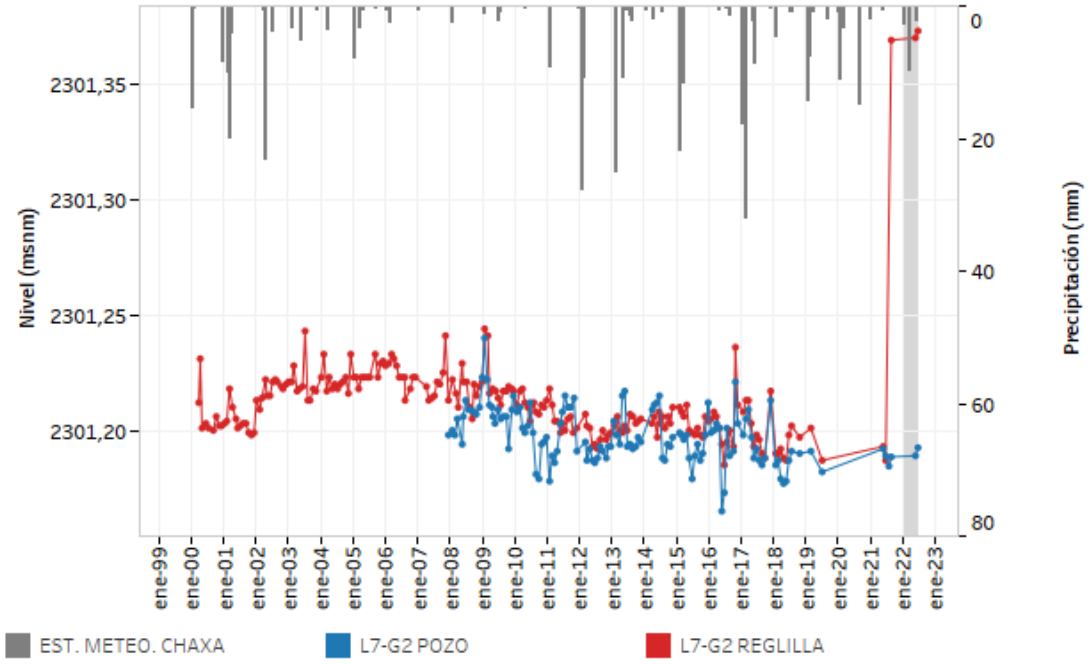
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas del entorno laguna Puilar. Detalle de puntos Reglilla Puilar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas del entorno laguna Puilar. Detalle de puntos L7-G2



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Por otro lado, se analiza a continuación 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 6-9 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 aguas 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.

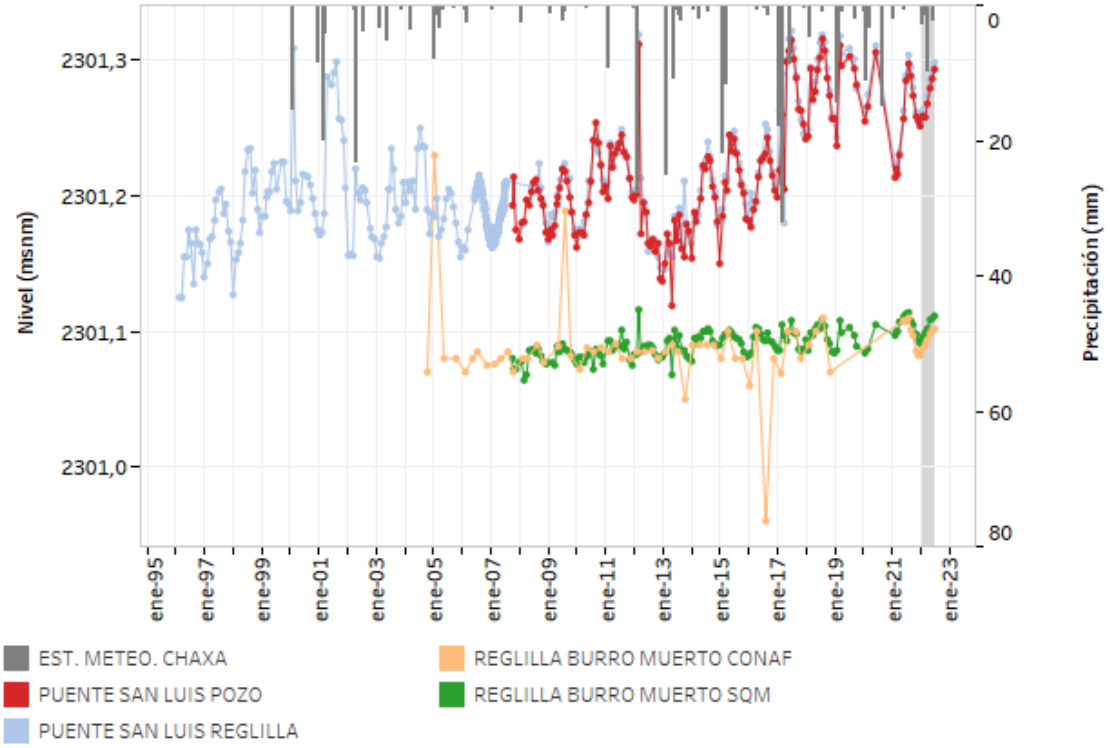
Respecto de las tendencias, se observa de los puntos Puente San Luis (Reglilla y Pozo) una oscilación poco regular, aunque sí mantienen la coherencia de máximos en invierno y mínimos en verano. Se puede ver también que, a partir del año 2013, el nivel claramente se mostró ascendente con una tasa promedio de unos 2 cm/año. Desde el año 2017 la tendencia cambió, siendo que los niveles dejaron de mostrarse ascendentes y empezaron a fluctuar alrededor de la cota 2.301,27 msnm, manteniendo la oscilación estacional. No obstante, se observa que, desde esta fecha, los máximos anuales se han ido registrando a cotas cada vez más bajas; considerando la medición de junio 2022, la tasa de descenso correspondería a 0,5 cm/año. Recalcar que esta tendencia solo se observa en los máximos, no así en los mínimos, por lo que puede verse como la amplitud de la oscilación estacional ha ido disminuyendo consecuentemente (en 2017 fue de 7,6 cm mientras que en 2022 ha sido de 4,5 cm).

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 primer semestre 2022. Aproximadamente, desde el semestre anterior, segundo de 2021, se ha reportado que ambos puntos empiezan a reproducir la oscilación típica estacional. Es complejo determinar desde qué fecha puede estar mostrando este patrón dado que la frecuencia de medición no ha sido muy regular en las fechas previas (debido a las restricciones de ingreso a RNF).

En todos los casos, lo que cabría esperar de las tendencias de estos niveles, junto con el análisis de aforos en el mismo sector, es que dé cuenta de las variaciones que se produzcan en la recarga subterránea proveniente de los afloramientos aguas más arriba del sistema, la que al final se traduce en el canal de

Burro muerto, junto con los eventos de lluvia en forma de recarga directa sumado al efecto de la evaporación sobre este flujo superficial.

Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas del entorno del aforo Puente San Luís

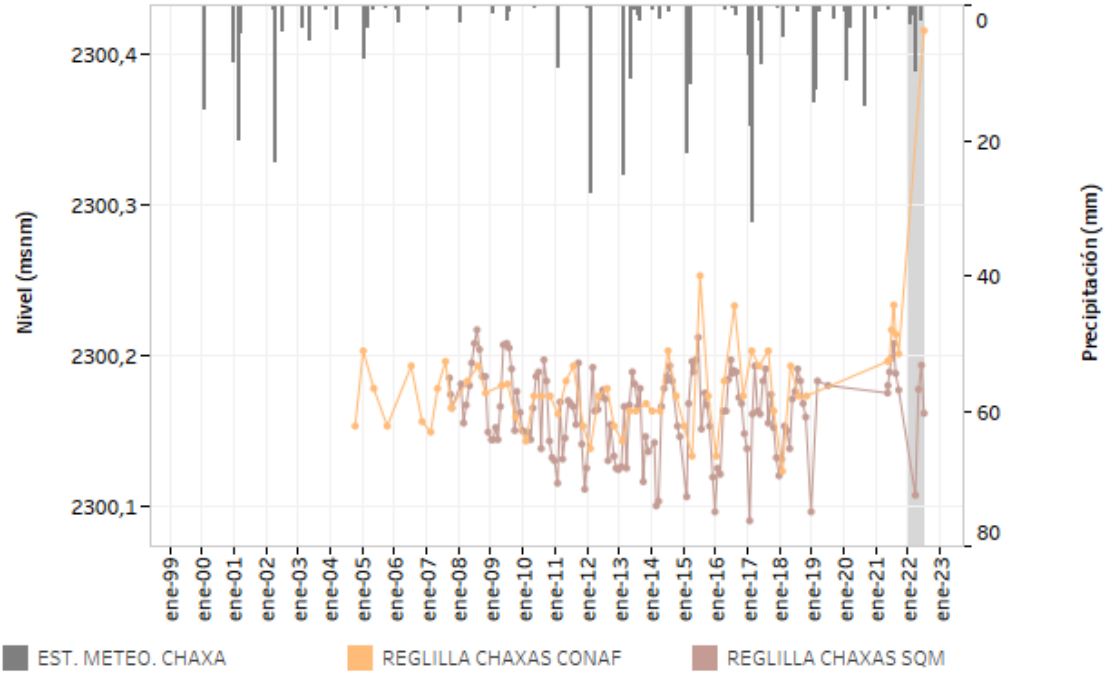


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 6-10. 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 del nivel promedio, a partir de entonces se observa que 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.

Para el primer semestre 2022 se ha registrado un valor mínimo en el mes de marzo (2022), no obstante, la cota alcanzada (2.300,106 m s.n.m) es semejante a otros mínimos registrados por ejemplo en diciembre 2015, enero 2017 o diciembre 2018, lo que lleva a concluir la alta variabilidad que se reproduce en esta reglilla y que probablemente esté relacionada con las variables climáticas.

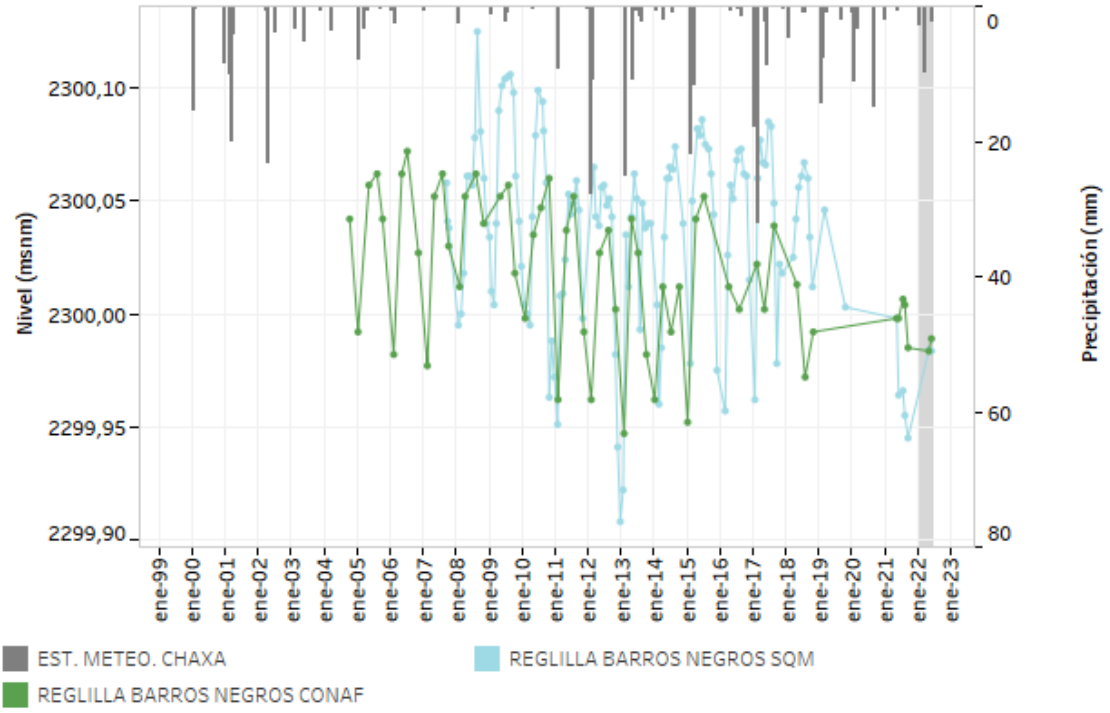
Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Aguas abajo, ya en la laguna de Barros Negros, dentro de la laguna se encuentran los puntos de medición de Reglilla Barros Negros SQM y CONAF, cuyos niveles se muestran en la Figura 6-11. 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, debido a las restricciones de ingreso al sistema (ver 5.1.1). En el primer semestre 2022 se han podido medir solo en los meses de abril y mayo, por lo que dificulta el análisis de la tendencia actual.

Figura 6-11: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

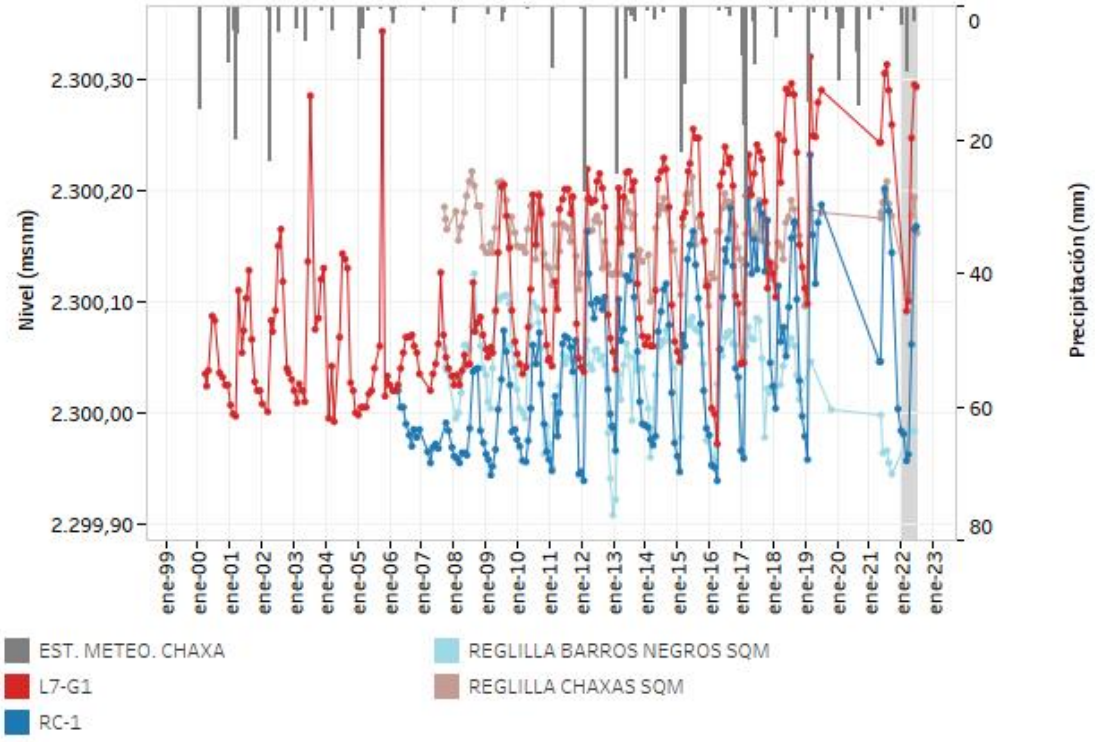
Por último, se centra el análisis en el canal de Burro Muerto, que conecta la laguna de Chaxa con la de Barros Negros. El análisis de este grupo de puntos se ha dejado para el final, una vez analizados los niveles a la salida de Chaxa y en la laguna Barros negros, pues es esperable que los puntos en el canal muestren relación con la infraestructura anteriormente descrita. En este tramo fluvial se encuentra la reglilla L7-G1 y en la Figura 6-12 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 6-12, 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. Dado que no se dispone de datos entre 2018 y 2021 y posteriormente la frecuencia ha sido irregular, es complejo generar un análisis de las tendencias actuales en ambos casos y consecuentemente también la relación entre ambas reglillas.

- 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. Según los registros del primer semestre 2022, se mantendría esta situación estable donde, por ejemplo, en mayo 2022 la diferencia entre ambas infraestructuras es de 10 cm, quedando el nivel del L7-G1 por encima de la Reglilla Chaxas SQM.

Figura 6-12: Niveles medidos en las reglillas 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). Por ello, se divide este apartado en varios subapartados, en función del área del sistema y por tanto, la dinámica hidrogeológica específica en cada caso.

6.1.1.1.5.1 Pozos cercanos al acuífero aluvial

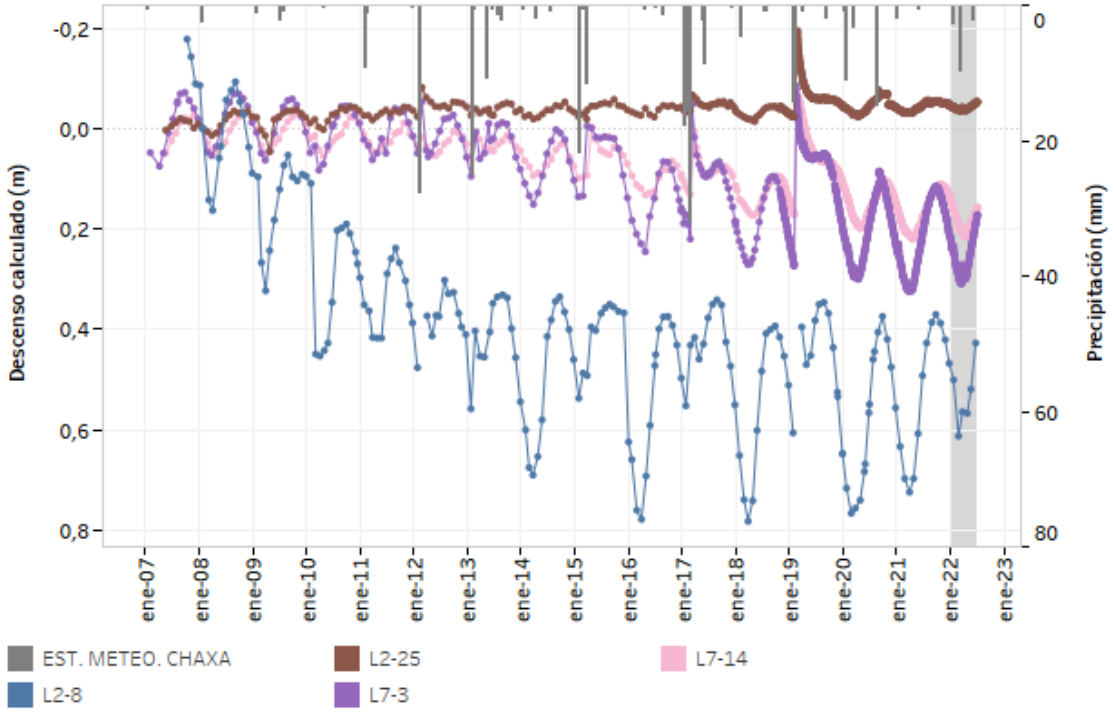
Empezando el análisis en los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento de norte a sur que se reconoce por ser transicional entre el aluvial y la zona marginal; estos puntos presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial y posiblemente influenciados por 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 6-13 los descensos calculados para este grupo.

Como se observa Figura 6-13, 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 e incluso que los niveles mínimos estacionales muestren una tendencia ascendente. Este comportamiento se mantiene también para el periodo del primer semestre 2022, donde en febrero se ha registrado un mínimo 11 cm por encima del mínimo del año anterior (registrado en marzo 2021).

Los puntos L7-3 y L7-14, que se encuentran sobre la transecta este-oeste entre el pozo Mullay-1 y la laguna Puilar, mostraban una menor tasa promedio de descenso que el L2-8 (1 cm/año y 0,5 cm/año respectivamente). 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. Debe destacarse que en el primer semestre 2022, los descensos mínimos registrados entre marzo y abril de estos dos puntos, se encuentran entre 1,6 y 0,6 cm respecto del mínimo del año anterior, lo que podría llevar a conducir en un cambio en la tenencia de estos puntos, pasando de una tendencia histórica de descenso a reproducir un ascenso en los niveles. Este cambio es relevante, pues podría decirse que el efecto de la reducción del caudal de extracción de los pozos de agua Allana y Mullay-1, de 80 L/s a 20 L/s entre ambos, en febrero de 2020, ha alcanzado el área de estos puntos, dos años más tarde.

El punto L2-25, ubicado al sur de las vegas de Carvajal y al norte de las vegas de Quelana, 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 primer semestre de 2022. Se observa también una respuesta inmediata a los eventos de lluvia, destacando el ascenso registrado en febrero de 2019.

Figura 6-13: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.1.5.2 Pozos característicos de la zona marginal

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 6-14 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 6-14 se observa que el L7-4 es el que muestra menor amplitud de 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 en los años hidrológicos secos, aumentando también la amplitud de las oscilaciones (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, ha sufrido un gap sin mediciones entre septiembre 2019 y marzo 2021. Desde entonces, los niveles registrados muestran la variación estacional esperada y con una amplitud estable de 4,2 cm, lo que se mantendría para el primer semestre 2022.

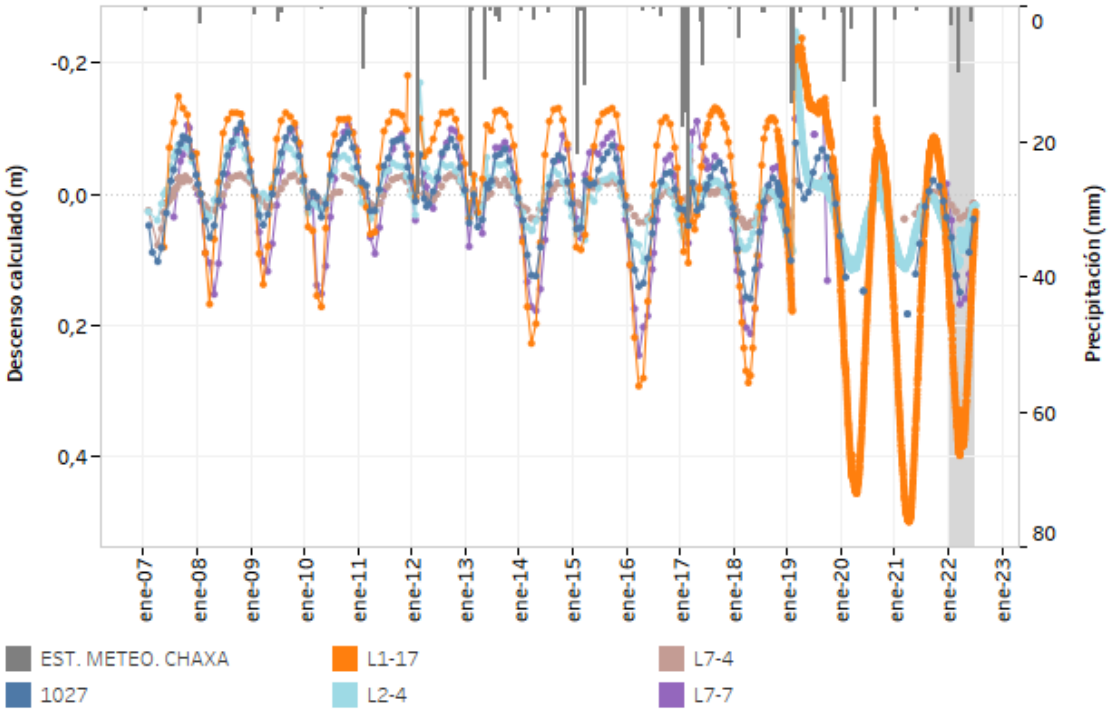
El pozo L7-7 se encuentra a escasos metros del L7-4. Este punto tampoco pudo ser medido entre septiembre 2019 y no fue hasta diciembre de 2021 que se ha vuelto a medir con una cierta frecuencia, esto debido a las restricciones de ingreso al sistema (ver apartado 5.1.1). Este pozo ha mantenido históricamente una oscilación muy variable, donde los máximos se han ido manteniendo en cotas similares, no así los mínimos que han sido muy variables según el año hidrológico de lluvias puesto que en los años secos los mínimos se han registrado a menores cotas, haciendo que la oscilación aumentara. En el primer semestre 2022 se registra un mínimo (en marzo) de 2.304,025 m s.n.m, lo que, como puede verse, es una cota mayor respecto de los mínimos históricos de 2016 y 2018 (años hidrológicos secos) producto del efecto de la lluvia registrada en marzo (13, 4 mm entre los días 11 y 16, según la estación Chaxa).

Por su parte, el punto L1-17 es indicador de estado del sistema Vegetación Borde Este. Los niveles históricos en este punto se caracterizan por mostrar una oscilación estacional muy estable, pero con amplitudes variables según el año hidrológico, ya que los máximos se han ido registrando a cotas muy similares todos los años, pero los mínimos estacionales han resultados más bajos en los años secos. No obstante, se identificó que, a partir de 2019, el pozo registró descensos mínimos históricos; respecto del mínimo de abril 2018, el correspondiente a 2020 se situó casi 17 cm por debajo y el de de 2021 fueron 21 cm. No obstante, llama la atención que los máximos estacionales han seguido manteniéndose estables en la misma cota, haciendo por tanto que aumentara la amplitud de la oscilación (la máxima amplitud se alcanzó precisamente en 2021, alcanzado los 58 cm).

Fue precisamente durante el año 2021, que este descenso estacional, en marzo se produjo la activación de la Fase II de este indicador; esto fue descrito en el informe PSAH N.º 29. Los análisis presentados en el informe de investigación asociado, permitió concluir que el cambio en el comportamiento del pozo desde 2019 ha sido producto de las extracciones de agua industrial en el acuífero aluvial. Pues bien, en el primer semestre de 2022 (marzo) se ha registrado un mínimo a una mayor cota respecto del mínimo de marzo 2021 (10 cm por encima). Este punto se encuentra próximo a las vegas de Carvajal, lo que le lleva a estar ubicado al sur de la transecta L7 (pozo de agua Mullay-1) y al norte de la transecta L2 (pozo de agua Allana). Podría concluirse, por tanto, que la reducción de la extracción en estos pozos (de 80 L/s a 20 L/s entre ambos) desde febrero de 2020, ya ha generado una respuesta, desde el punto de vista del mantenimiento de las condiciones naturales de este sector.

Por su parte, los pozos L2-4 y 1027, que se encuentran en el extremo sur y norte de este subsistema muestran un comportamiento estacional similar al resto de los puntos descritos en este subgrupo (zona marginal); en ambos casos venían mostrando una oscilación estacional definida junto con una clara tendencia promedio de descenso desde el año 2013 (0,4 cm/año aproximadamente, en los dos casos). En el primer semestre 2022 han resultado unos mínimos estacionales a una elevación levemente por encima del mínimo del año anterior; 3,3 cm en el caso del 1027 y 0,4 cm en el caso del L2-4. Estas mediciones podrían estar dando cuenta de la respuesta a la reducción de extracción en el Mullay-1 y el Allana, ya que esto se ha observado en los otros pozos anteriormente descritos de la zona marginal y aluvial. No obstante, dado que se encuentran más alejados y que el cambio de tendencia ha sido leve, debería esperarse unos meses más para poder afirmar que el efecto de la reducción de extracción en el acuífero aluvial de este sector ha alcanzado estas áreas.

Figura 6-14: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal

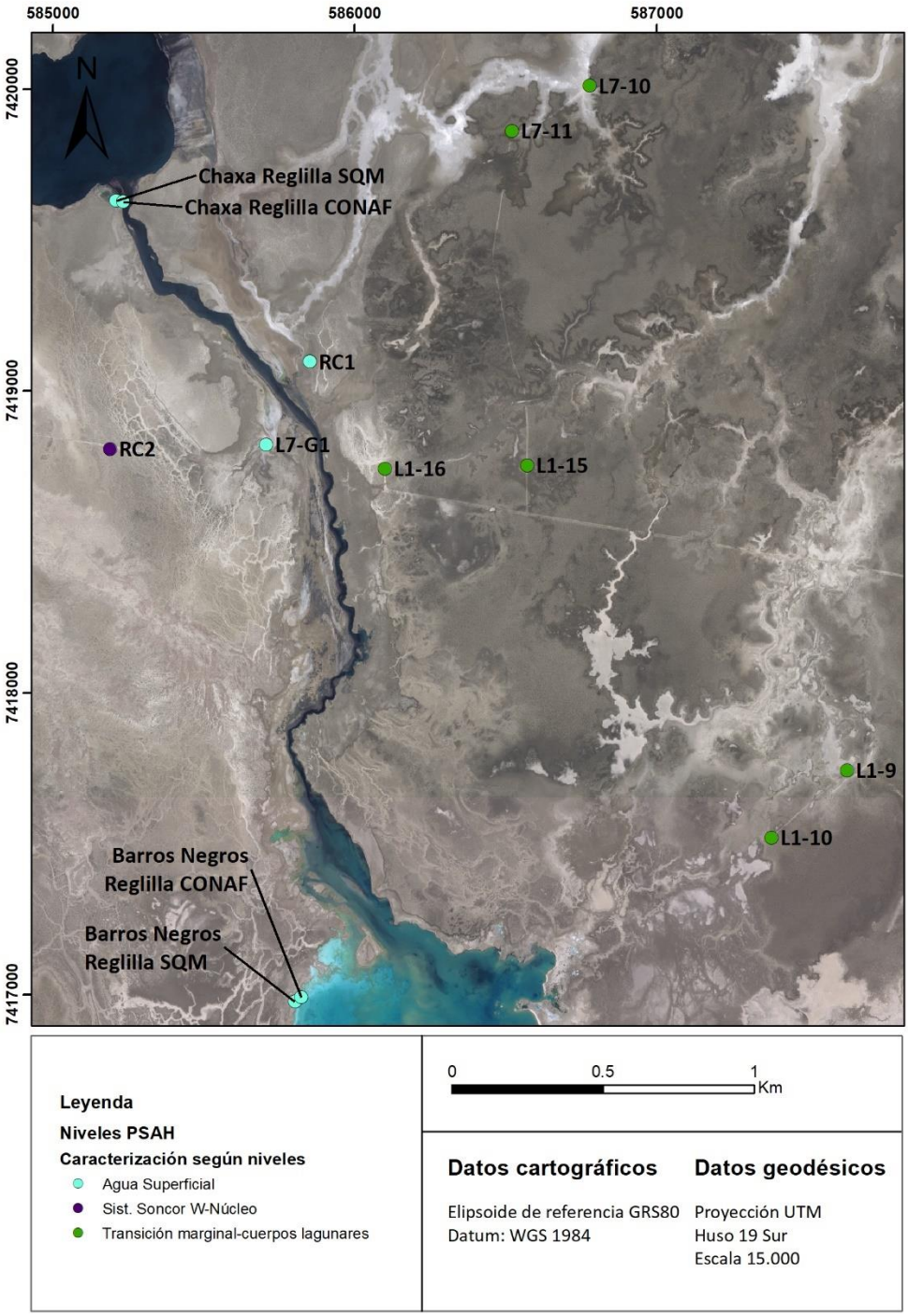


Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.1.5.3 Pozos influenciados por el sistema lagunar Soncor – sector este del canal Burro Muerto

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 6-16, L1-9 y L1-10 (Figura 6-17). La ubicación de éstos puede consultarse en este apartado en la Figura 6-15.

Figura 6-15: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2021.

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 6-16), que se ubican próximos al canal Burro Muerto en el transcurso en laguna Chaxa y Barros Negros, siendo que el L1-16 se encuentra a 240 m del canal, mientras que el L1-15 está a 700 m. En el periodo 2007-2011 (periodo seco), ambos puntos muestran niveles a cotas similares y con tendencia promedio de descenso en ambos casos. Pero a partir de la lluvia de 2012, se generan una serie de cambios muy evidentes;

i. Un aumento en forma de salto repentino de la cota del nivel entre las mediciones de los meses de enero a marzo (2012), siendo más fuerte en el L1-15 (15 cm) que en el L1-16 (10 cm).
ii. Los pozos se vuelven reactivos a la lluvia, en forma de elevación del nivel repentino después de un evento, dado que en el periodo anterior (2007-2011) no se observaba variación del nivel después de una lluvia.
iii. La tendencia se invierte en el caso del L1-16 y pasa a mostrar un ascenso promedio constante del nivel (0,5 cm/año), mientras que en el caso del L1-15 se tiene un comportamiento al descenso (promedio de 3,6 cm/año).
iv. La elevación de los niveles (en términos de metros sobre el nivel del mar) del L1-15 se habían mantenido por encima del L1-16, dando a entender por tanto que la dirección de flujo era desde el borde este hacia el canal. No obstante, dado lo descrito en el punto anterior, el L1-16 ha sobrepasado las elevaciones del L1-5 desde junio 2021. Esto implica por tanto que la línea de flujo haya invertido también el sentido, pasando desde entonces suponer una dirección del flujo desde el canal hacia el borde este.

Dadas estas observaciones, puede verse que se debieron producir cambios en la morfología del canal de Burro muerto en esta zona desde el evento de lluvia de 2012, en que de alguna forma y probablemente a través del agua subterránea, la recarga proveniente del canal empezara a influenciar el área representada por estos dos puntos (vista la forma en que empezaron a reaccionar a la lluvia, puntos “i” y “ii”). Esta influencia ha ido aumentando (dada la tendencia de ascenso del L1-16, puntos “iii” y “iv”), lo que podría suponer que el canal en superficie pudiera migrar o ensanchar su cauce hasta llegar al área del L1-16, ya

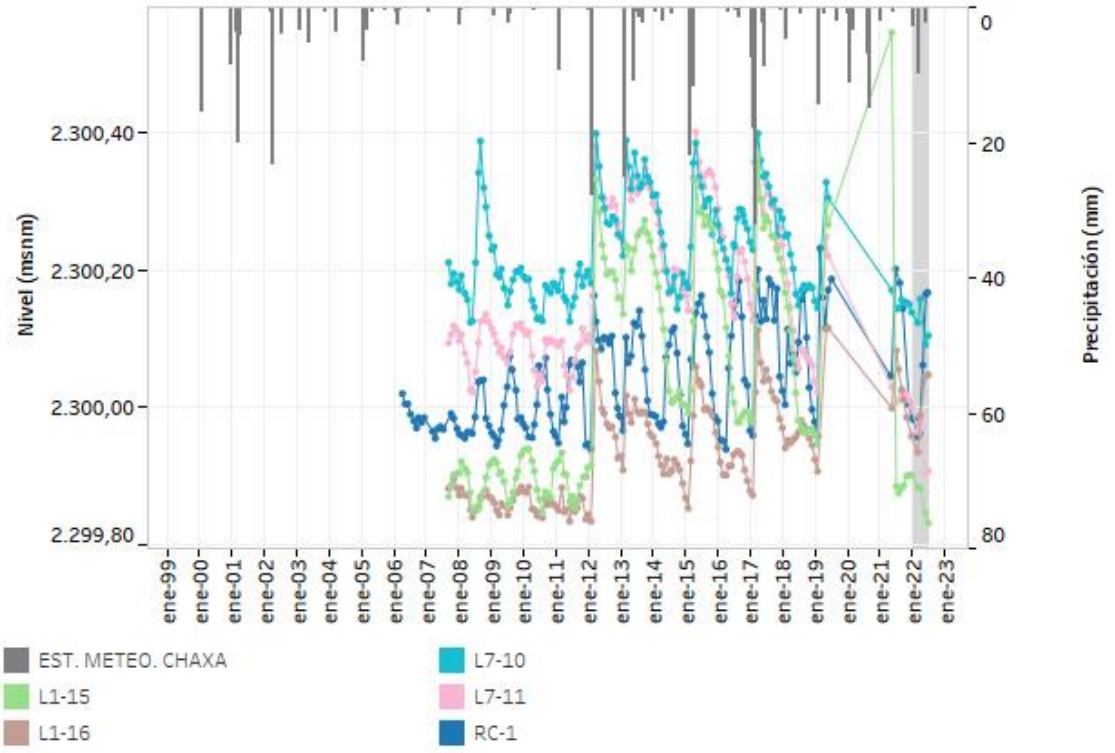
que el nivel de este punto todavía se mantiene ascendente y podría ser que alcanzara la misma cota que por ejemplo la reglilla L7-G1 (que se encuentra próximo al L1-16, al otro lado del canal). Los niveles medidos en el primer semestre 2021 mantienen lo descrito anteriormente.

No obstante, estos cambios observados no deberían sorprender puesto que se trata de los efectos habituales que se producen en los sistemas hidrológicos dada su fuerte relación con los eventos de recarga y las bajas pendientes en el relieve topográfico, lo que lleva a que, de forma natural, sean sistemas muy dinámicos en el tiempo.

Respecto de los puntos L7-10 y L7-11, éstos se encuentran a la misma distancia que el L1-15 con respecto el canal de Burro Muerto, aunque más al norte. Ambos puntos muestran similitudes con respecto el nivel descrito para el L1-15; salto de nivel relevante entre las mediciones de enero y marzo 2012, aumento desde entonces en la respuesta de las siguientes lluvias en el nivel de los pozos, se mantienen con una tendencia promedio estable de descenso (2 cm/año en el L7-10 y 2,7 cm/año en L L7-11) y finalmente, los tres se presentan en cotas similares (ver Figura 6-16).

Al observar que los cambios producto de las lluvias de 2012, sobre todo el salto en el nivel entre enero y marzo de 2012 y el aumento en el efecto de las posteriores lluvias también en los puntos L7-10 y L7-11, puede llevar a la conclusión que, adicionalmente, los eventos de 2012 produjeron también una vía preferente de recarga subterránea desde el afloramiento de la interfaz salina hacia este sector al este del canal de burro muerto.

Figura 6-16: 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.

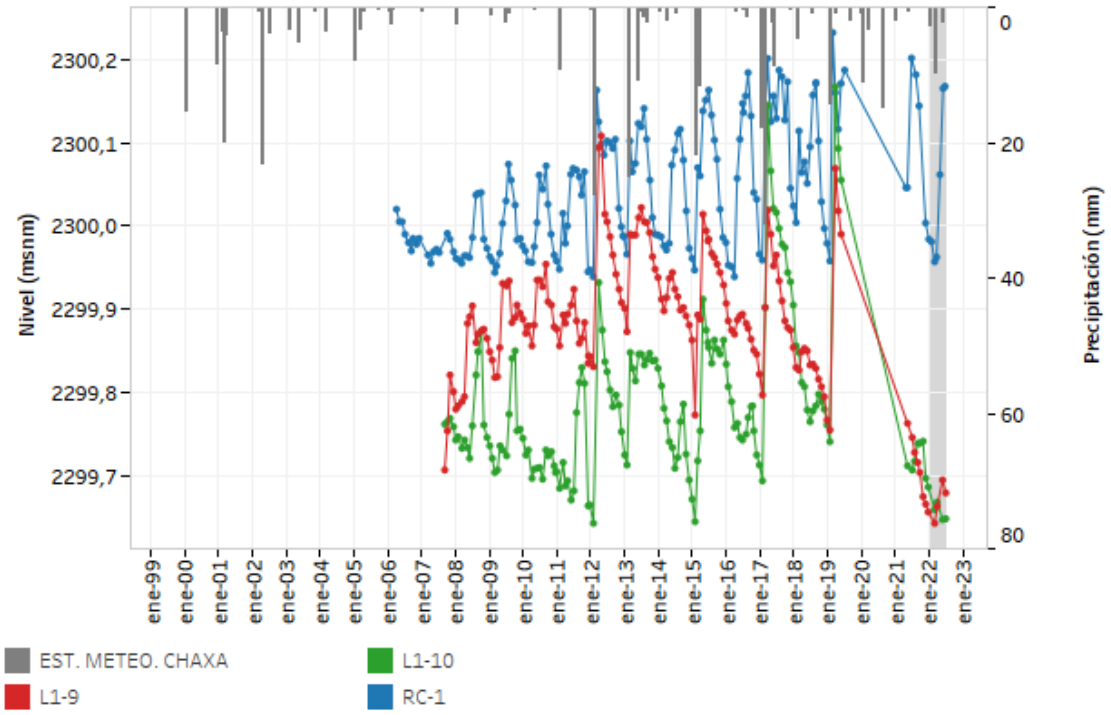
Respecto de los puntos L1-9 y L1-10 se muestran en la Figura 6-17 junto el punto RC-1 como referencia para el análisis, tal y como se ha hecho en la figura anterior. En el caso del L1-10 el comportamiento observado es equivalente al descrito en el L1-16; comportamiento reactivo a las lluvias, con aumento de la amplitud después del evento de precipitación de 2012 y una característica tendencia de ascenso también posterior a 2012, con una pendiente de 2.4 cm/año. No obstante, en las recientes mediciones disponibles, a partir de mayo 2021 ya que ha habido un gap de tiempo sin mediciones (entre mayo 2019 y mayo 2021), puede verse como el pozo ha registrado niveles en cotas inferiores a las anteriores de 2018 por ejemplo, lo que hace que supuestamente, el punto haya dejado de ascender. De hecho, durante el primer semestre 2022 se registró un nivel mínimo en mayo (2022) que se encuentran en una altura similar a las de enero 2012 o enero 2015.

Por su lado, el pozo L1-9 llama la atención porque desde el inicio de las mediciones, en 2007, y hasta 2010 el nivel mostraba una tendencia de ascenso (3,6 cm/año). Durante el año 2011 mantuvo la misma amplitud de oscilación, pero cambió la tendencia pasando al descenso (5,4 cm/año). Esto, hasta el momento del evento de lluvia de 2012, en donde se elevó el nivel 26 cm entre las mediciones de enero y marzo (2012). Desde entonces, el nivel se ha mostrado más reactivo a los eventos de lluvia, aumentando la amplitud de entre el *peak* alcanzado y la posterior recuperación y, por último, mostrando una tendencia general de descenso, con una pendiente de 3 cm/año. Esta tendencia se ha mantenido inclusive hasta el primer semestre 2022, lo que ha llevado a alcanzar durante este periodo un nivel mínimo histórico (2.299,643 m s.n.m), que se sitúa 6 cm por debajo del anterior mínimo histórico, que corresponde a la primera medición del punto, en agosto de 2007.

En el momento en que el L1-10 mostraba una tendencia de acenso y el L1-9 descendía, por efecto de las lluvias, se produjo una inversión en la dirección de flujo; dirección iba desde el sistema lagunar hacia el borde este, lo que puede verse concretamente en los eventos de 2017 y 2019. Además, esto se confirma cuando adicionalmente se observa que la cota alcanzada por el L1-10 en esos periodos es igual a la cota del RC-1. No obstante lo anterior, dado que parece que desde el reinicio de las mediciones en mayo 2021 se está observando al L1-10 con aparente tendencia al descenso de nuevo, hace que los niveles entre ambos puntos sean similares de nuevo; será necesario analizar los próximos meses de mediciones para ver si se mantiene esta situación o el L1-10 vuelve a mostrarse ascendente. En el primer semestre de 2022, el L1-10 se mantiene descendiendo, mientras que el L1-9 se muestra ascendiendo.

Como puede verse, estos dos puntos se encuentran a 1 km de la laguna Barros Negros en el caso del L1-10 y a 1,3 km en el caso del L1-9 (ver Figura 6-15). Este es un ejemplo más de lo dinámico que resulta el sistema en este sector, siendo que además estos puntos se encuentran todavía más alejados del sistema de agua superficial si se compara con los puntos anteriormente descritos en este subapartado.

Figura 6-17: 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.

6.1.1.1.5.4 *<u>Pozos influenciados por el sistema lagunar Soncor – sector desborde Cola de Pez</u>*

Al oeste de la laguna Barros Negros es donde históricamente se habían estado produciendo los eventos de desborde mayoritarios de la laguna. En este sector, llamado sector de Cola de Pez (al oeste del cuerpo principal), se pueden clasificar dos grupos de pozos influenciados por estos episodios de desborde; 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 6-18 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, se reduce la amplitud de la oscilación; por ejemplo,

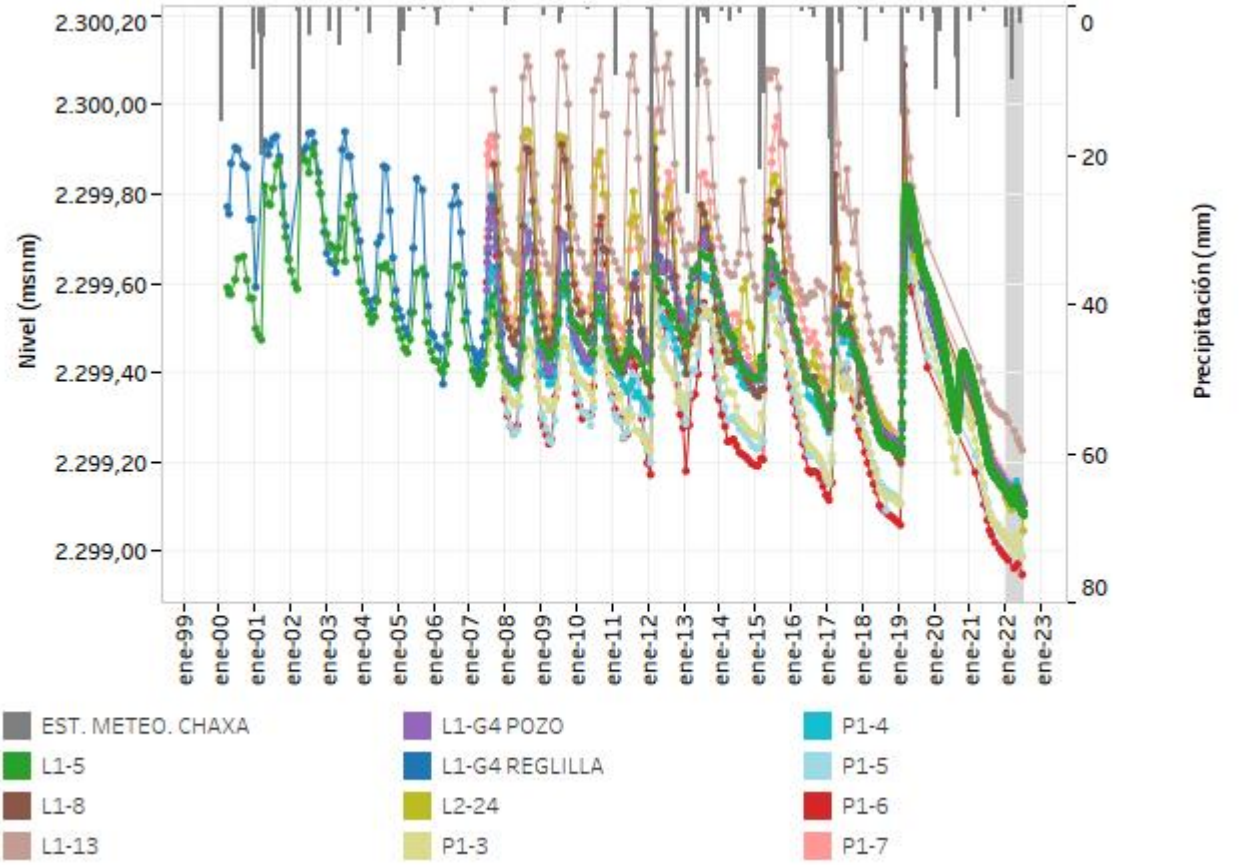
el L1-13 tiene una amplitud de 24 cm y para la misma fecha, en el P1-3 es de 7 cm. Se interpreta, por tanto, como un pulso que se produce localmente desde el punto de desborde y que se propaga en dirección del sentido del flujo del acuífero (desde la laguna y en dirección suroeste), dando lugar a una 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)[45]. 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. Es posible incluso que este sector se encuentre desde entonces en desequilibrio, producto de estar transitando desde un periodo con regulares descargas, hacia un equilibrio del acuífero sin considerar estos aportes. Actualmente esta zona se caracteriza por responder de forma directa a las lluvias y presentar una tasa de descenso de unos 4 cm/año, aproximadamente.

Cabe decir que, entre este grupo, se encuentran los indicadores de estado L1-5 y L1-G4 reglilla, los cuales mantienen la Fase II activada desde abril 2021. Para el primer semestre de 2022 se cuenta con mediciones regulares y se observa que todos mantienen una tasa constante de descenso, de entre 7,7 y 9,8 cm/año. Dadas las anteriores observaciones, no se prevé que cambien estas tendencias hasta que no se produzca un nuevo evento de precipitación de gran magnitud.

[45] 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.

Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

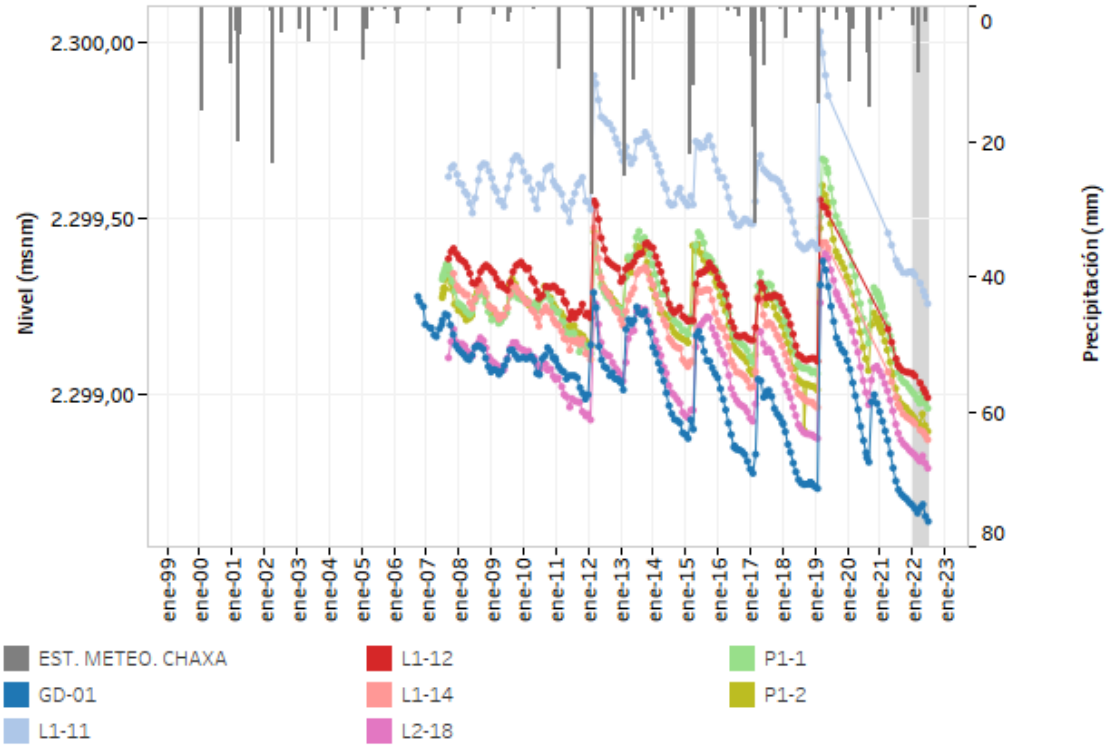
Los pozos que se sitúan más alejados del punto de desborde de Cola de Pez (GD-01, L1-11, L1-12, L1-14, L2-18, P1-1, P1-2) se muestran en la Figura 6-19. En general, se caracterizan por presentar una amplitud de la oscilación que disminuye y se suaviza en la medida que el pozo se encuentra más alejado. 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, todos se mantienen con tendencia de descenso durante el primer semestre 2022, siendo de entre 9,5 y 11,9 cm/año, que suponen tasas similares a las del anterior grupo descrito.

Figura 6-19: 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.

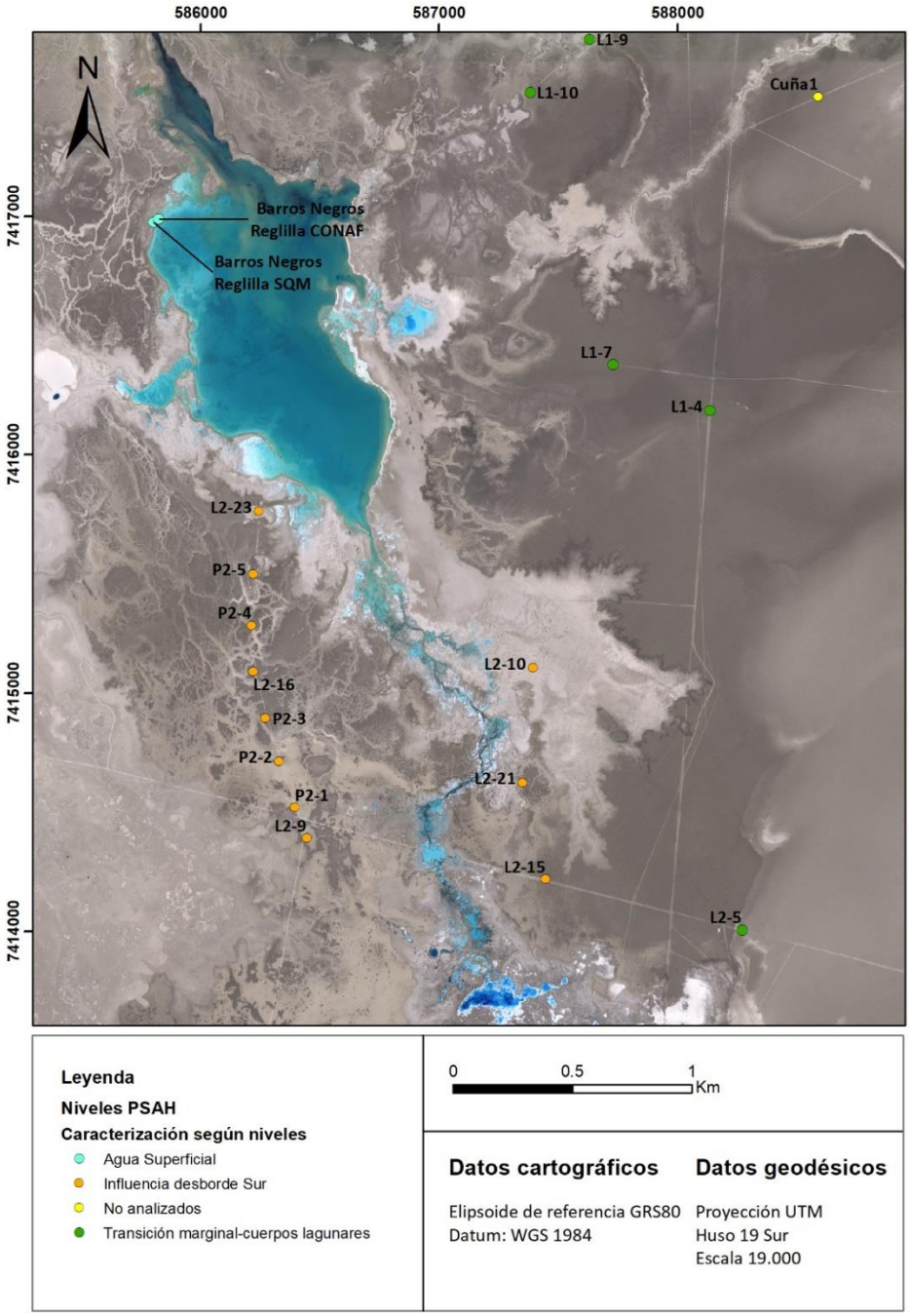
6.1.1.1.5.5 Pozos influenciados por el sistema lagunar Soncor – sector desborde Sur

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. A continuación, se describen los niveles según su ubicación y, por tanto, con relación al comportamiento hidrogeológico resultante. La ubicación de todos puede consultarse en la Figura 6-20:

- Los pozos ubicados al este del desborde y más cercanos al aluvial: Figura 6-21 (L1-4, L1-6, L1-7 y L2-5)
- Los pozos ubicados también al este del desborde, pero más próximos a éste: Figura 6-22 (L2-10, L2-15 y L2-21). En este caso se incluyen también los pozos L2-23 y P2-5 como referencia de la misma laguna Barros negros.
- Los pozos ubicados al oeste del desborde: Figura 6-23 (P2-4, L2-16, P2-3, P2-2, P2-1 y L2-9).

En términos generales, se conoce a partir de los estudios que se han elaborado en la cuenca en los últimos años (IDAEA-CSIC, 2018) 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.

Figura 6-20: Mapa de ubicación de los puntos descritos en la presente sección



Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2021.

A continuación, se describen los pozos L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5, cuyos niveles se muestran la Figura 6-21. Este grupo de puntos se encuentran al este del desborde sur, pero más alejados del sistema lagunar, por lo que, por su ubicación se han caracterizado como transicionales entre lo que se esperaría de un comportamiento más típico de la zona marginal (marcada regularidad estacional), pero de forma residual y además la influencia del efecto del sistema de agua superficial, que en este caso sería el desborde sur de Barros Negros.

Este set de puntos muestra un comportamiento análogo al presentado en el subapartado del sector este del canal de Burro Muerto (6.1.1.1.5.3). Se observa, de la misma forma que el grupo mencionado, un cambio significativo en el patrón de niveles a partir de 2012: salto de nivel relevante entre las mediciones de enero y marzo 2012, aumento desde entonces en la respuesta de las siguientes lluvias y una característica tendencia regular de descenso desde esa fecha.

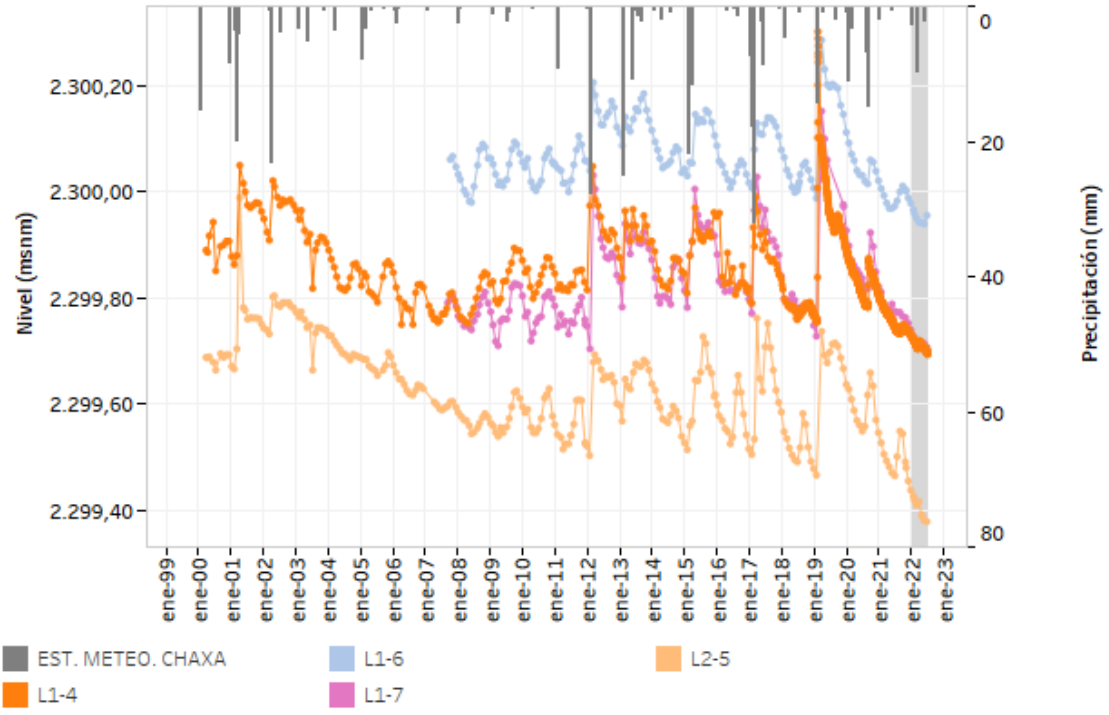
El caso del L1-4, que tiene registros desde el año 2000, tenía una tendencia de descenso que duró hasta mayo de 2007. Posteriormente cambió dando lugar a un cambio hacia una tendencia de ascenso. En este mismo periodo, el L1-6 (que inicia mediciones en esas fechas aproximadamente), también se mostraba ascendente. Estos dos puntos son los más alejados del sistema lagunar. Paralelamente, el punto L1-7 se mantenía descendiendo y el L2-5 parecía fluctuar alrededor de una misma cota, sin tendencia.

No obstante, debido a la lluvia de 2012 se produce el fuerte escalón de nivel que fue de entre 16 y 33 cm, correspondiendo al L1-6 el primer caso, el pozo más alejado del sistema lagunar, y al L1-7 el segundo caso, siendo éste el punto más cercano. Lo que daría cuenta de que el mayor efecto sobre estos puntos no es tanto la recarga directa de la lluvia en sí, sino más bien, el efecto de la laguna (o el desborde sur en este caso) que responde al evento y consecuentemente, produce una recarga hacia esta área.

Posterior a la lluvia citada de 2012, todos los pozos de este grupo muestran un aumento en la respuesta de las subsiguientes lluvias y una marcada tendencia de descenso similar en todos los casos de 1,4 cm/año. Así, de esta forma, todos los puntos pasan a asimilarse en comportamiento desde entonces, cuando previamente cada uno tenía su tendencia característica, tal y como se ha descrito anteriormente.

Lo anterior se mantiene incluso durante el primer semestre 2022, lo que lleva a que en este periodo se sigan registrando mínimos históricos para todos los casos.

Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos ubicados al este del desborde y más cercanos al aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En la Figura 6-22 se muestran dos grupos de pozos; por un lado, un grupo que se caracteriza por estar estrechamente ligados al nivel de la reglilla de Barros Negros (L2-23 y P2-5). Luego, un segundo grupo, que se encuentra en el lado este, próximos al desborde (L2-10, L2-21 y L2-15). Se recuerda que puede consultarse su ubicación en la Figura 6-20.

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 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, esto debido a las restricciones de ingreso al sistema (ver apartado 5.1.1). Durante el primer semestre 2022 se dispone de mediciones puntuales y no en los mismos meses para los tres puntos, lo que 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.

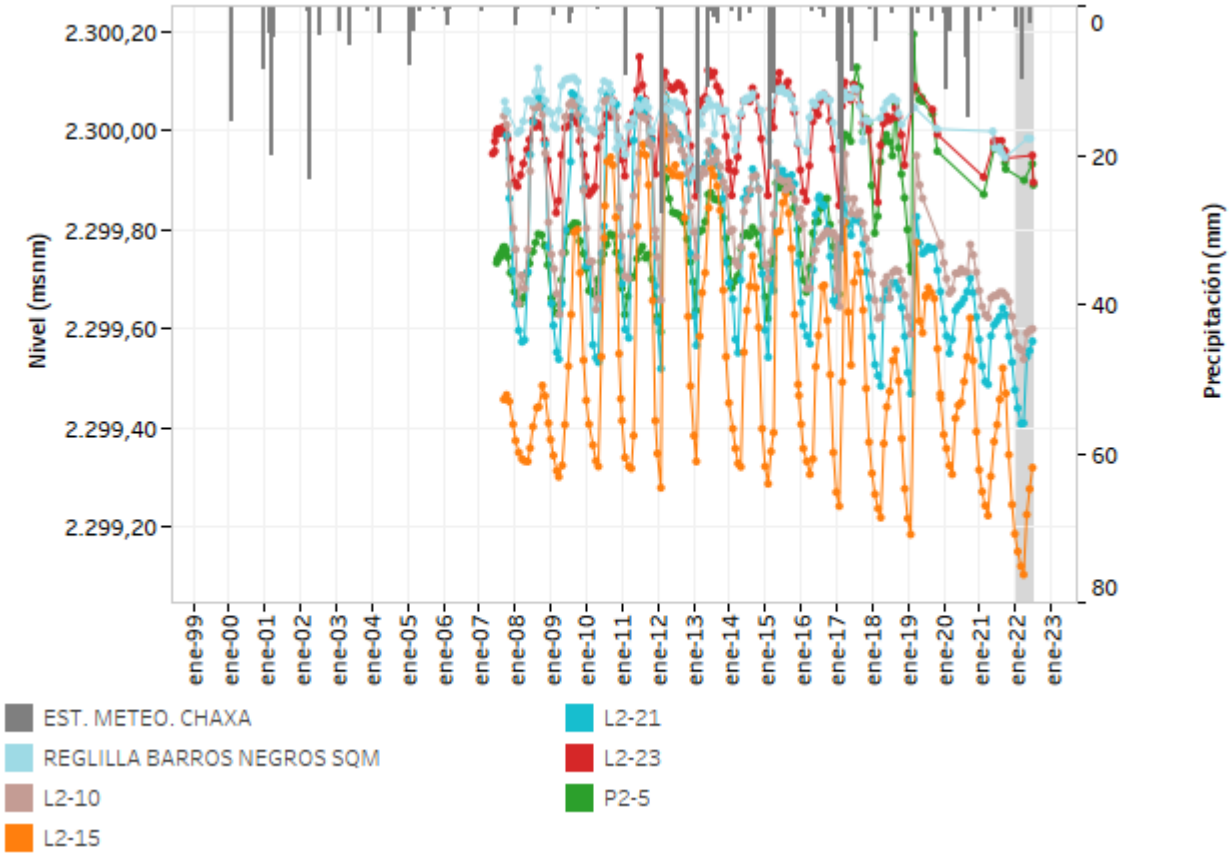
En el lado este del Desborde Sur, se encuentran los puntos L2-10, L2-21 y L2-15; se puede ver como en los puntos L2-10 y L2-21 durante el periodo entre 2007 a 2011 los niveles máximos alcanzaban cotas similares a las de la reglilla Barros Negros (no iguales como en los casos anteriores). A partir del 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 primer semestre 2022, 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. De hecho, en los tres casos, durante el presente semestre reportado se han vuelto a registrar mínimos históricos.

Algo similar se observa en el punto L2-15, 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 6-22: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga Desborde Sur- lado este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

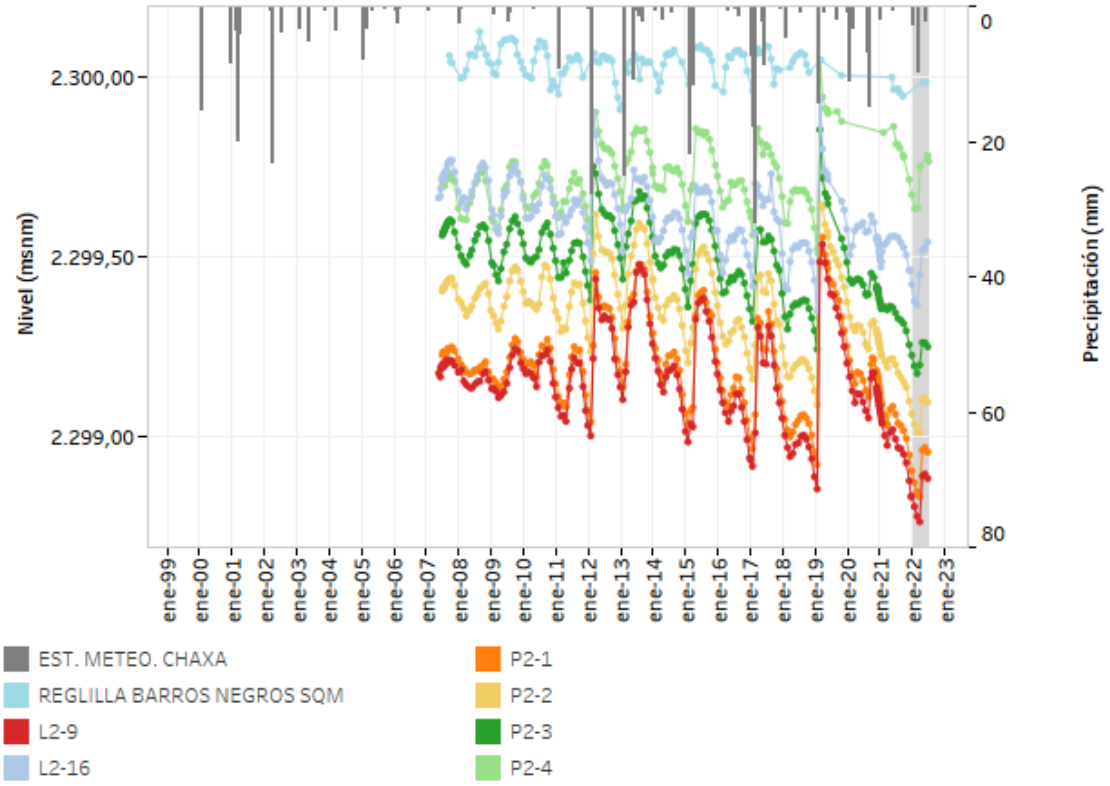
Finalmente, el grupo de puntos influenciados por el desborde Sur y que encuentran en el lado oeste, desde el más cercano a la laguna hacia el más alejado, son el P2-4, L2-16, P2-3, P2-2, P2-1 y L2-9. Los niveles de este grupo se muestran en la Figura 6-23.

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 primer semestre de 2022, muestran el registro de un mínimo que, dada la tendencia continuada de descenso, resulta en nuevo mínimo histórico registrado en cada uno de los pozos de este grupo (a excepción del P2-4).

Figura 6-23: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga Desborde Sur- lado oeste



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.1.5.6 Pozos ubicados al oeste del sistema lagunar Soncor

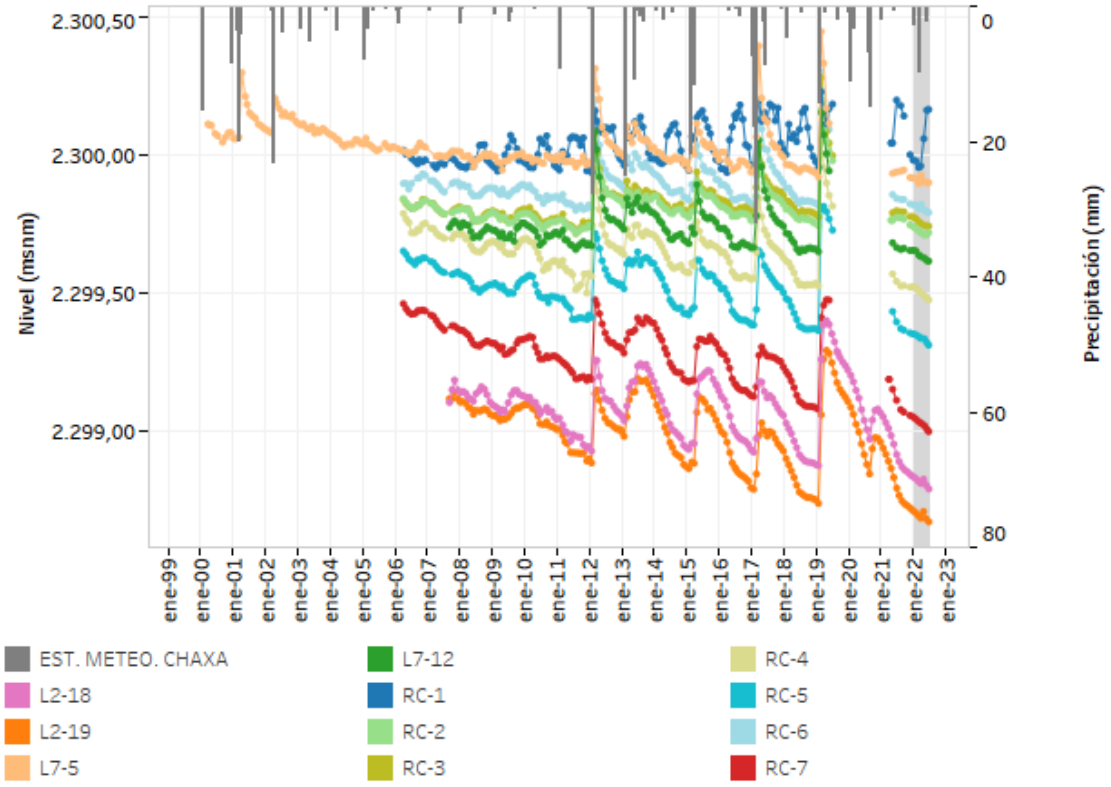
Al oeste de las lagunas Chaxa y Barros Negros, se encuentra otro grupo de pozos; se trata de los puntos L2-18, L2-19, L7-4, L7-12, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-24, junto con el nivel del pozo RC-1 que, aunque se ha mostrado su evolución en el conjunto 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 destaca 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 se retomaron las visitas en mayo 2021. Para el primer semestre 2022 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 6-24: 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 primer semestre 2022, 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.

6.1.1.1.6 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 6-25. Estos no presentan estacionalidad,

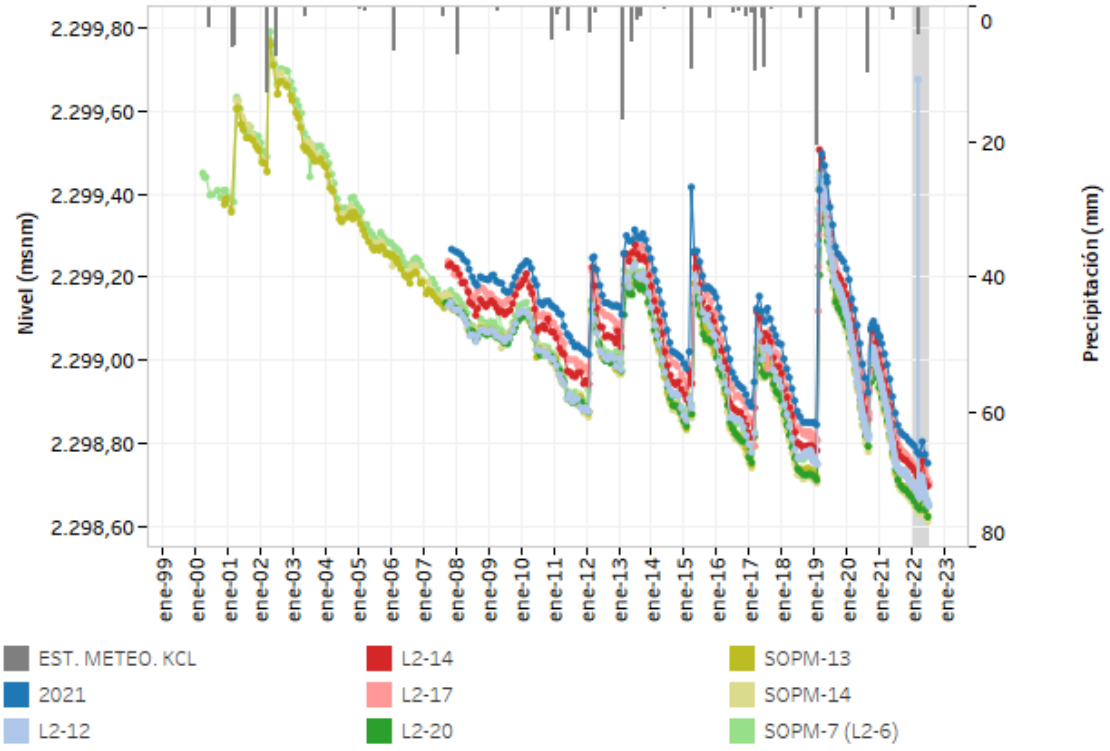
responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso. Además, se caracterizan por el bajo gradiente hidráulico que se observa entre ellos (los niveles se presentan en cotas piezométricas similares), dando cuenta de lo plana que se encuentra la superficie piezométrica en este 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, siempre 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 primer semestre de 2022 presentan la pendiente característica de descenso en este sector del núcleo, sumado a la leve respuesta (en forma de *peak* de ascenso) producto del evento de precipitación de marzo (2022).

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 6-25: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.2 Superficie de los sistemas lacustres

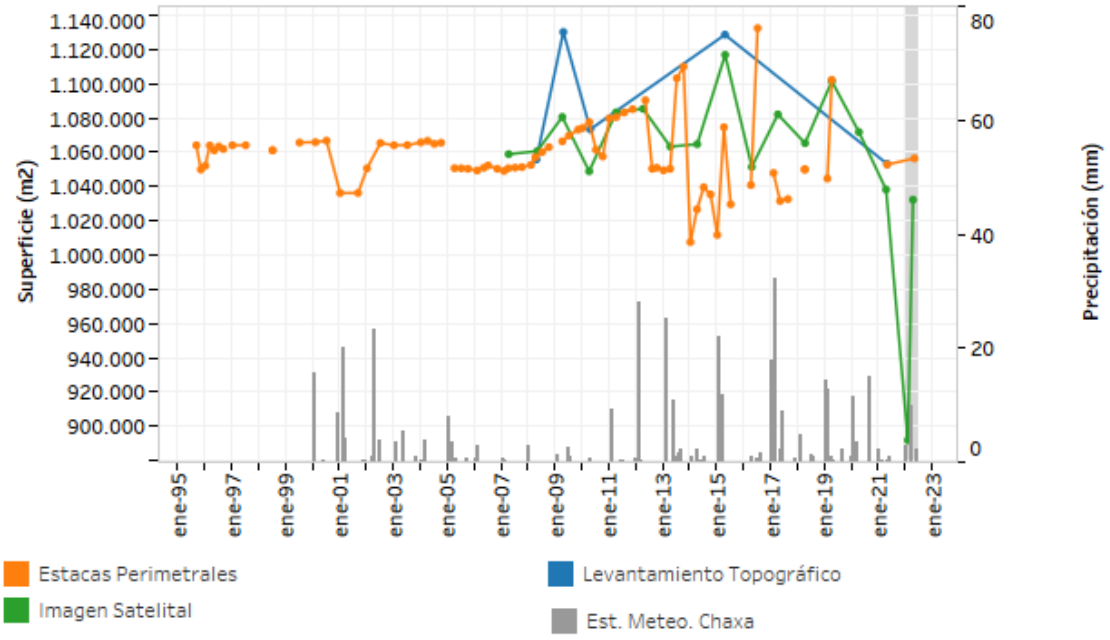
El conjunto lacustre del sistema Soncor está compuesto por las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros. La superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida históricamente a través de imágenes satelitales, estacas perimetrales y levantamiento topográfico. La Figura 6-26, Figura 6-27 y Figura 6-28 muestran la evolución temporal de la superficie lacustre de los sistemas Barros Negros, Chaxa y Puilar, respectivamente.

Para el periodo reportado, existe la particularidad que han coincidido mediciones de estacas perimetrales, levantamiento topográfico de perímetro lagunar con RTK y análisis con imagen satelital de alta resolución (Tabla 5-33). En efecto, se pueden notar resultados cercanos en las metodologías de levantamiento con RTK y análisis satelital (diferencias porcentuales de 0,44% en Laguna Chaxa y 2,24% en Puilar), lo cual da cuenta de una buena aproximación metodológica para esta última, considerando la medición topográfica como base (incertidumbre centrimétrica).

Otro aspecto a destacar es que, entre enero y abril, la superficie lacustre en Soncor calculada vía imágenes satelitales incrementa (Figura 6-26, Figura 6-27 y Figura 6-28). En efecto, se registra un aumento real del 4,63 % para Laguna Chaxa, 15,73% en Laguna Barros Negros (cuerpo principal), 125% en áreas de inundación y Desborde Sur de Barros Negros y de un 1,6 % en Laguna Puilar, lo que podría ser atribuido a diferencias en el potencial de evaporación intraanual, el que registra su mínimo en meses de invierno y su máximo en verano. Para el cuerpo principal de Barros Negros, la diferencia entre enero y abril del 2022 radica en la recuperación del sistema lacustre con una expansión en el sector oriental del cuerpo lagunar (Figura 5-21), mientras que las áreas aledañas (área de inundación I, II y III) reportadas en este lapso dan cuenta de un crecimiento, el cual, a su vez, es de mayor magnitud que el semestre previamente reportado.

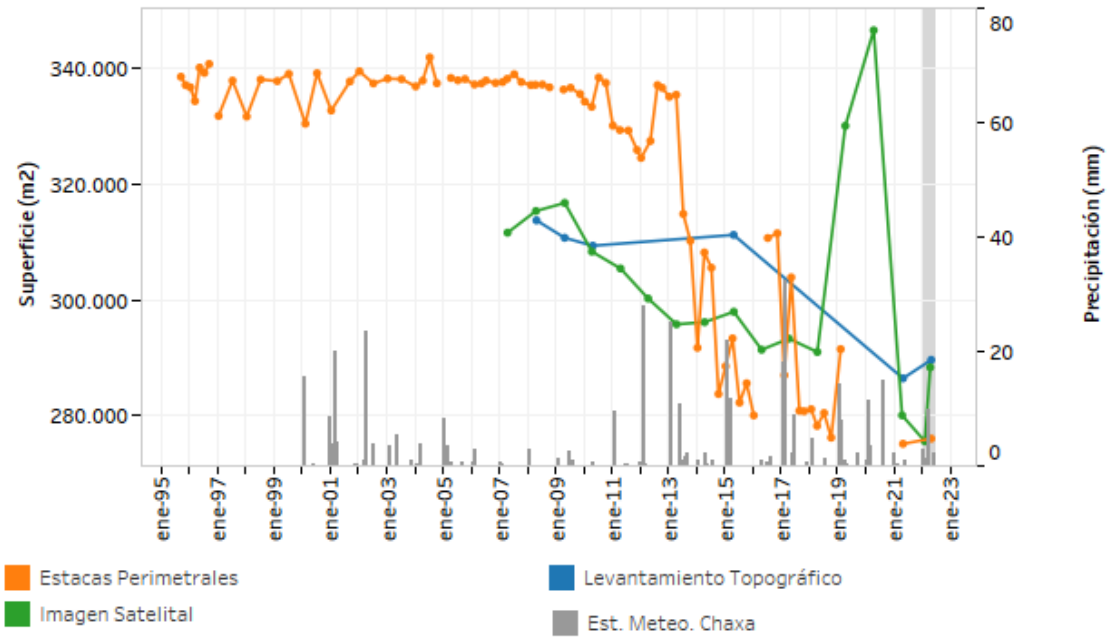
La superficie lacustre reportada para el sistema lacustre de Soncor en el presente periodo, no ha reportado variaciones areales significativas comparados con la tendencia histórica (meses de abril). Manifestándose así, un comportamiento de mantención de los cuerpos de agua principales.

Figura 6-26: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en el cuerpo principal de Barros Negros – Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-27: Superficie histórica de laguna Chaxa – SONCOR.

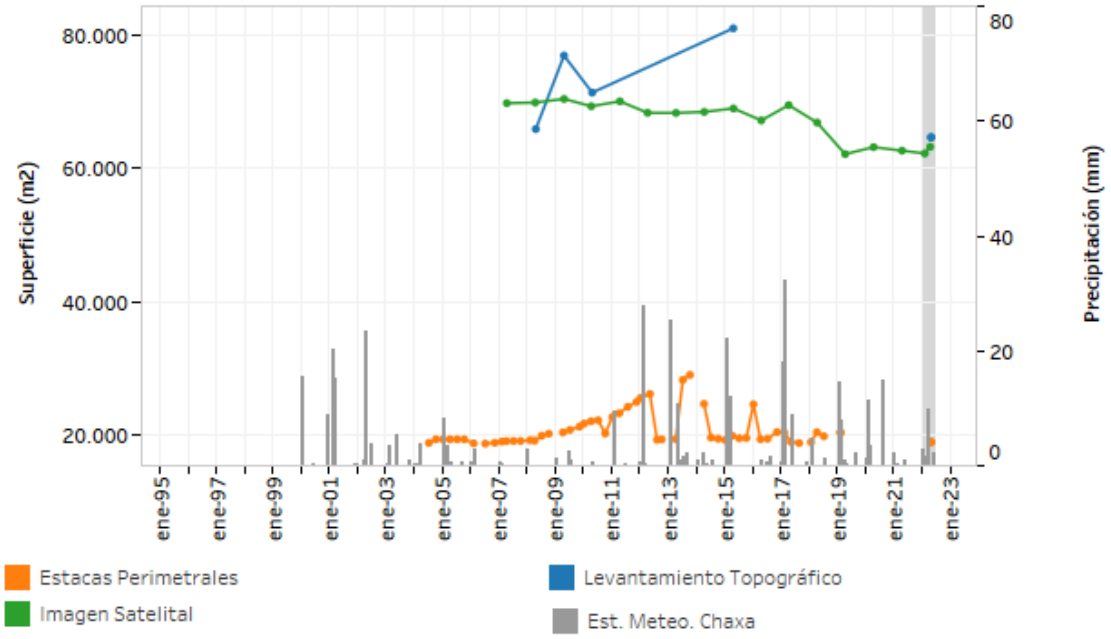


Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de dato de enero 2022 (PdC 2022).

Por otra parte, es necesario mencionar que la metodología que más difiere de un valor real en el cálculo de superficie lacustre corresponde a la medición de distancia del cuerpo de agua con estacas perimetrales. En consecuencia, y debido al acotado número de estacas, dichos resultados son relevantes solo si se consideran lapsos grandes para estudios comparativos. Un caso extremo viene dado por el sistema lacustre de Puilar, en donde el reducido número de estacas no es representativo de la película de agua total, sino más bien, solo del canal de recarga hacia el este del sistema (Figura 6-28), aunque ha seguido siendo reportado de esta manera para su consistencia.

Se debe destacar que la diferencia histórica observada posterior al 2018 responde a la no incorporación de parte del canal de recarga de Puilar (Figura 6-28), localizado aledaño al límite este CONAF. Sumado a esto, se debe considerar la dificultad de toma de puntos de control en la zona, mediante los cuales se rectifican límites difusos.

Figura 6-28: Superficie histórica de superficie lacustre en laguna Puilar – SONCOR.



Fuente: Elaboración propia. Notar diferencia entre metodología de estacas perimetrales e imagen satelital o levantamiento perimetral RTK.

En síntesis, debido a la reciente incorporación de seguimiento de superficie lacustre con frecuencia trimestral, se ha logrado observar una variabilidad importante a escala trimestral, la cual conlleva un aumento sostenido en la superficie lacustre entre enero y abril.

6.1.1.3 Meteorología

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. Durante el periodo a reportar, se observan eventos de precipitación los días 14 de enero, 11, 12, 13, 16 de marzo y 05 y 06 de junio, con precipitaciones de 3,0; 1,4; 1,5; 0,7; 9,8; 2,3 y 0,1 mm/día respectivamente. Acumulando un total de 18,8 mm durante el primer semestre del año 2022.

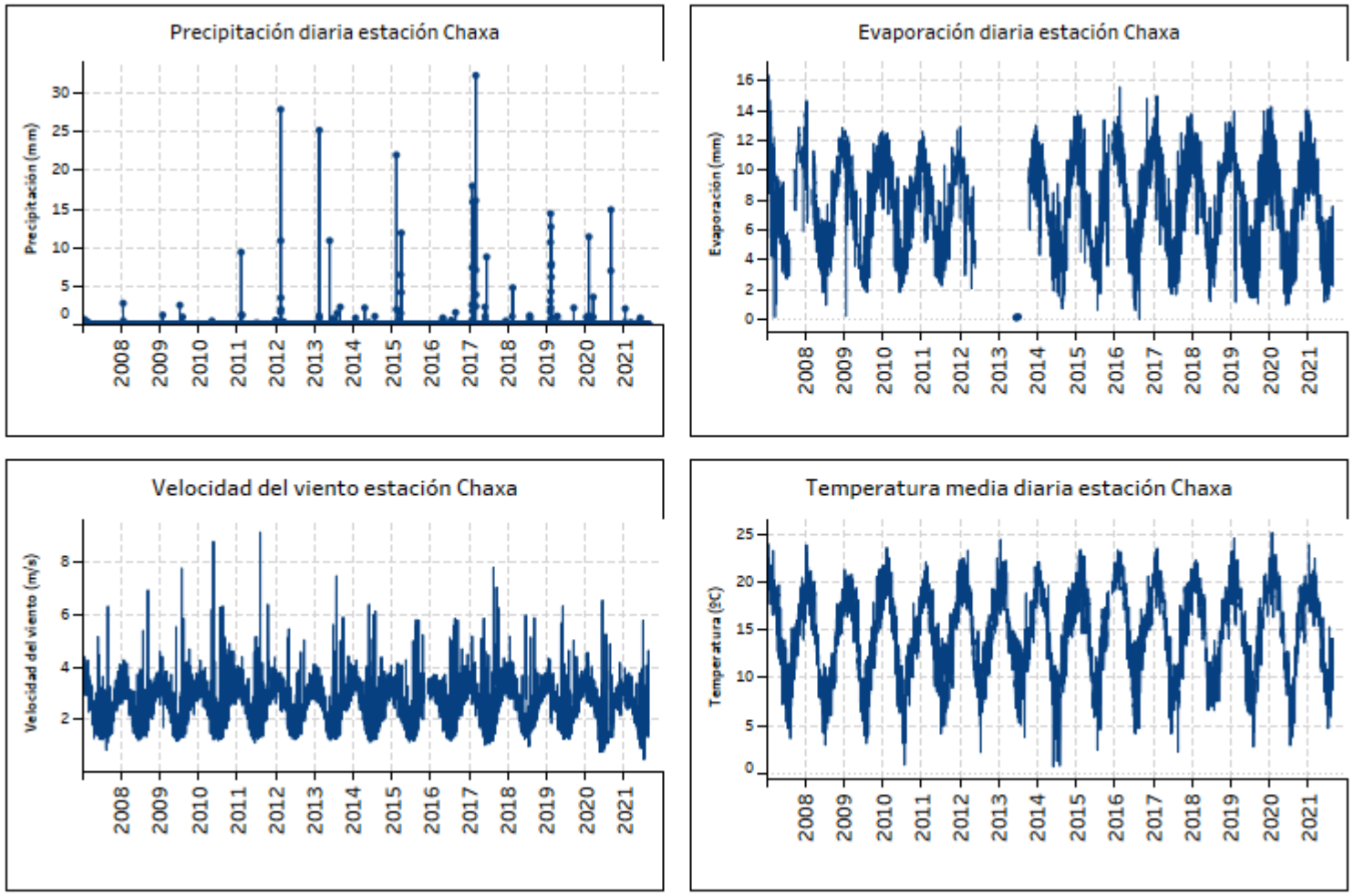
A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con máximos en verano. Cabe señalar que aquellos pozos que tienen una periodicidad anual en sus niveles se encontrarían influenciado por la evaporación y la temperatura del sector.

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 para los meses de febrero y marzo en el pluviómetro de Chaxa influyendo en los datos de precipitación[46].

Tal como se observa en la Figura 6-29, las temperaturas medias diarias durante los últimos tres años han aumentado en promedio un 1.8%, vale decir, desde un promedio histórico previo a 2018 se registran cercanos a los 14,43°C, en los últimos tres años de medición se registra un promedio de 14,70°C.

[46] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación los datos de evaporación y precipitación, debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 9.2).

Figura 6-29: Meteorología Estación Chaxa

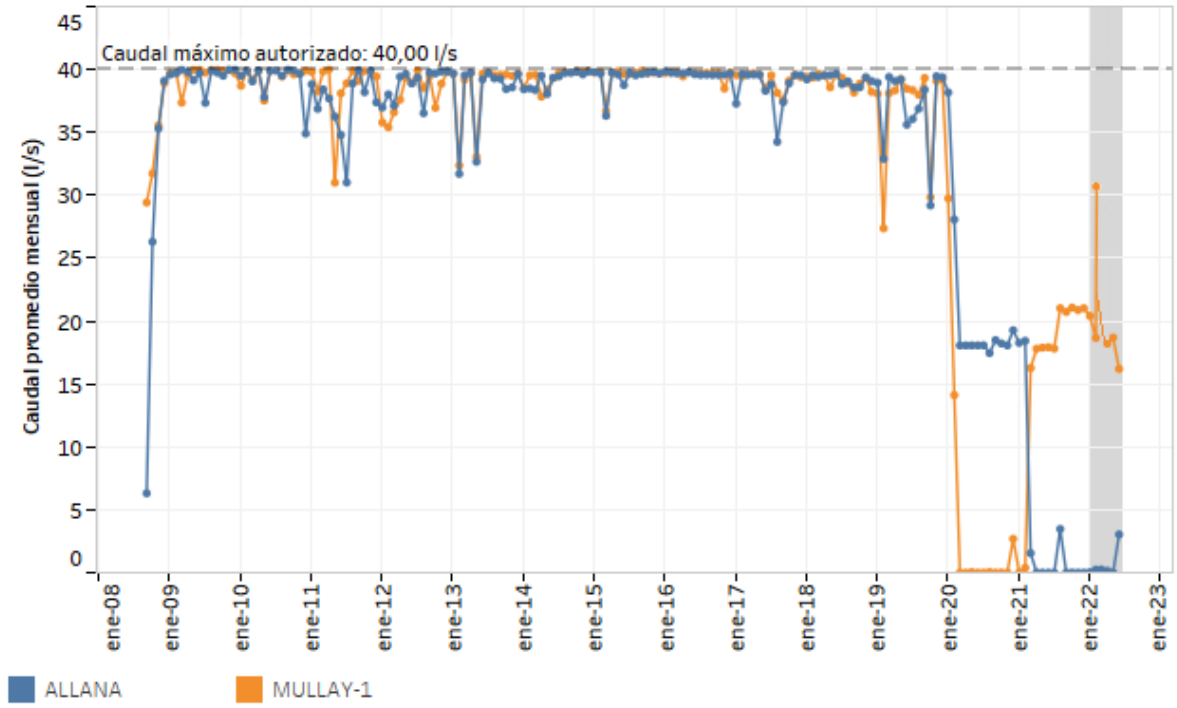


Fuente: Elaboración propia.

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 6-30 se muestran los caudales medios mensuales históricos hasta el 30 de junio 2022. Desde su puesta en marcha, ambos pozos han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s cada uno). Hasta 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. Este escenario se mantiene hasta el presente periodo a reportar.

Figura 6-30: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

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 **6-31**, Figura **6-32**, Figura **6-33**, Figura 6-34, Figura 6-35, Figura 6-36, Figura 6-37, Figura 6-38, Figura 6-39, Figura 6-40, Figura 6-41, 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.

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.

Figura 6-31**: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4**



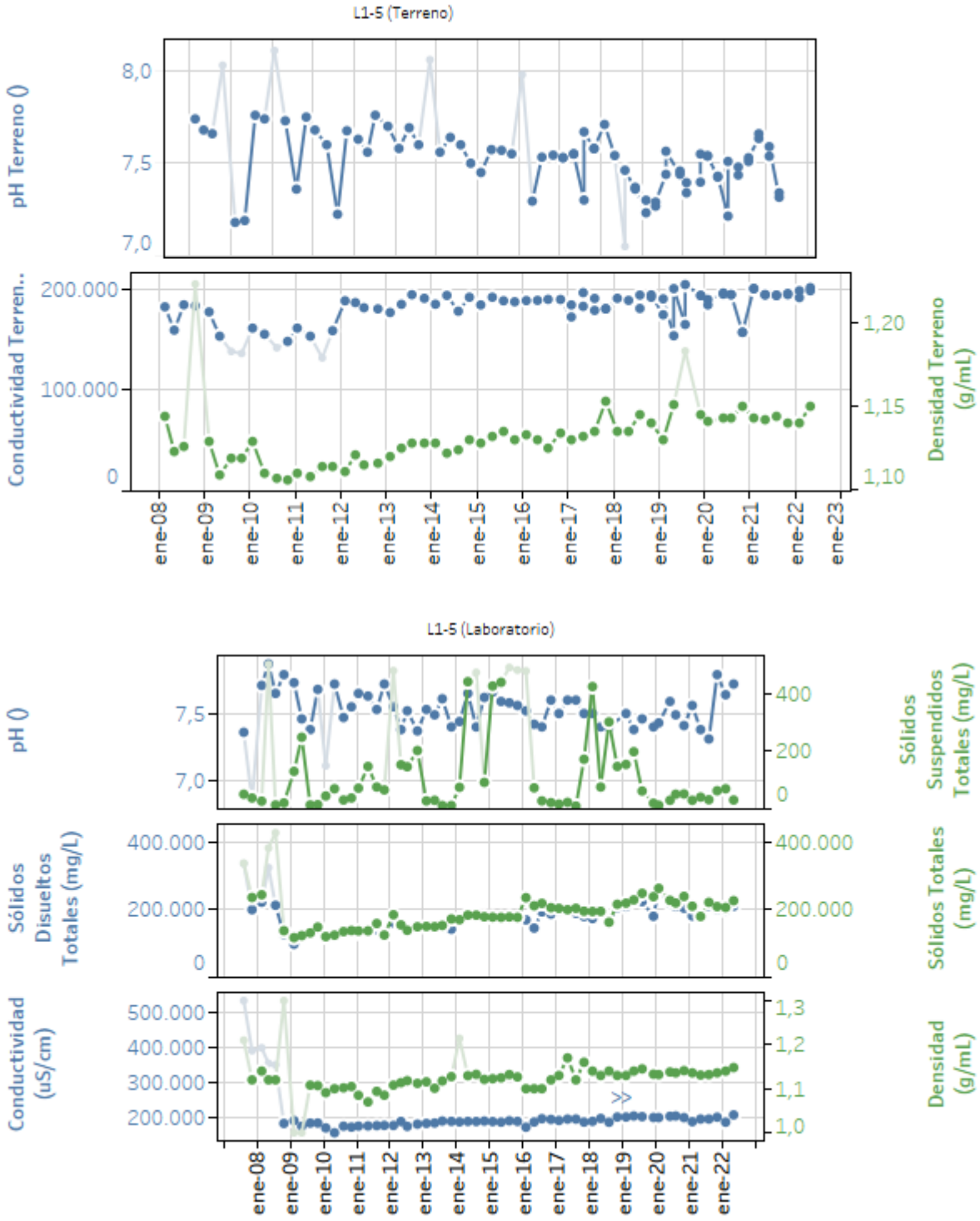
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-32**: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4**



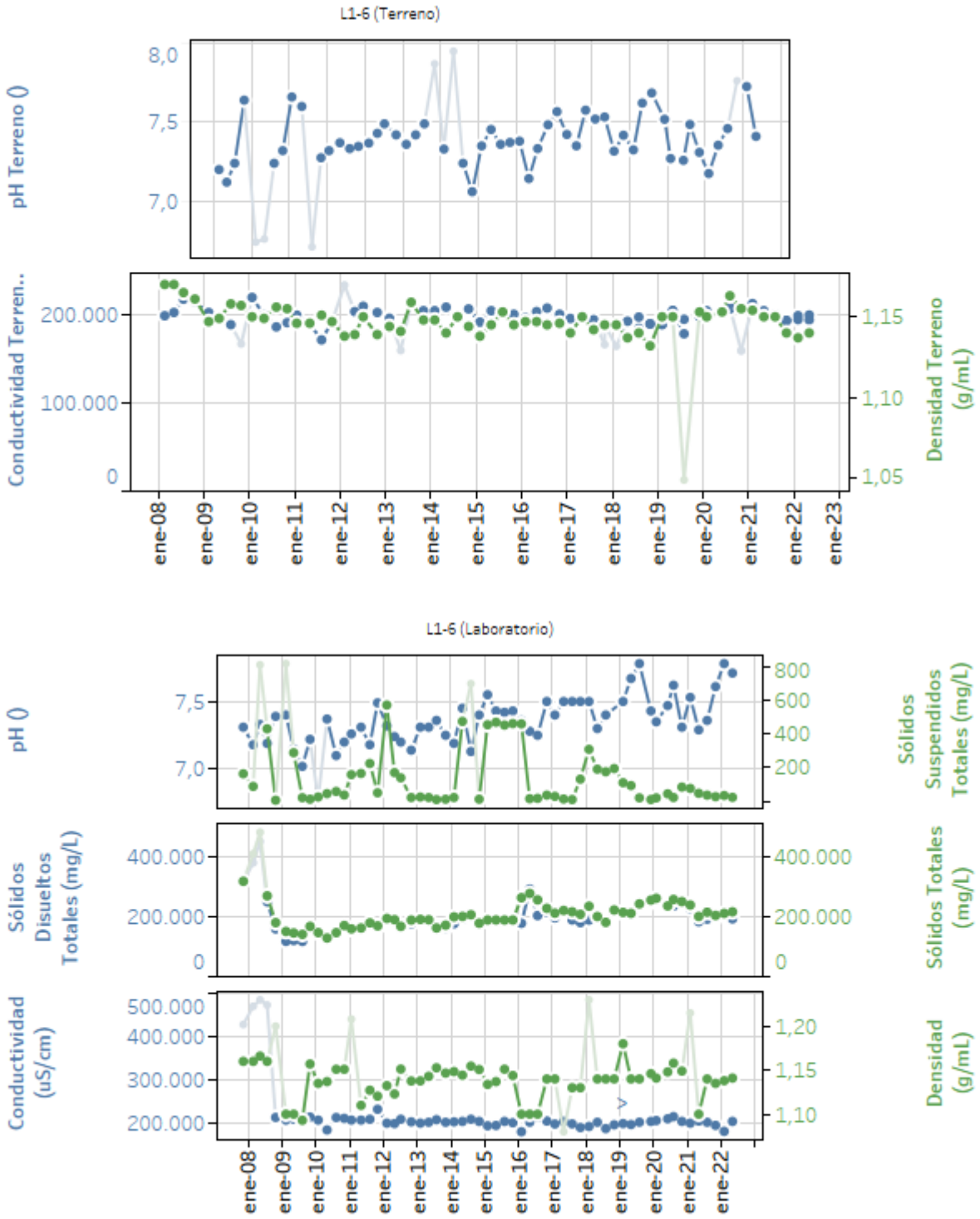
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD (Límite Detección) o >LM (Límite Medición, máximo) se presentan en los gráficos = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-33**: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5**



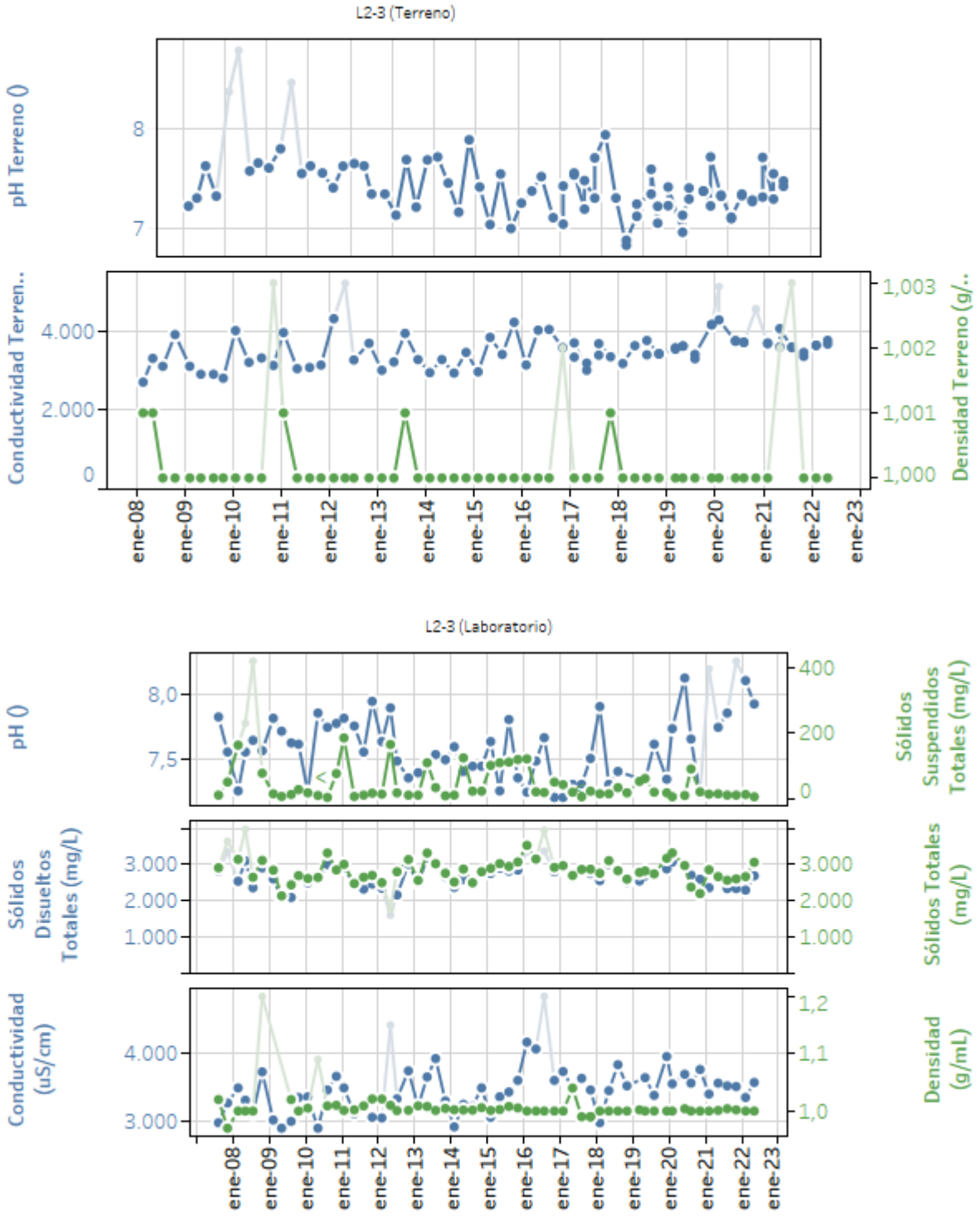
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6



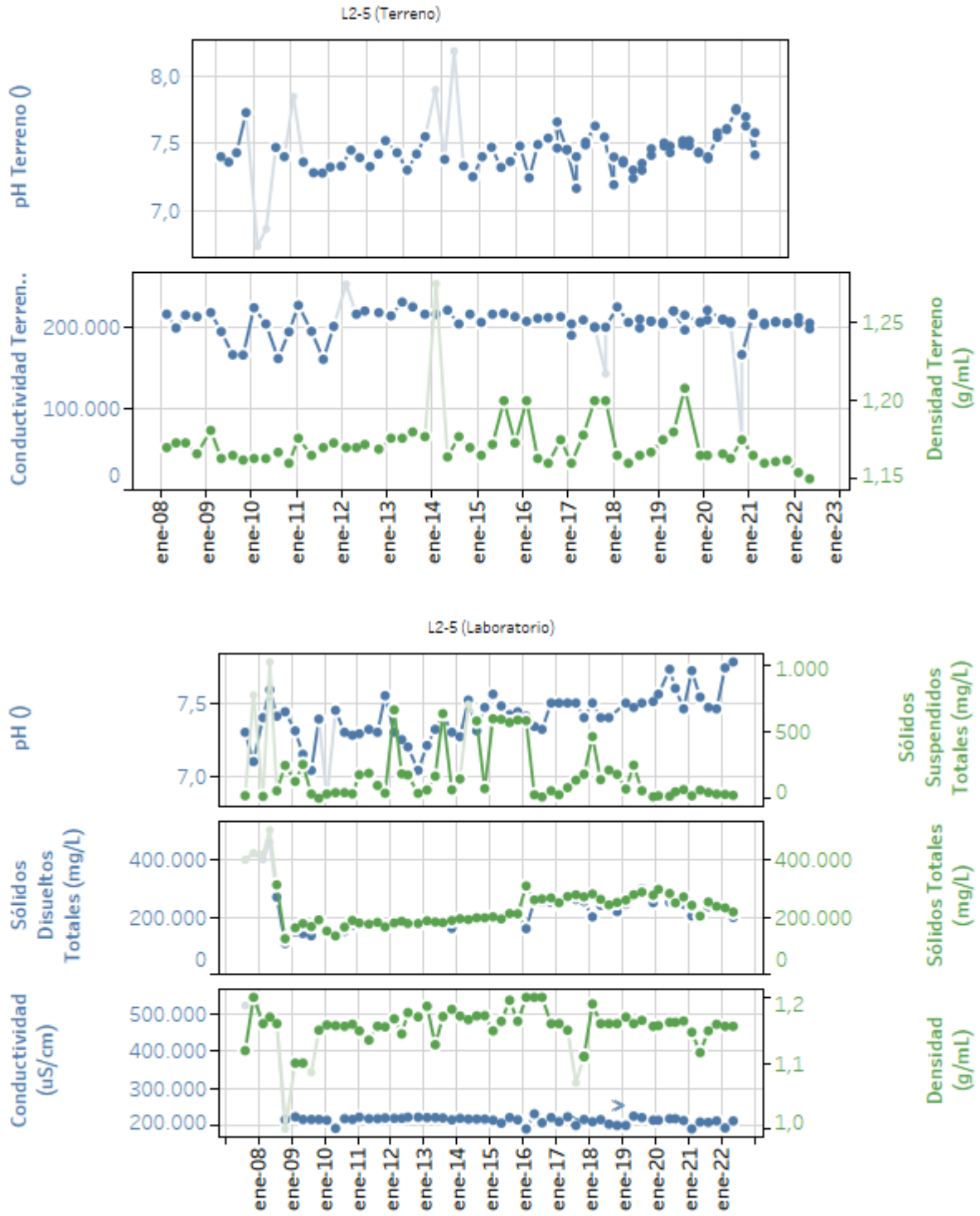
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-35: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-36: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3



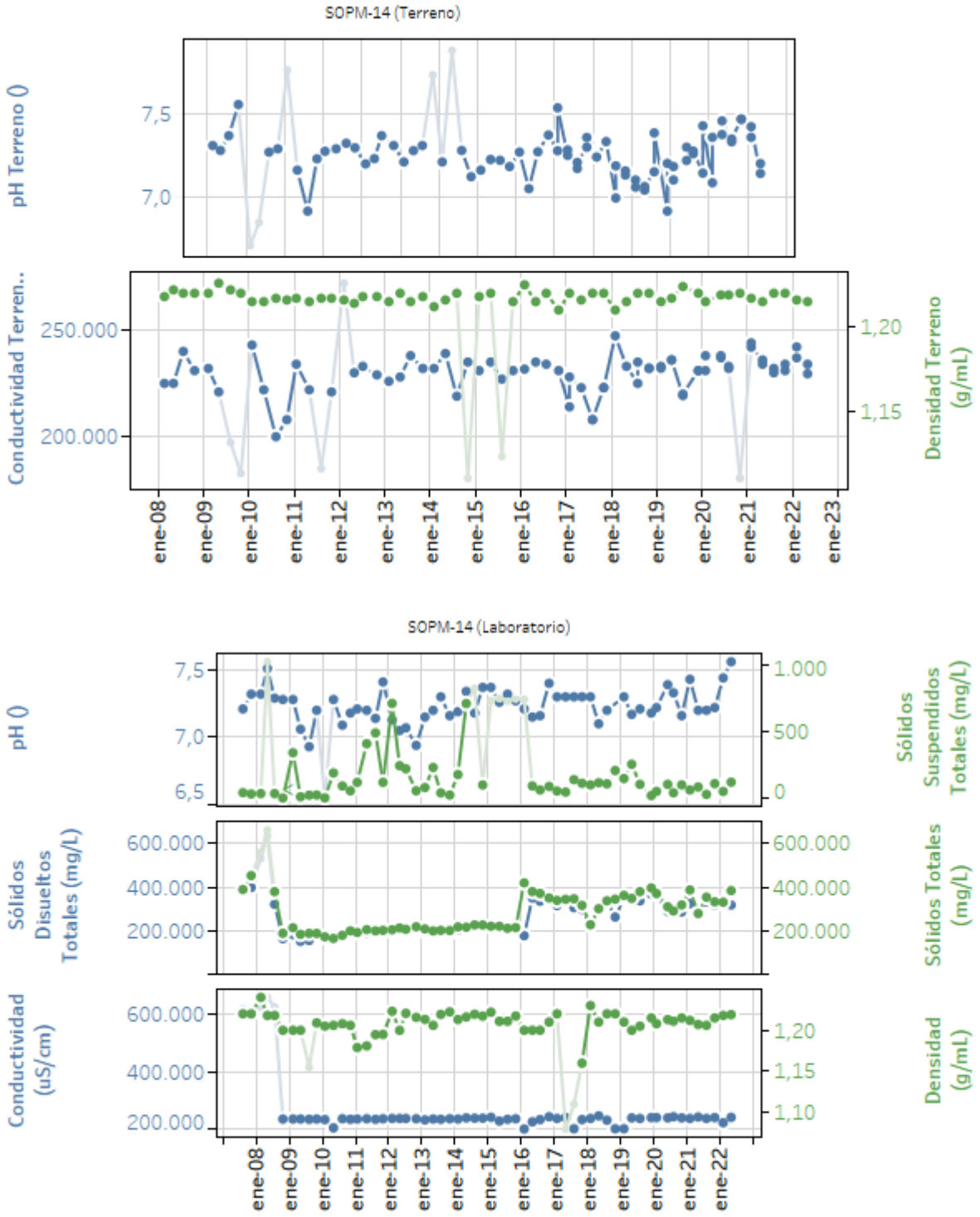
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6)



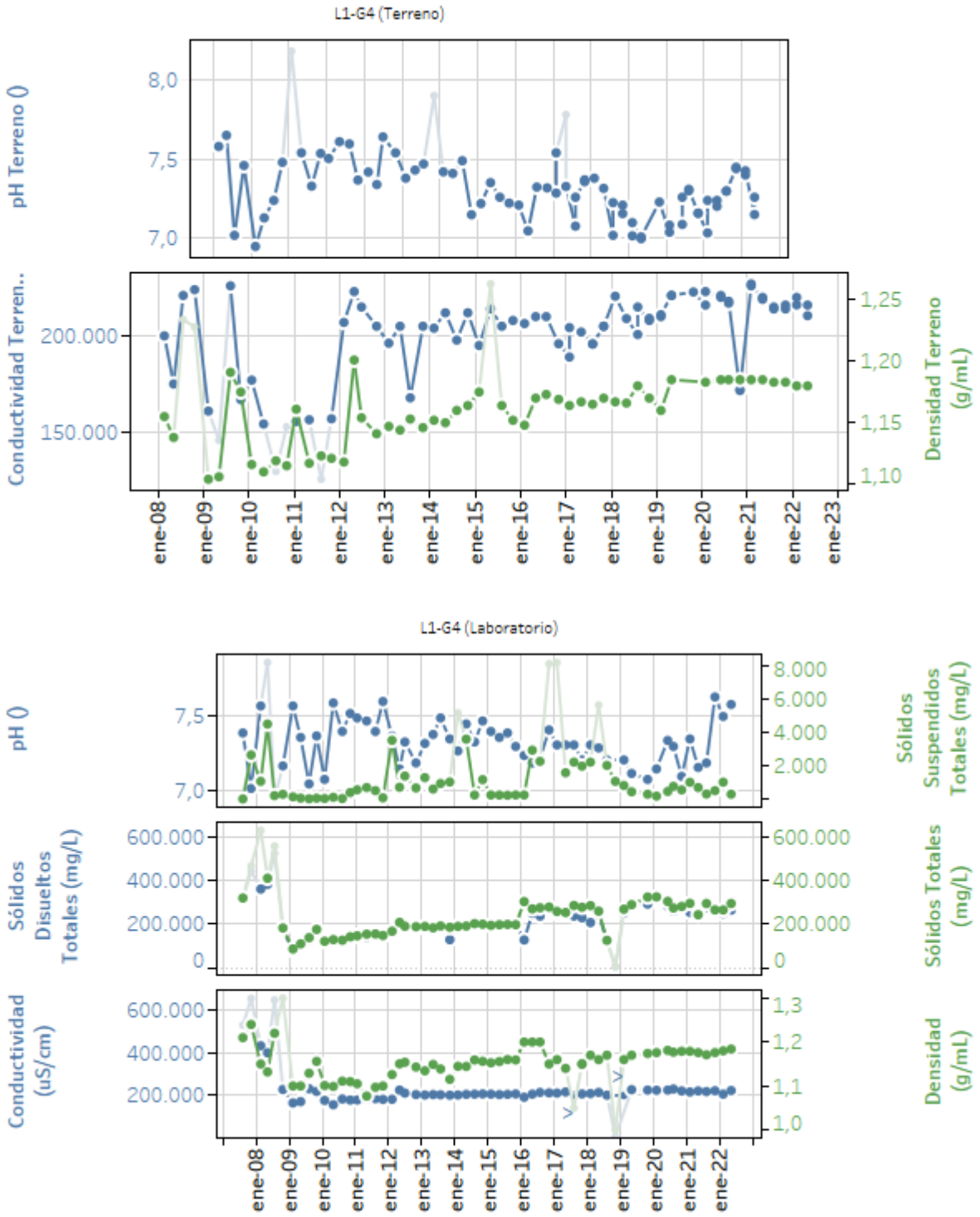
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14



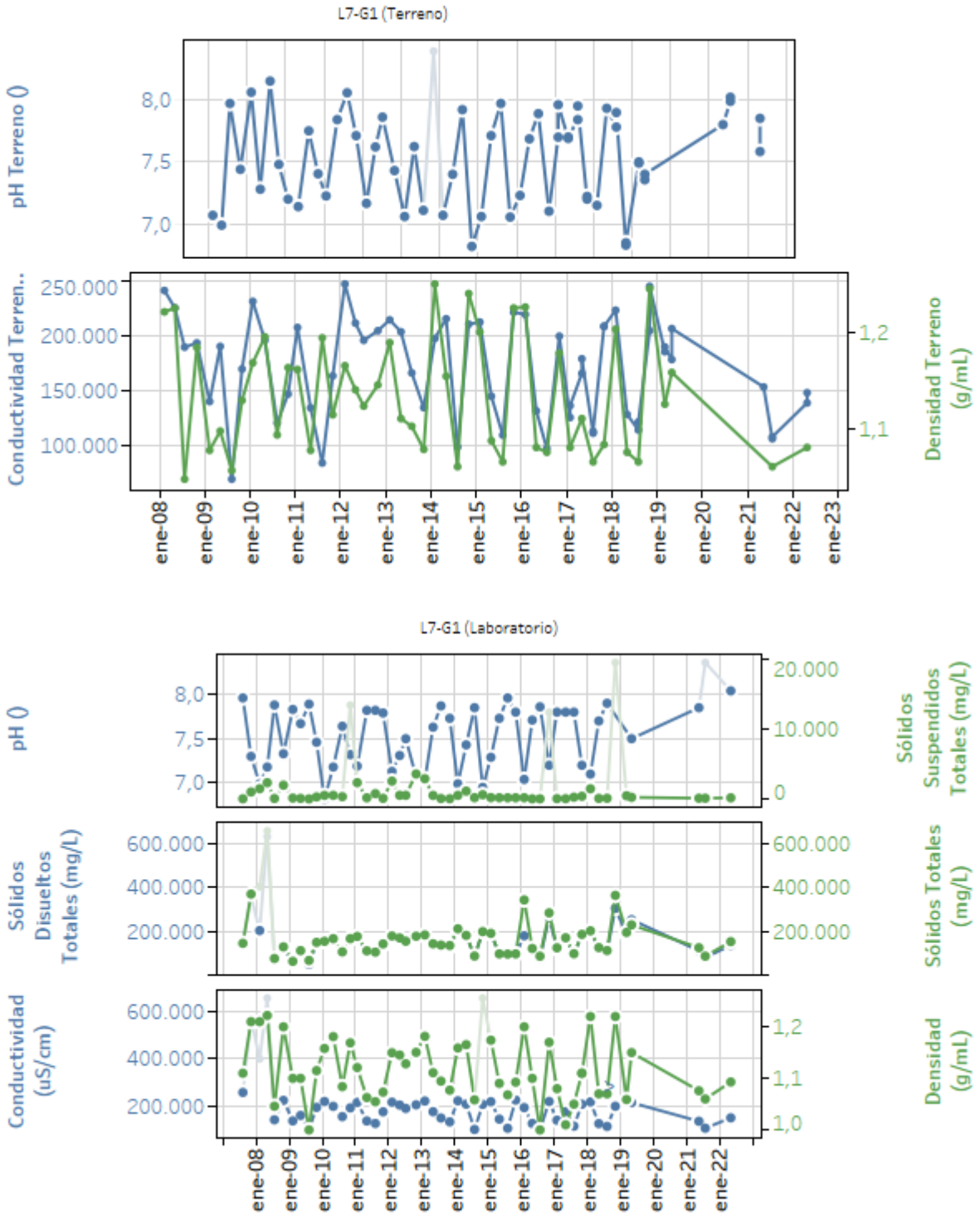
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta"<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-40: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-41: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

En la mayoría de los pozos y reglillas las mediciones realizadas el primer semestre de 2022 se encontraron dentro del rango registrado históricamente. La excepción puede mencionarse acerca de:

- Valores altos de pH medidos en laboratorios para los puntos L2-5, SOPM-14 y SOPM-7 (L2-6), representando valores máximos de la serie histórica. Cabe considerar que la medición de pH en laboratorio es menos confiable que la medición en terreno, la cual no se ha visto afectada en ninguno de estos puntos. Adicionalmente, se ha comprobado en las mediciones posteriores que los resultados de pH medidos por el laboratorio no han sufrido cambios sustanciales respecto al histórico, Pese a que el valor histórico de L2-5 es superior a 7,5 este dato no es del todo anómalo ya que es consistente con los registros de los últimos años en el pozo.

Al mismo tiempo, puede notarse que los Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales muestran un aumento en enero de 2016 y luego una relativa estabilización en los pozos, L2-5, L1-4, SOPM-7 (L2-6) y SOPM-14, como se comentó en el informe Anexo 10.3, del informe 26 PSAH 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

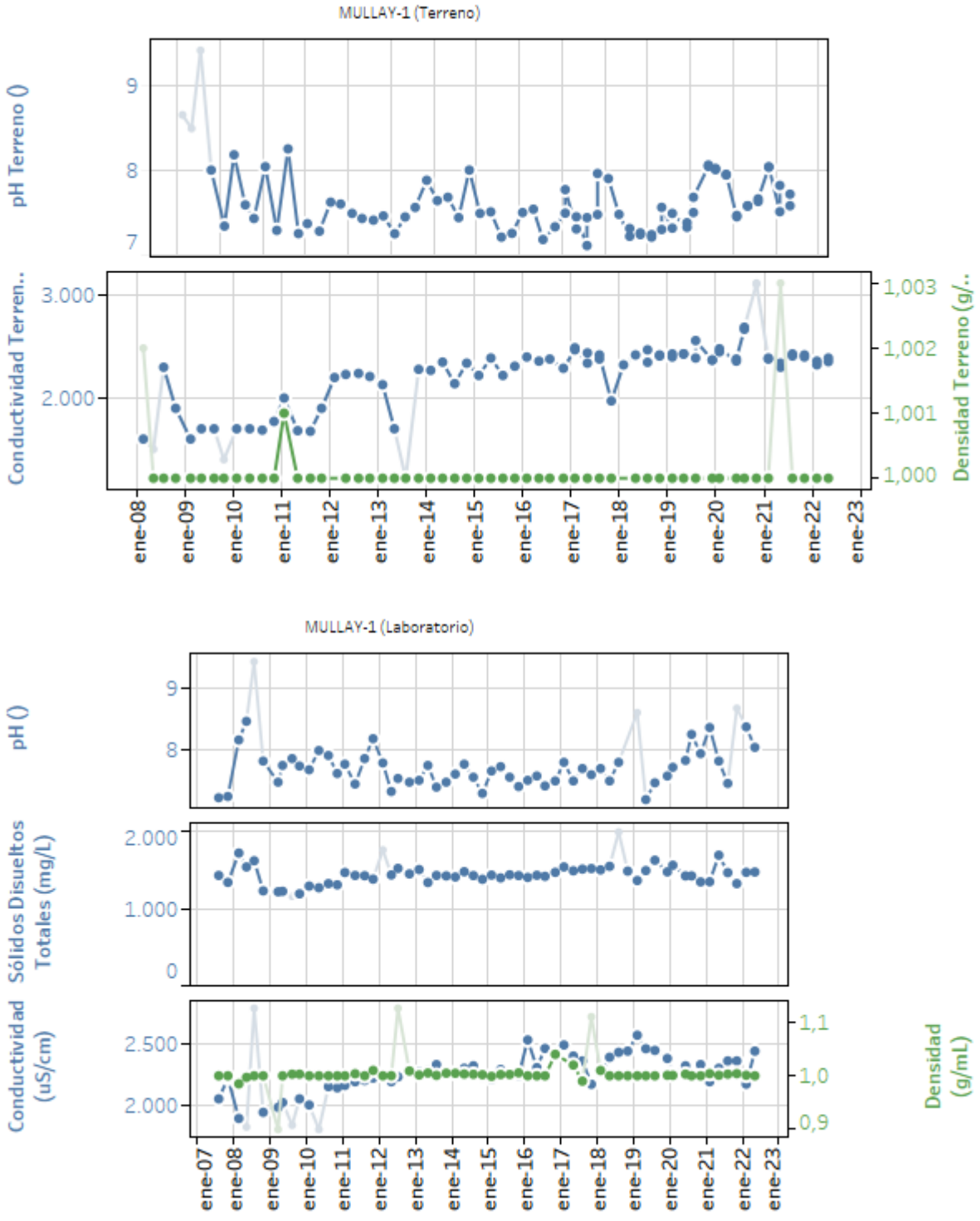
La evolución histórica de los parámetros monitoreados en los pozos de extracción de agua industrial Mullay-1 y Allana se presentan en la Figura 6-42 y Figura 6-43 respectivamente.

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 primer semestre de 2022 se encuentra dentro del rango histórico, con dos excepciones, la CE en el punto Mullay-1 y Allana durante abril 2022 se han elevado a valores cercana a los 2450 (us/cm) y 4300 (us/cm) respectivamente, ambos simulando comportamiento de 2019, situación similar con respecto a la medición de N-nitrato en el punto de Mullay-1, su valor ha aumentado sobre el 1mg/ml simulando escenario de 2019, este valor

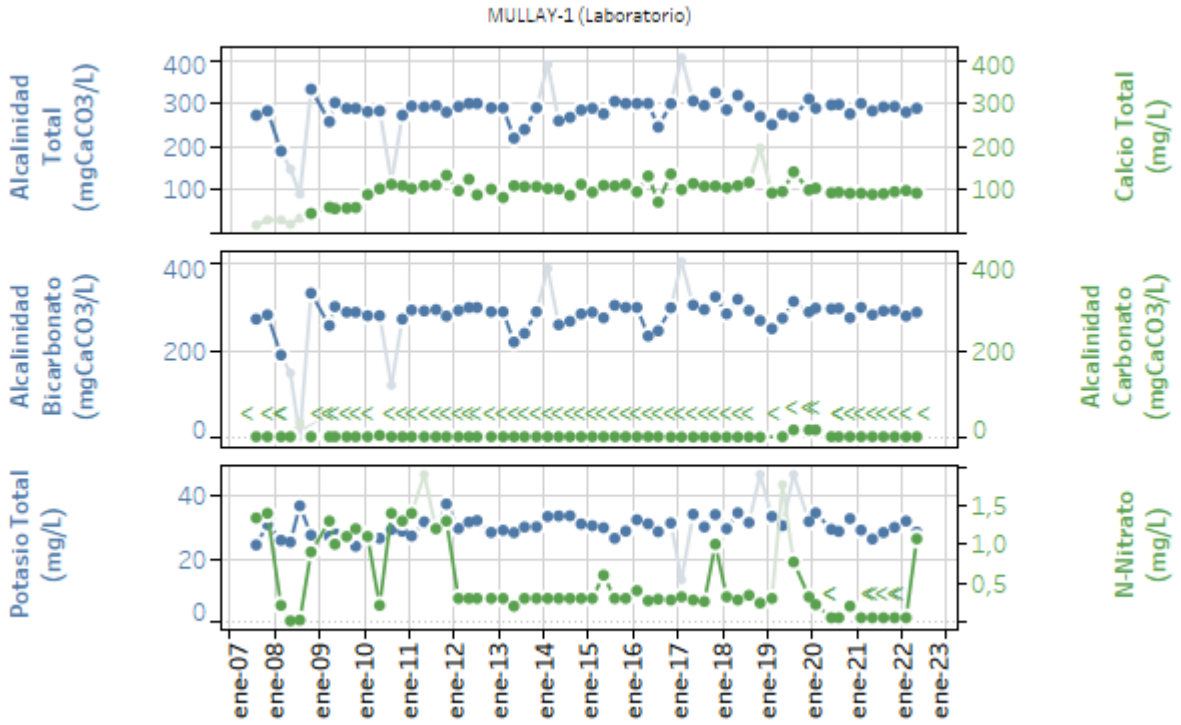
será verificado como un dato anómalo o no con mediciones posteriores al periodo a reportar. Así mismo, para el pozo Allana, que presentan valores mayores a lo habitual en sus registros de potasio y podría ser explicado por encontrarse detenido el pozo durante el periodo a reportar, sin embargo, se ha considerado a este valor como no valido.

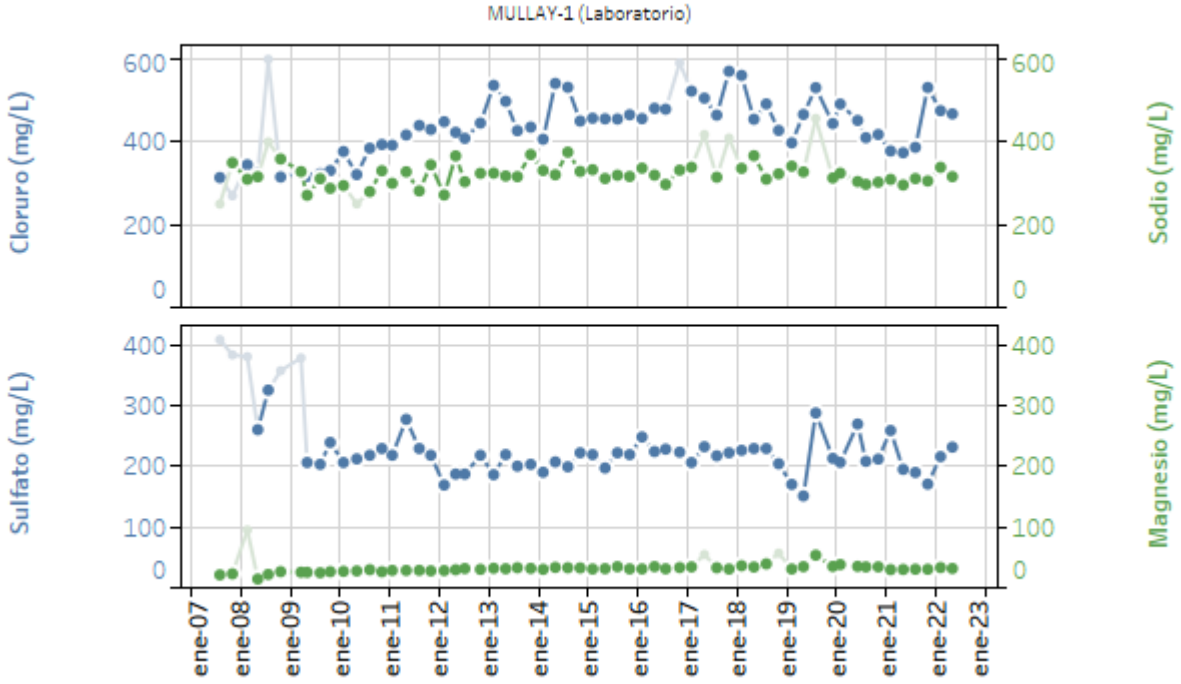
Figura 6-42 Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



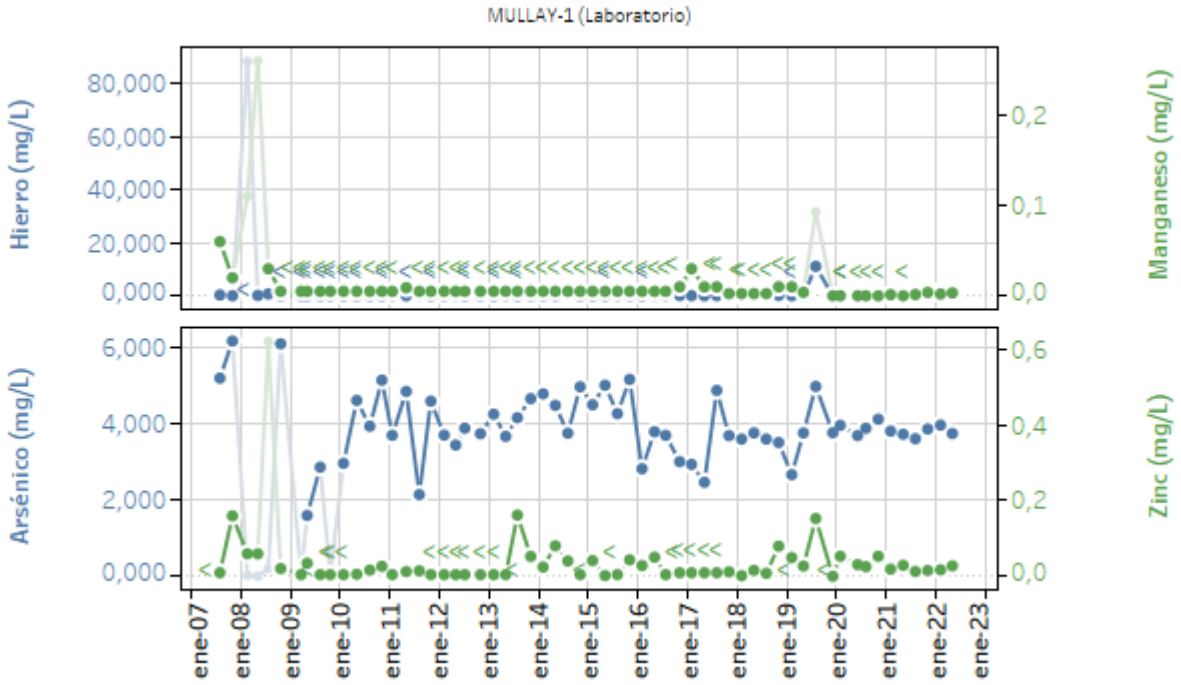
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



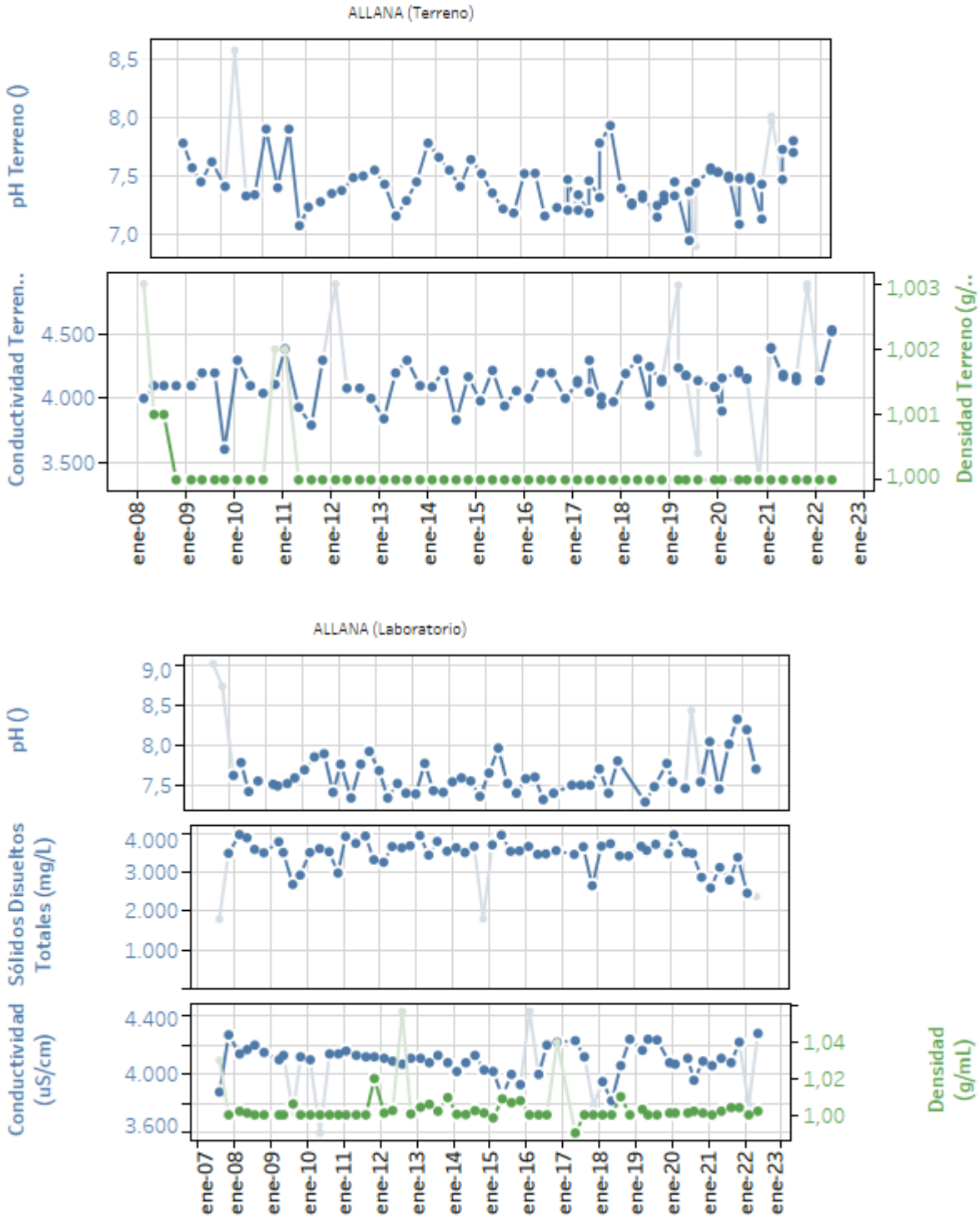


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1

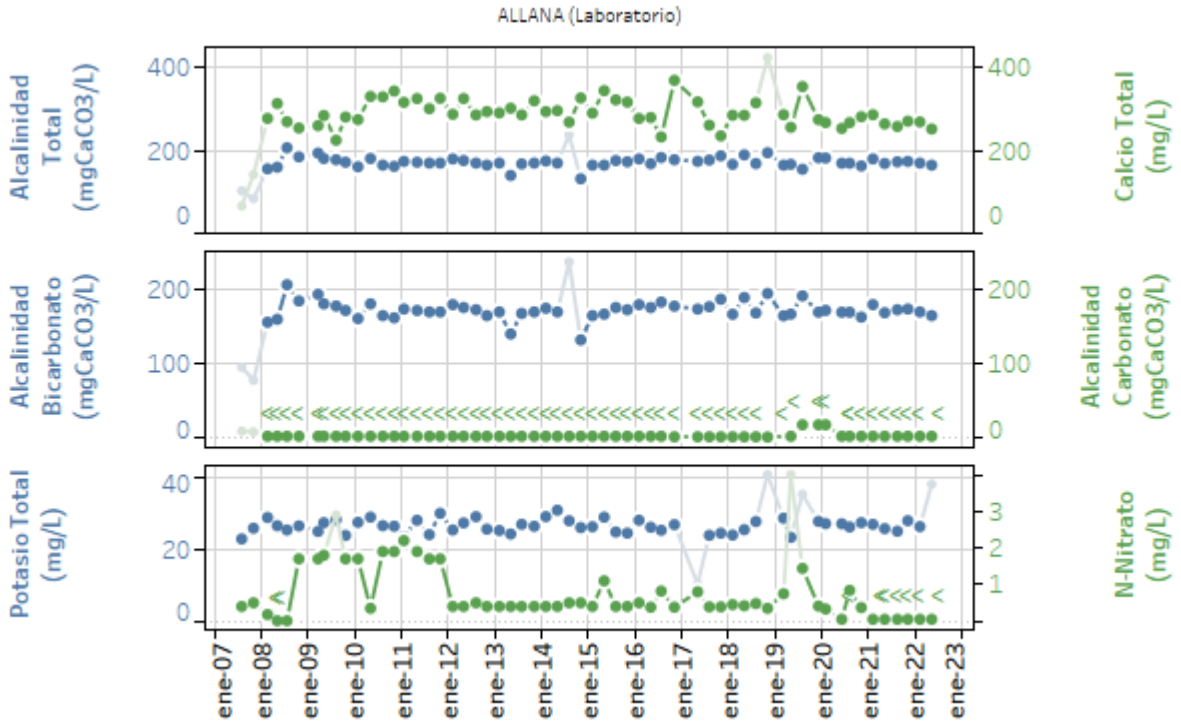


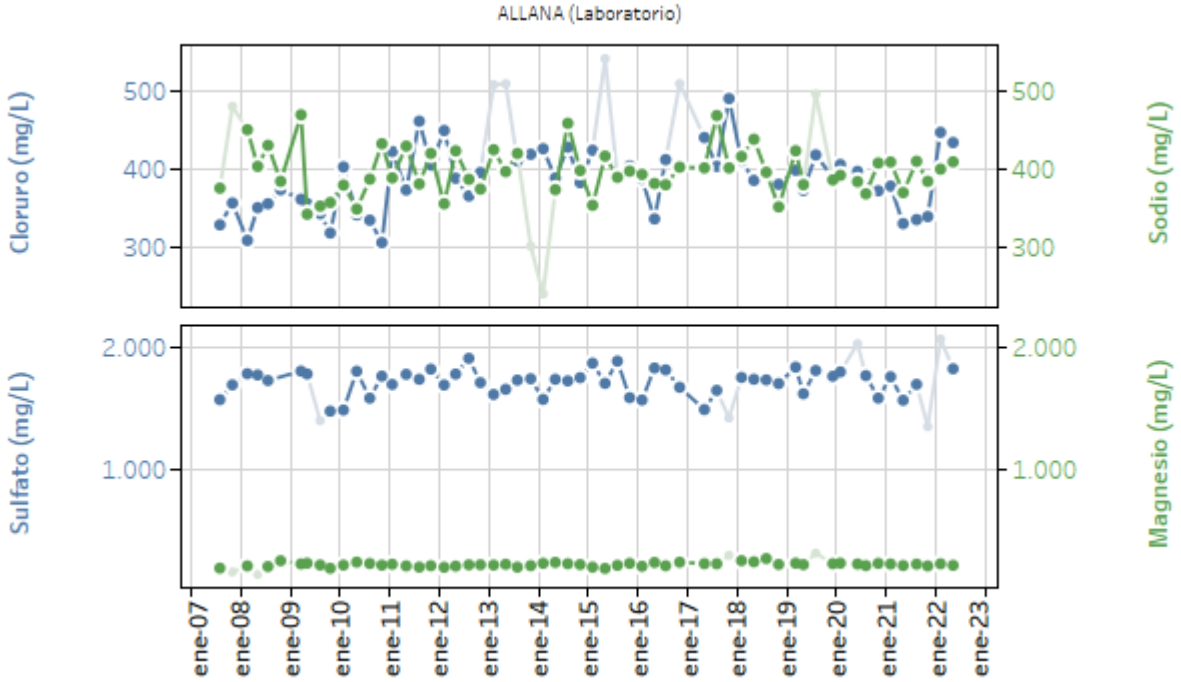
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana

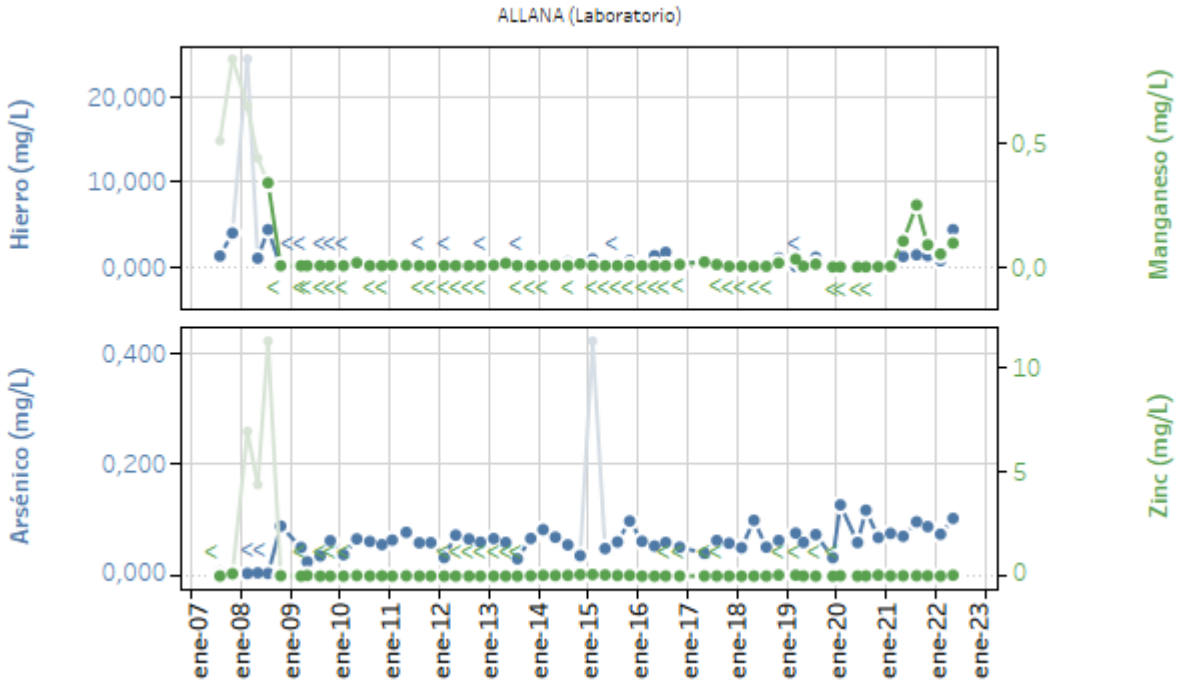


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana





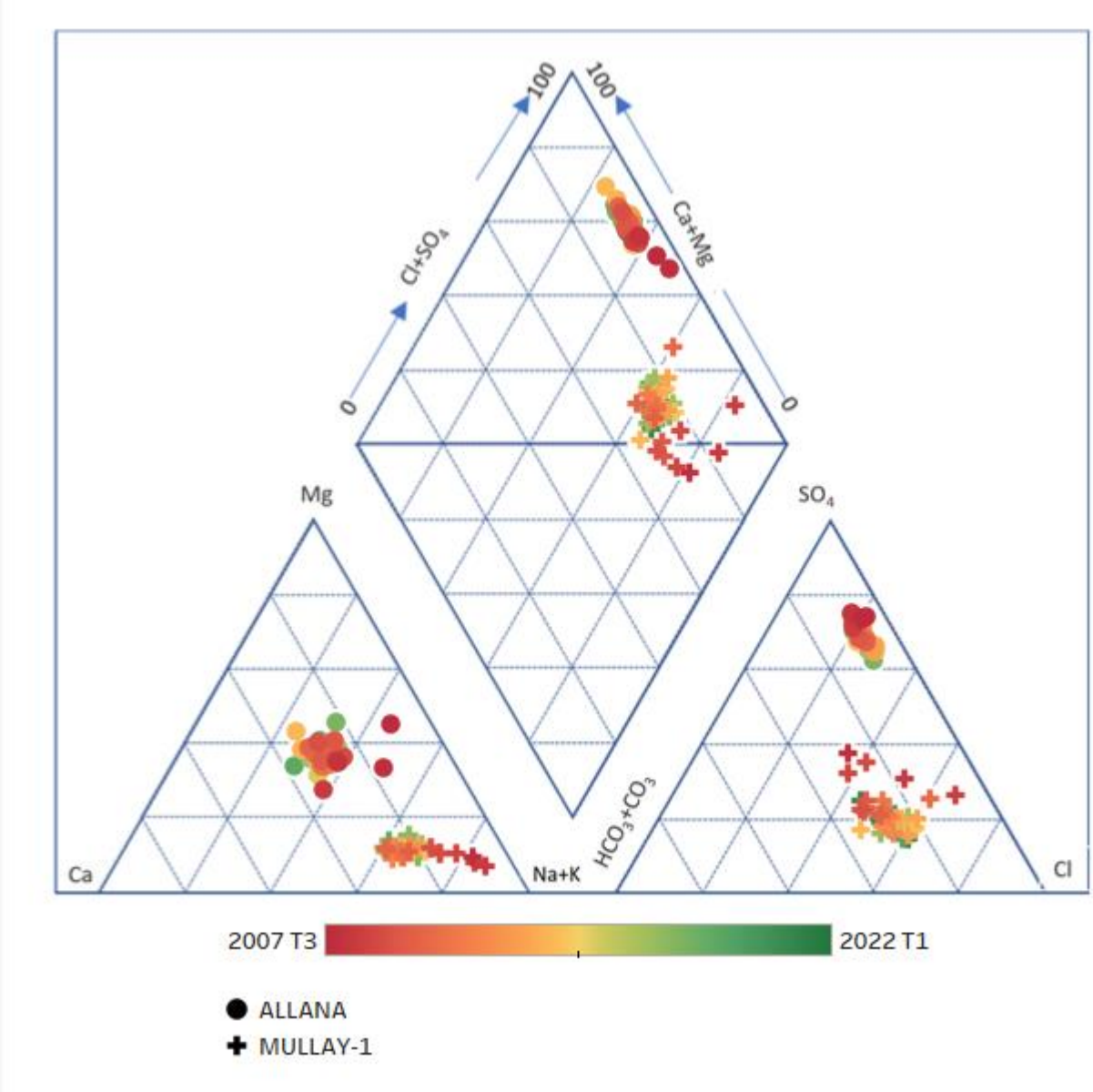
(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



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 4.5.8) se muestran con resalte.

La Figura 6-44 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 Arsenico. Todo ello es esperable pues, la mayoría de los pozos en el acuífero aluvial se observan clorurados sódicos, 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 6-44: Diagrama de Piper para los puntos Mullay-1 y Allana



Fuente: Elaboración propia

Respecto a tendencias temporales, en la 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 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

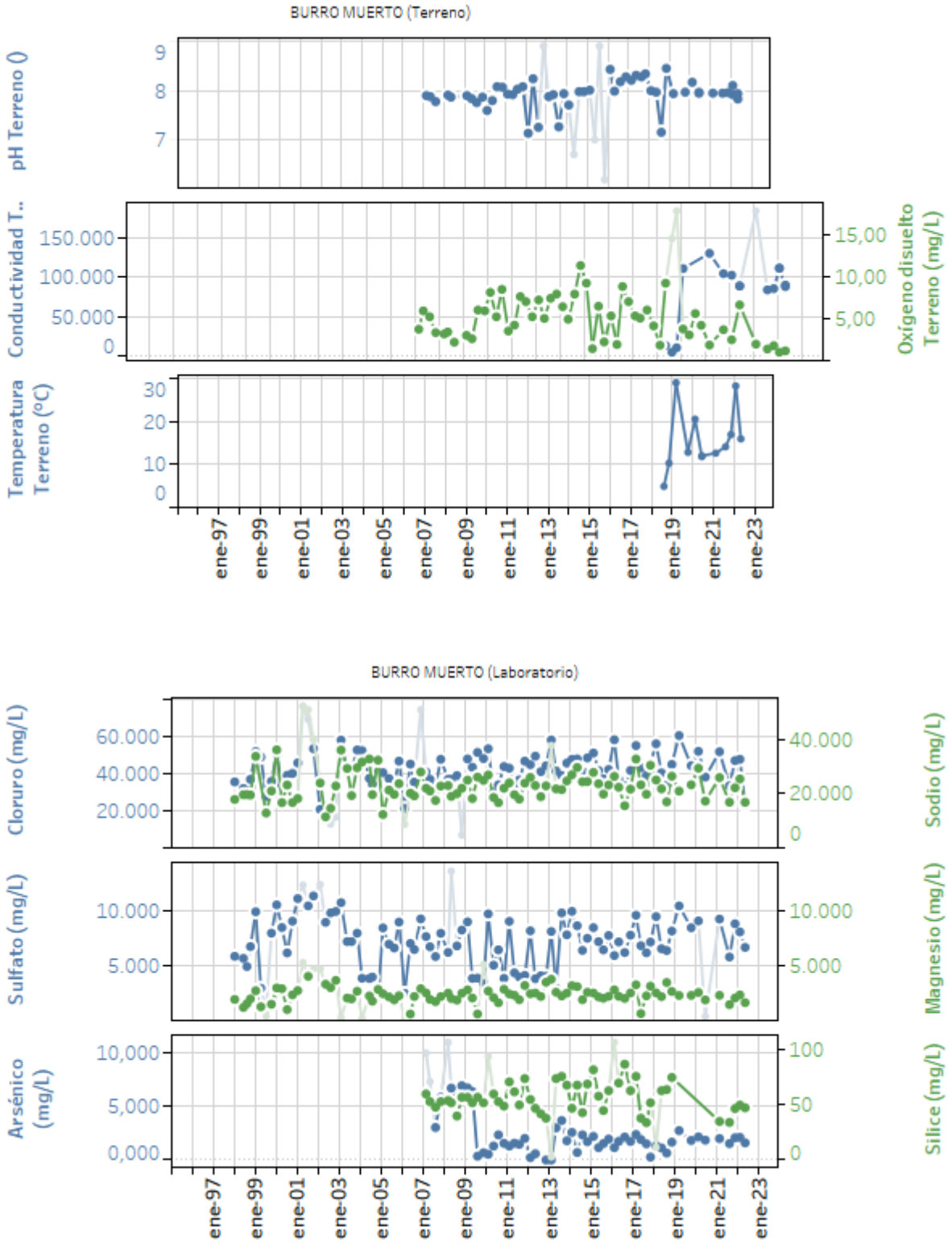
Las En el primer semestre de 2022 todos los parámetros medidos se encuentran dentro del rango histórico a excepción del oxígeno disuelto en Puilar que se encuentra muy cercano a su valor mínimo histórico. En otro sentido, se registran los valores más altos históricos en laguna Chaxa en el parámetro de coliformes totales (NMP/100ml), lo que implica una alta tasa bacteriana en la columna de agua, situación esperable en cuerpos acuáticos someros donde habita fauna.

Figura 6-45, Figura 6-46 ,Figura 6-47, Figura 6-48 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.

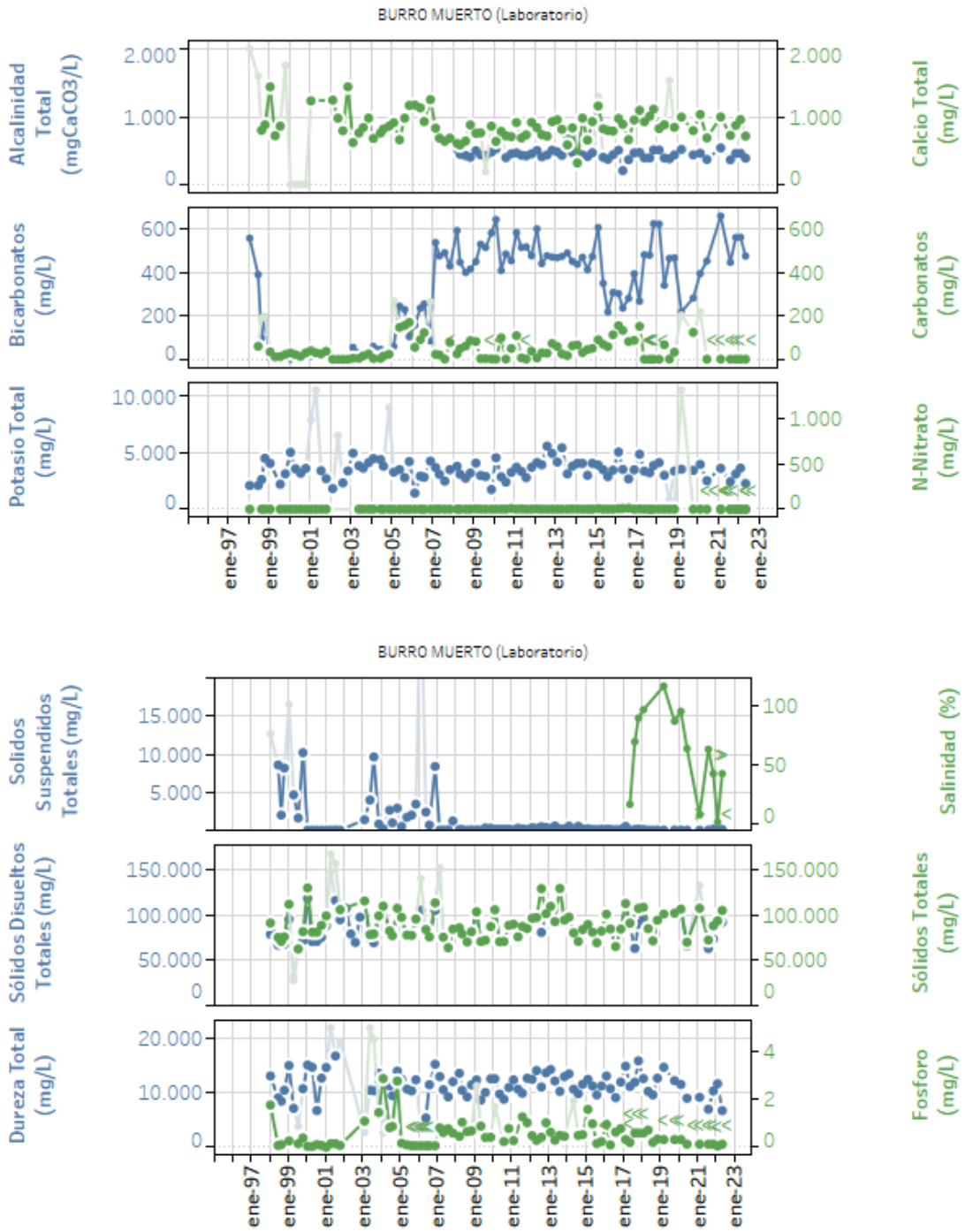
Al tratarse de agua superficial, el canal Burro Muerto y las lagunas que son alimentadas por él, Chaxa y Barros Negros, presentan una marcada estacionalidad controlada por la evaporación y el régimen de caudales, alcanzando las concentraciones y conductividades valores máximos en verano y mínimos en 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 primer semestre de 2022 todos los parámetros medidos se encuentran dentro del rango histórico a excepción del oxígeno disuelto en Puilar que se encuentra muy cercano a su valor mínimo histórico. En otro sentido, se registran los valores más altos históricos en laguna Chaxa en el parámetro de coliformes totales (NMP/100ml), lo que implica una alta tasa bacteriana en la columna de agua, situación esperable en cuerpos acuáticos someros donde habita fauna.

Figura 6-45: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto

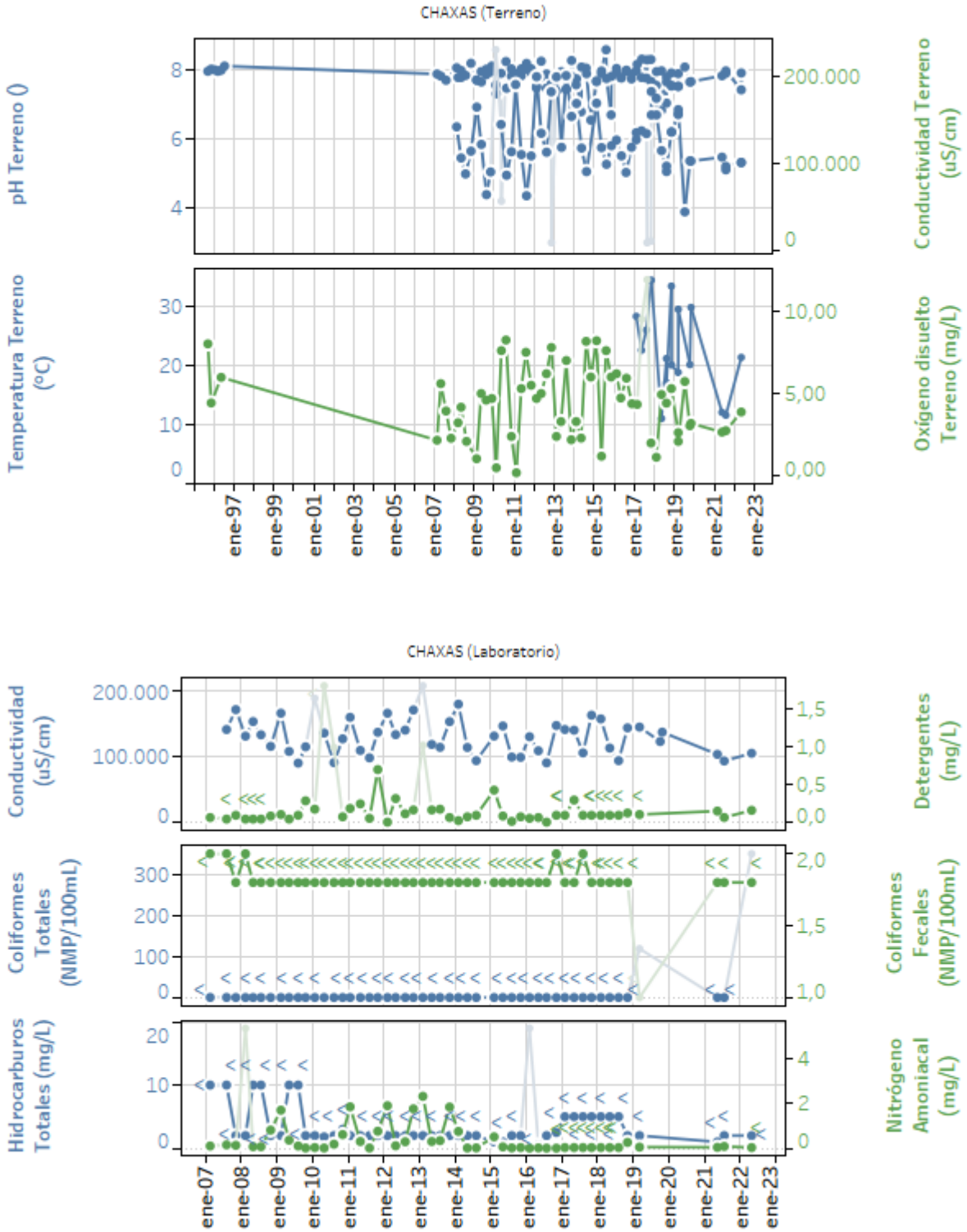


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto

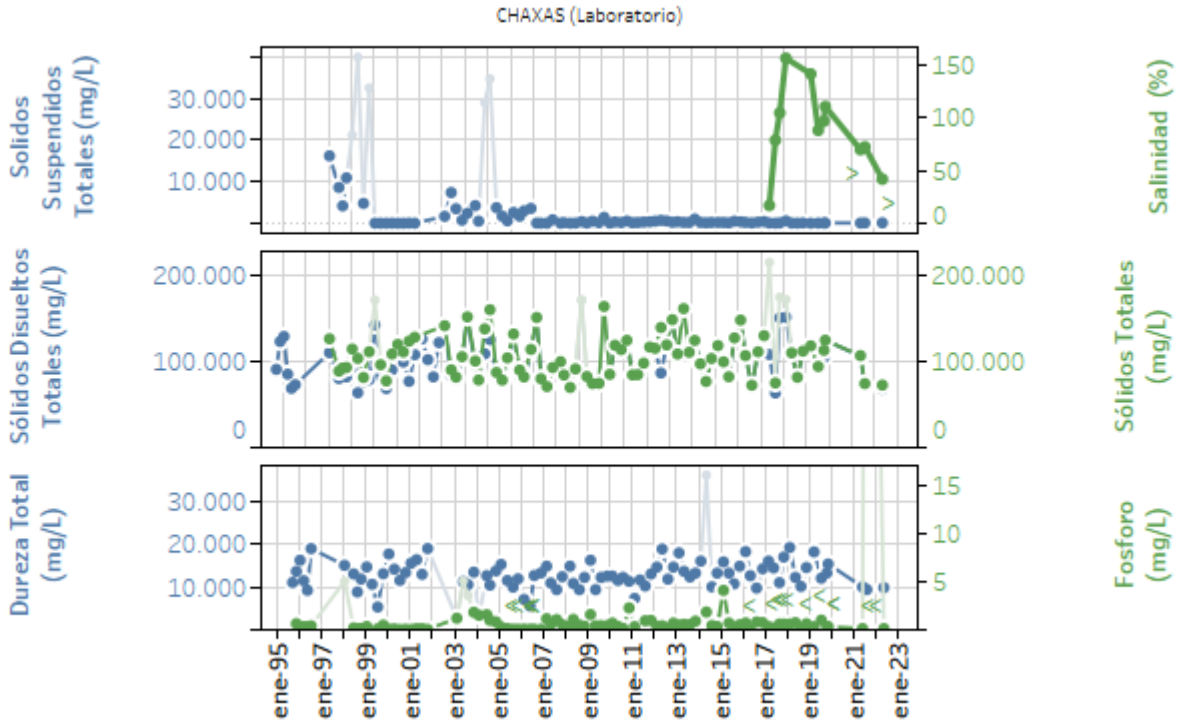


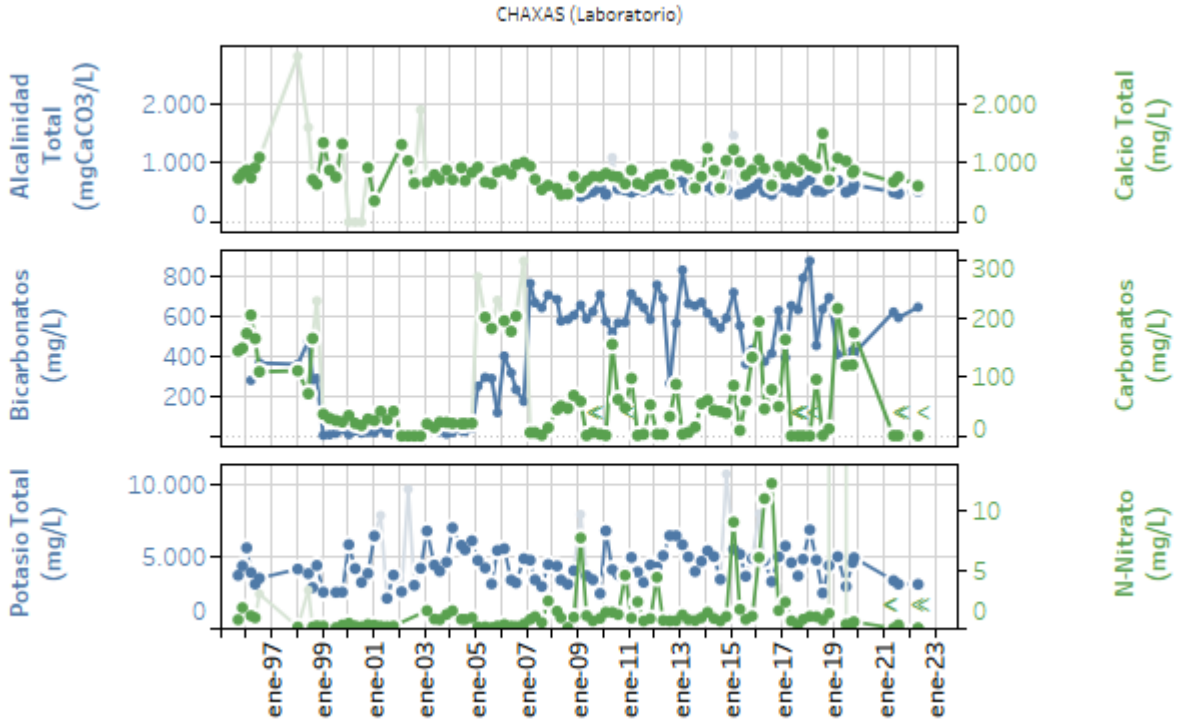
Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de Sólidos suspendidos Totales para febrero 2006 (35.040mg/L) y el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1.325mg/L). Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

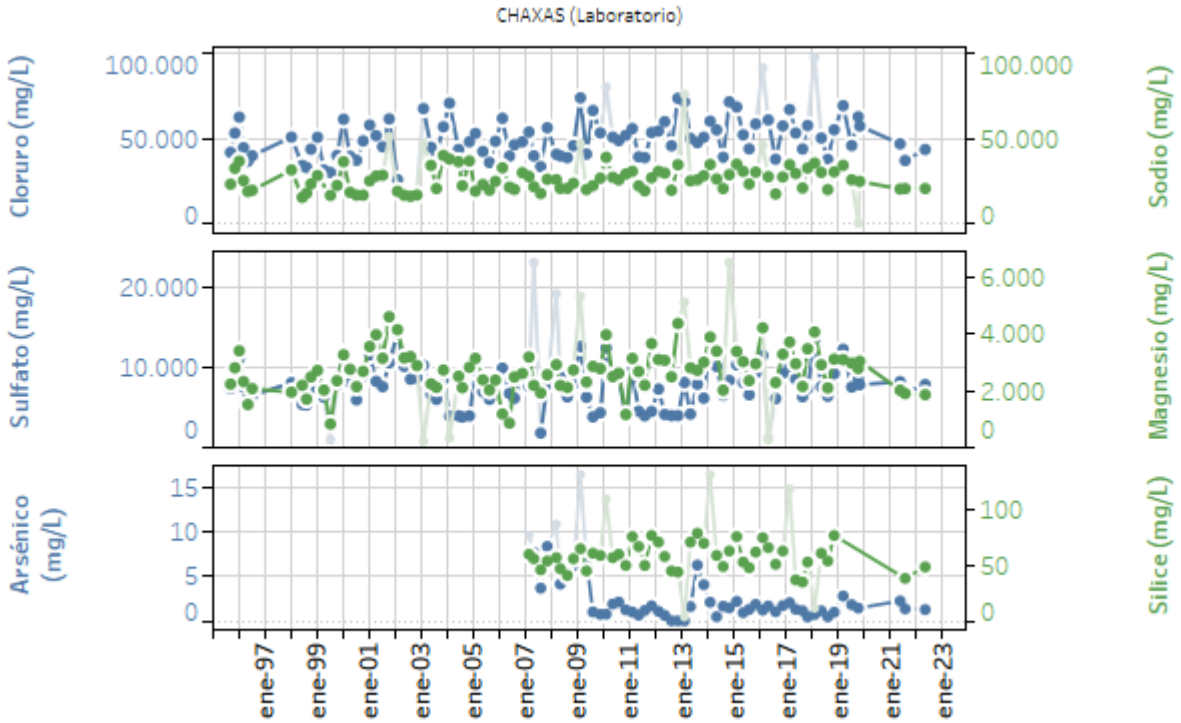


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa



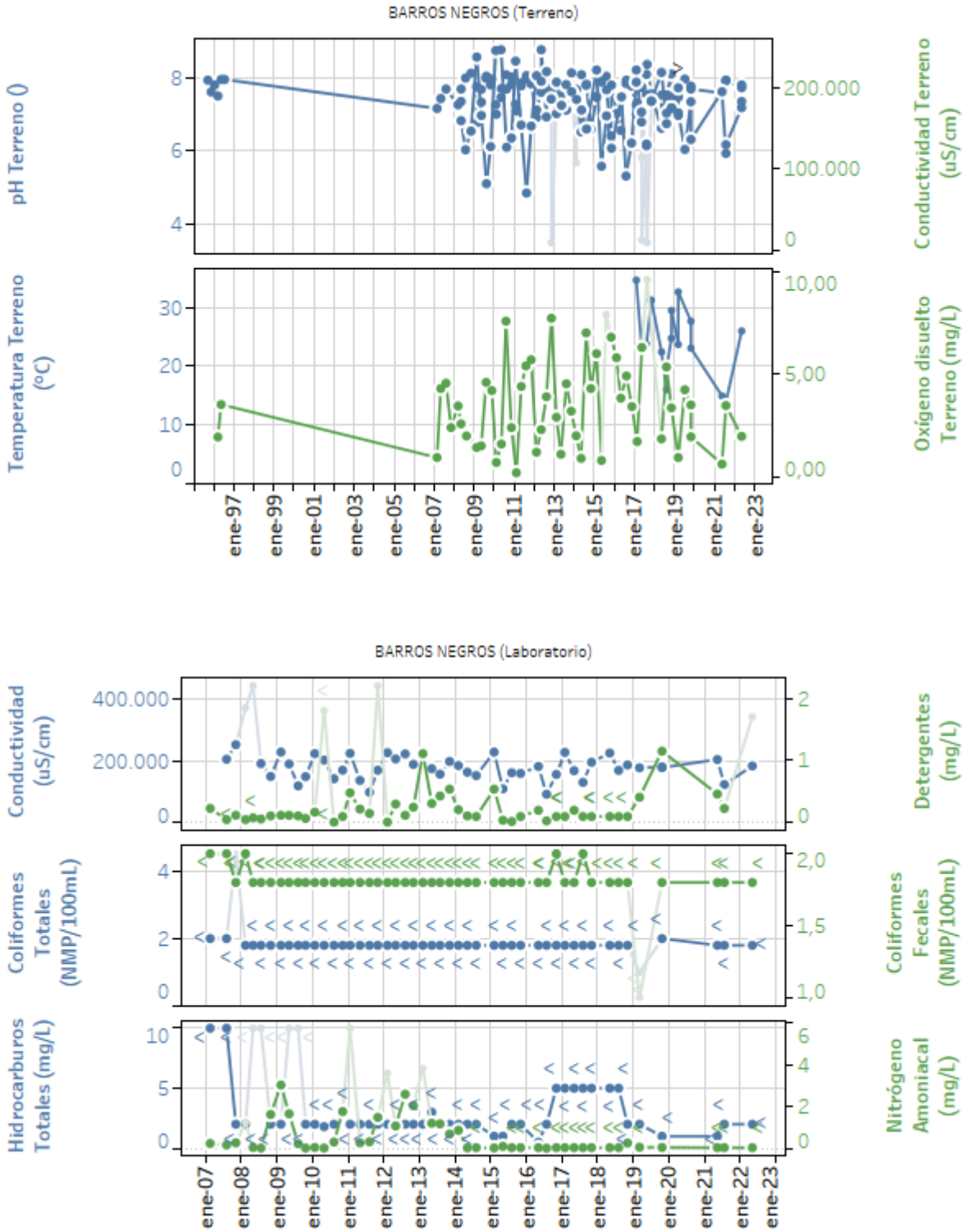


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

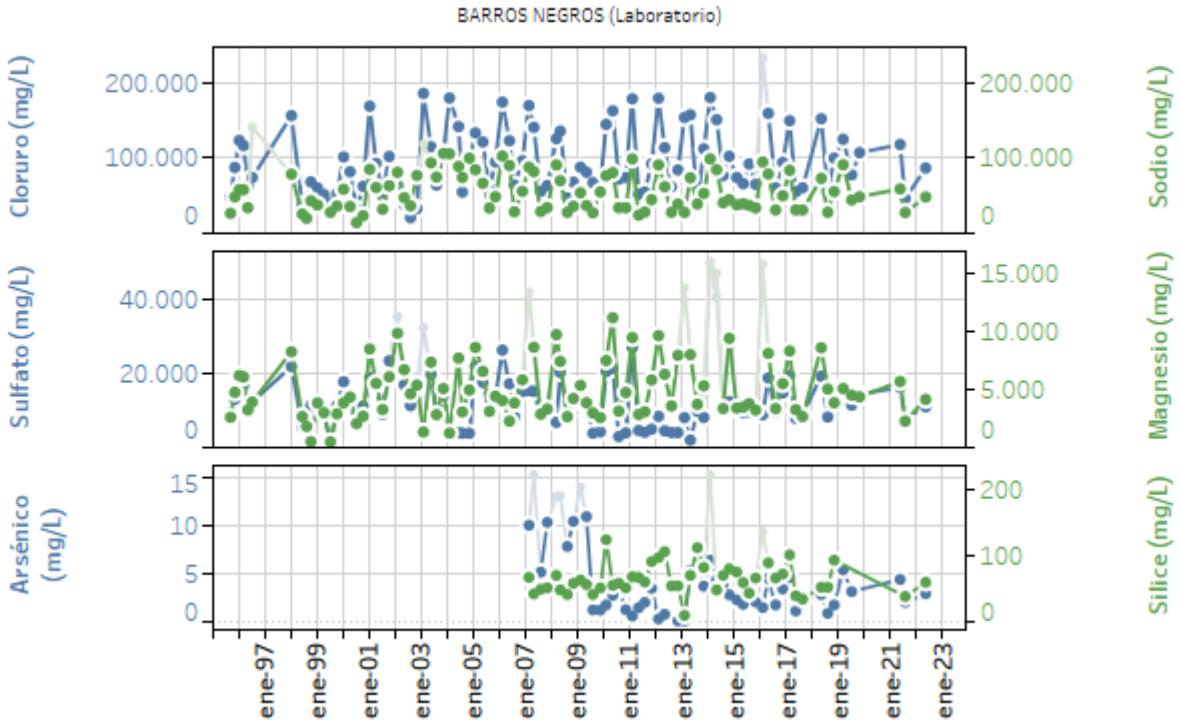


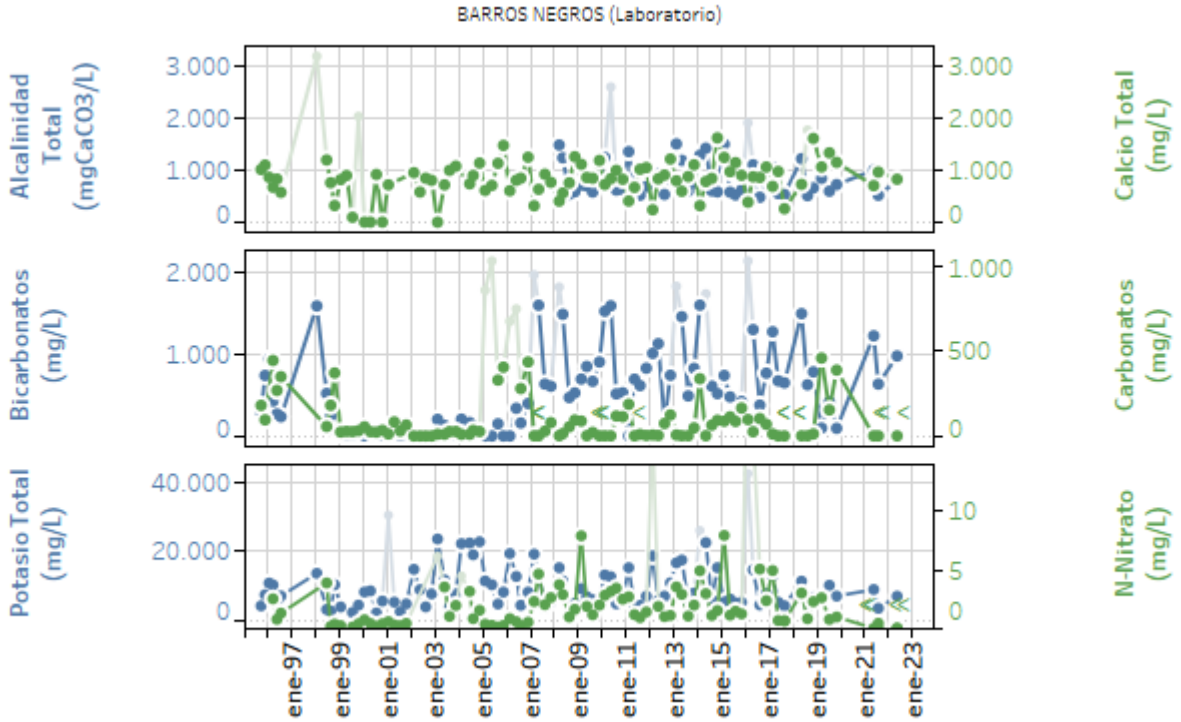
Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1325mg/L). Los valores <LD o >LD se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

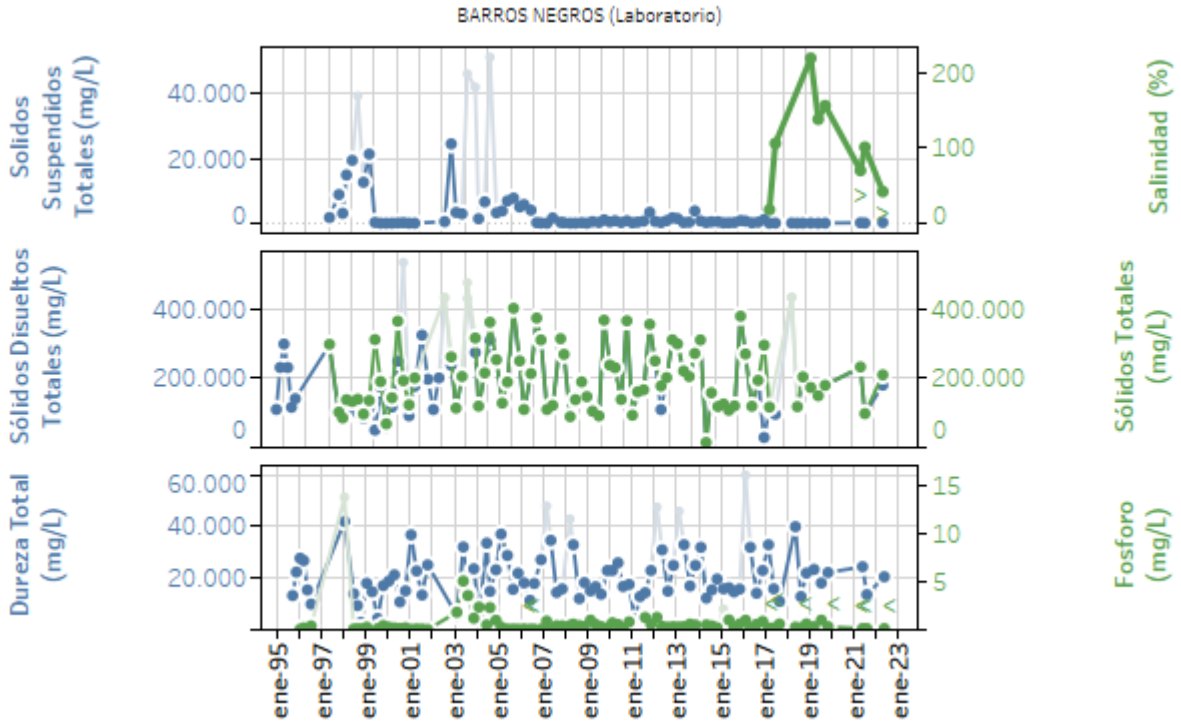


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros



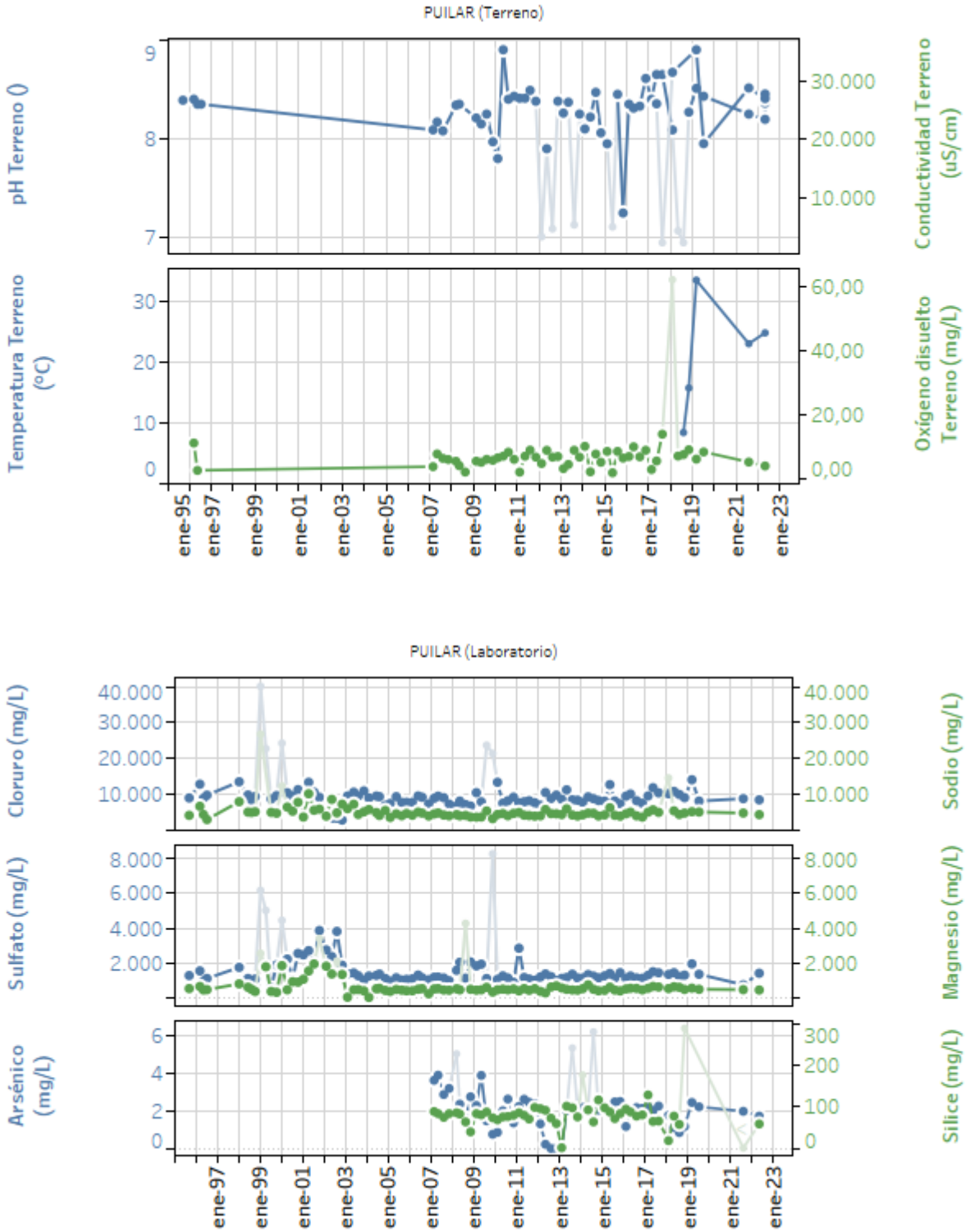


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

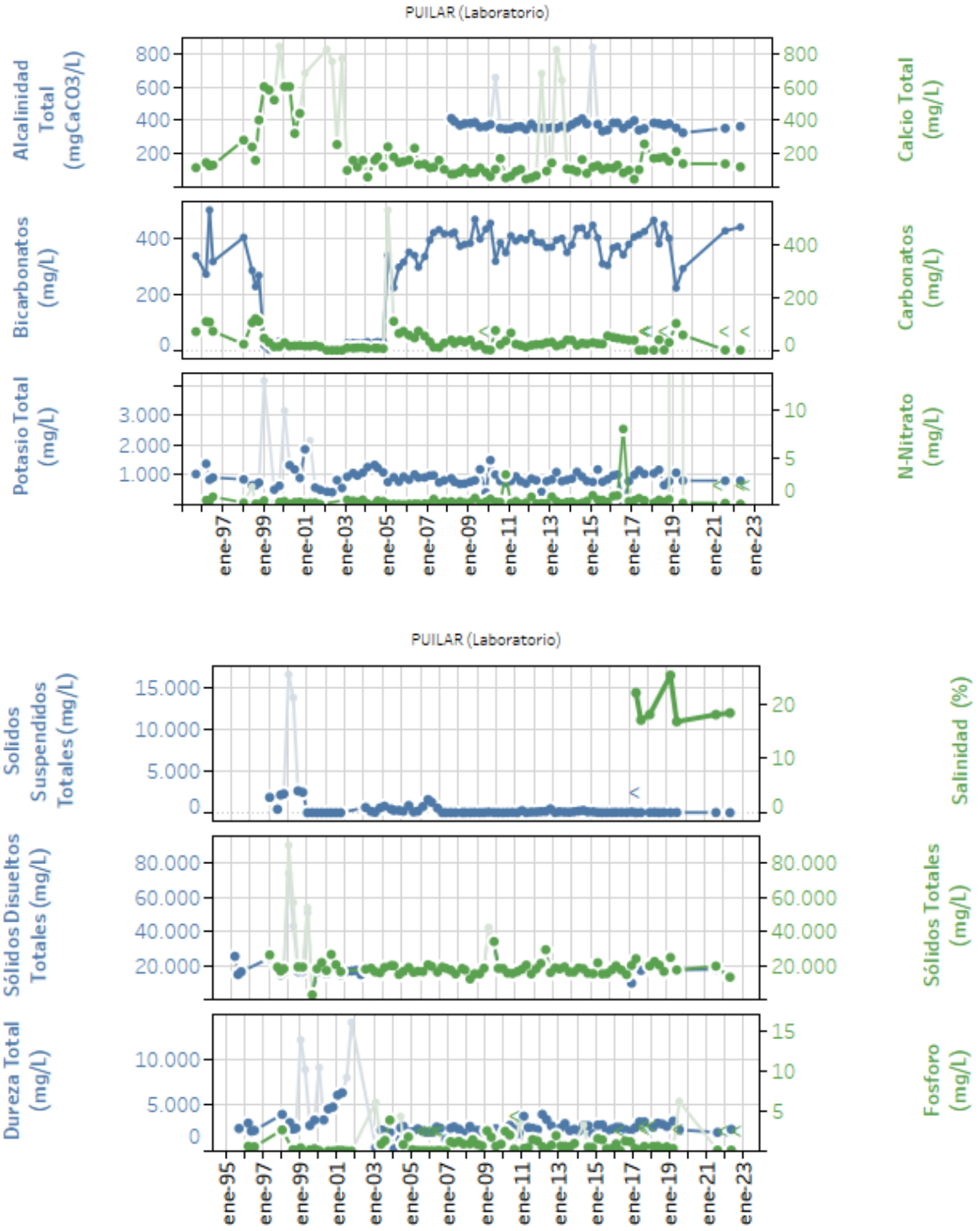


Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (2650mg/L). Los valores <LD o >LD se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-48: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



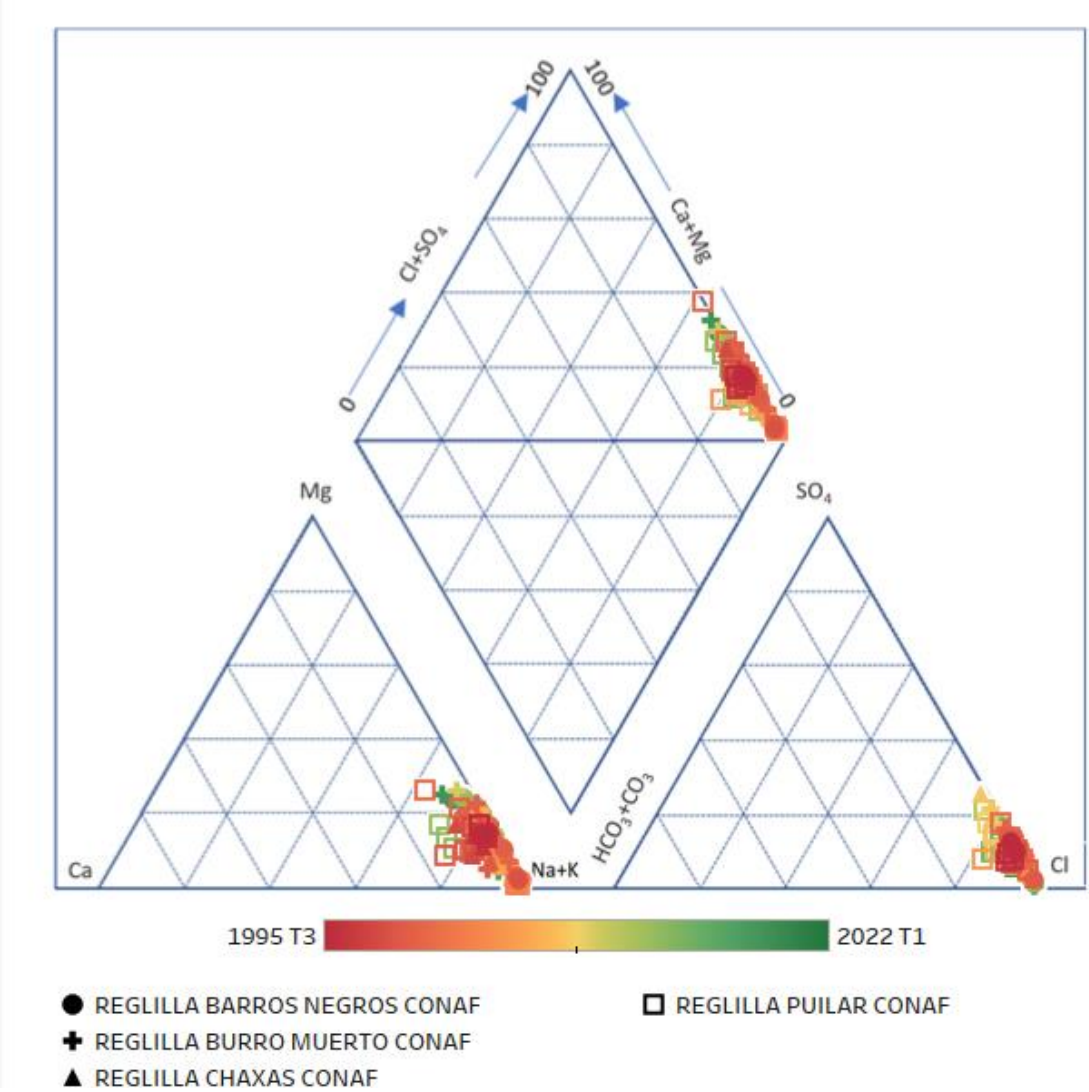
(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



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 4.5.8) se muestran con resalte.

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-49 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 de 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 6-49: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor

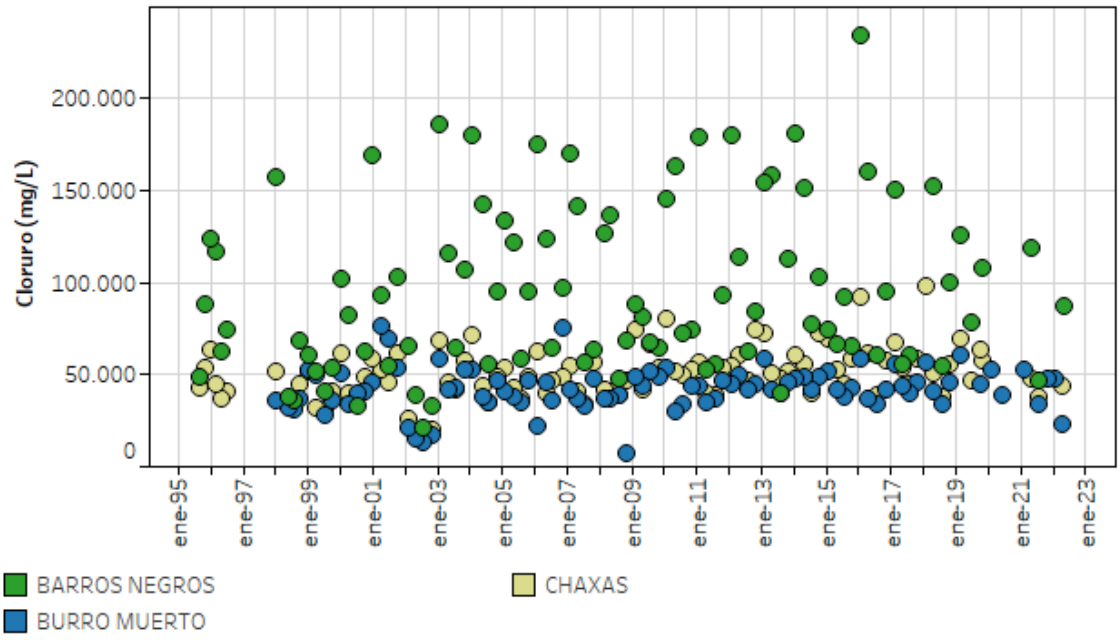


Fuente: Elaboración propia.

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 6-50), 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, conforma a lo esperado de acuerdo con el funcionamiento del sistema se registran en la laguna Barros Negros, cuerpo terminal.

Figura 6-50: 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)

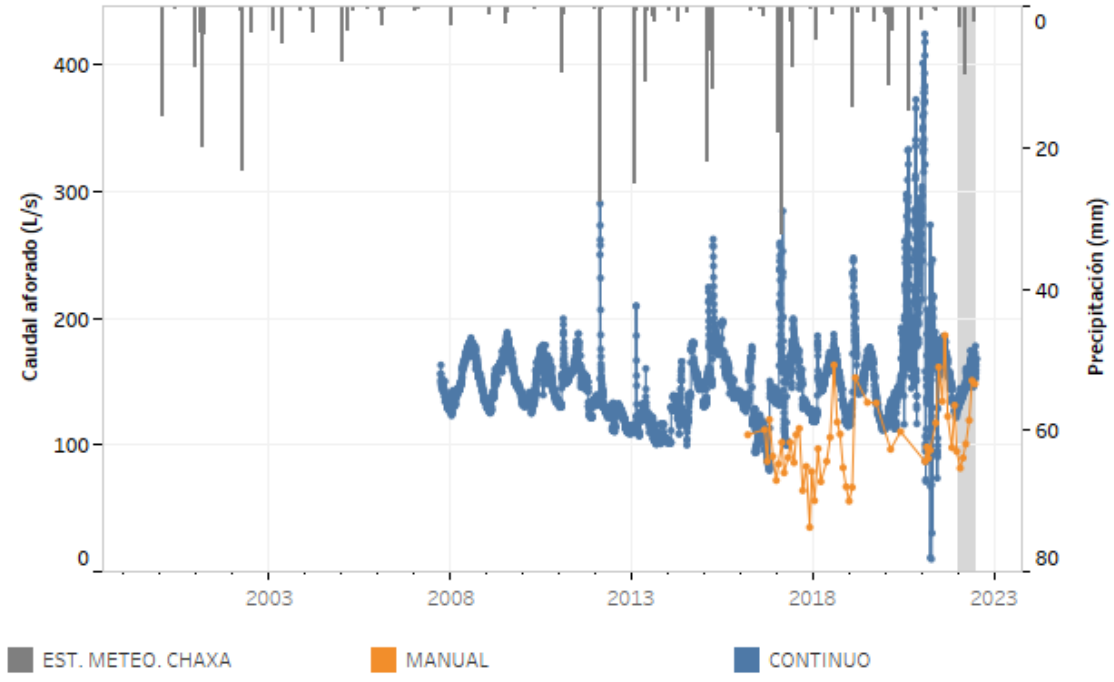
En el sistema Soncor se encuentran dos puntos de medición de caudal de agua superficial; la estación de aforo Puente San Luis, que mide de forma continua a través de una sección de control y en la que también se realizan mediciones mensuales (éstas últimas se toman de forma adicional a lo comprometido 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 6-51 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 6-52 se muestra lo mismo para el punto Barros Negros.

Como ya se ha descrito en el capítulo de resultados, las medidas continuas para el primer semestre 2022 del Puente San Luis, se validan para todo el periodo. Su tendencia general es la esperada, como se ha mencionado anteriormente, presenta un leve ascenso en el caudal superficial en respuesta a la estacionalidad.

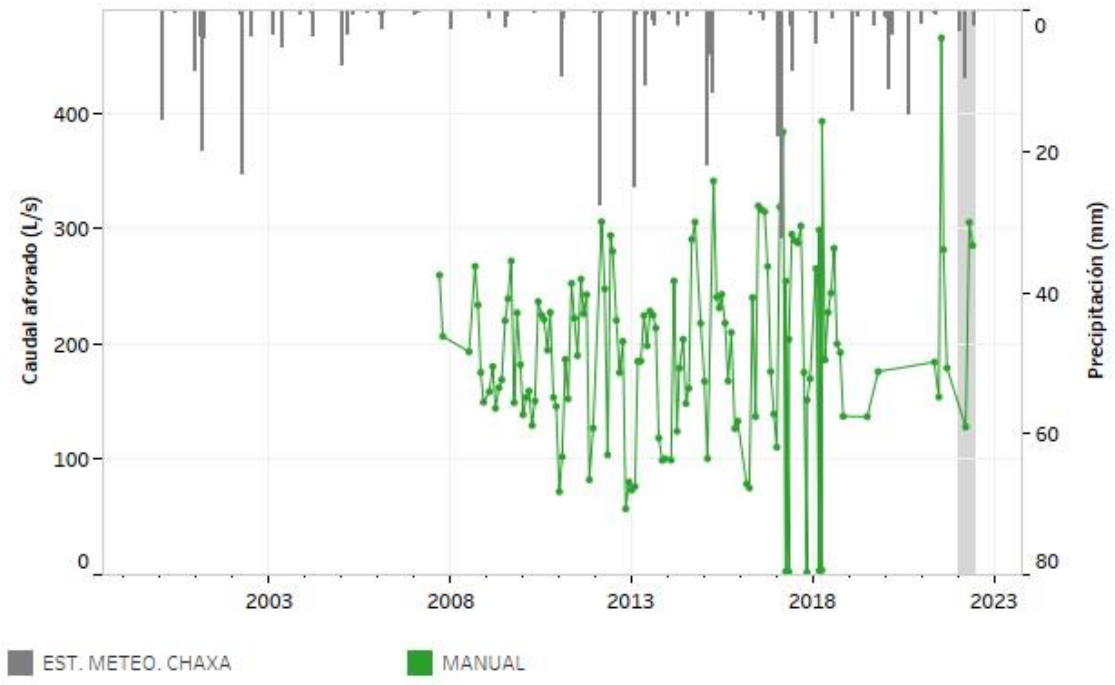
Respecto los periodos anteriores, se observa que, en épocas secas como el período 2008-2012, el caudal de recarga superficial presenta un comportamiento estacional, con mínimos en verano y máximos en invierno, respondiendo a la recarga superficial proveniente de las cuencas altoandinas. En cambio, en 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 levemente la evolución estacional observada en los años anteriores. Esta situación se ve reflejada a menor escala, en las precipitaciones registradas durante marzo, registrando caudales máximos de 177,9 (L/s) en aforo puente San Luis.

Figura 6-51: Registro de mediciones en el aforo de Puente San Luís



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-52: Registro de mediciones en el aforo de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia

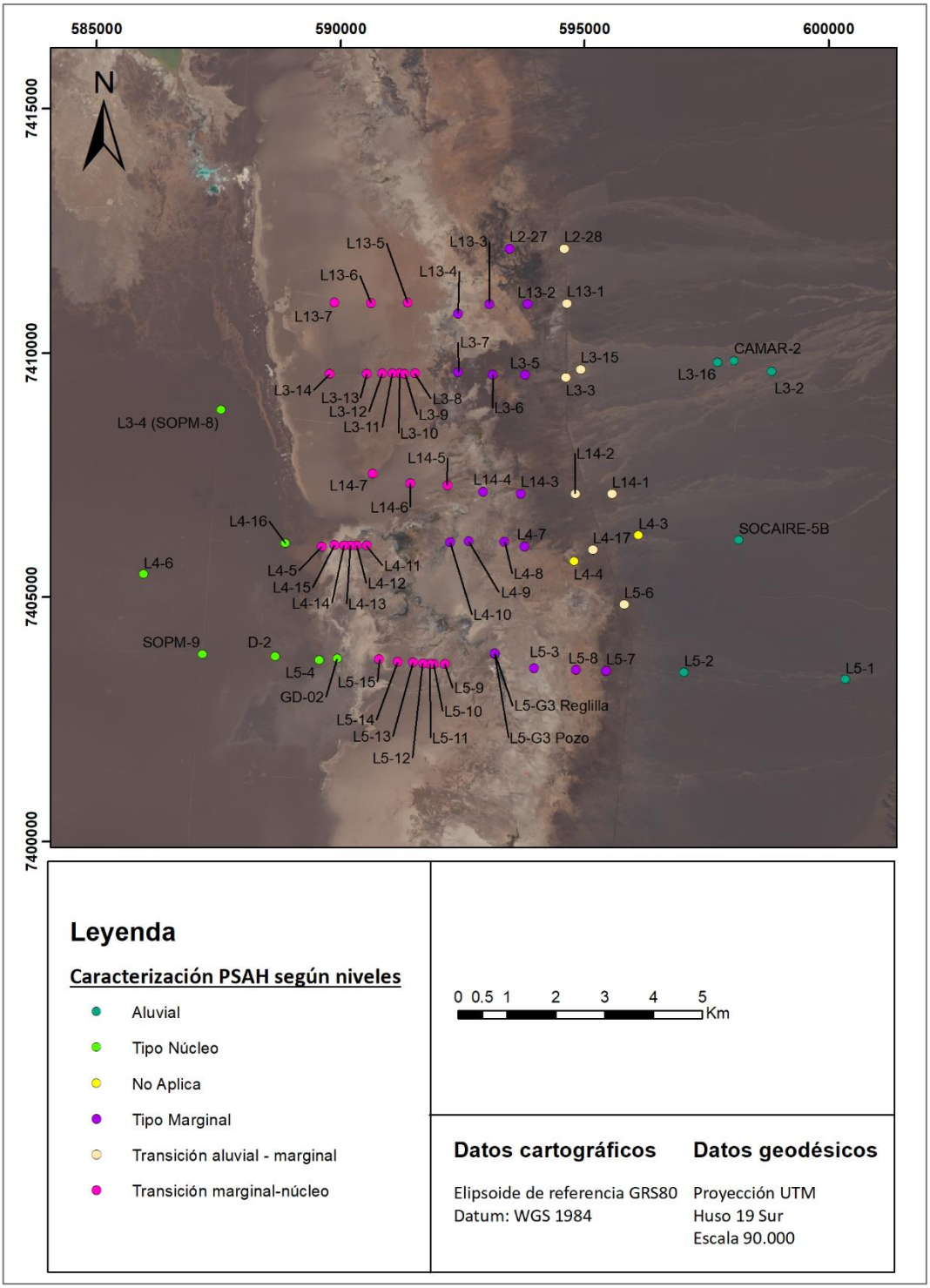
6.1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA – VEGETACIÓN BORDE ESTE

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 6-53). 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 6-53: 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 los cuerpos de agua dispersos, 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 ya 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

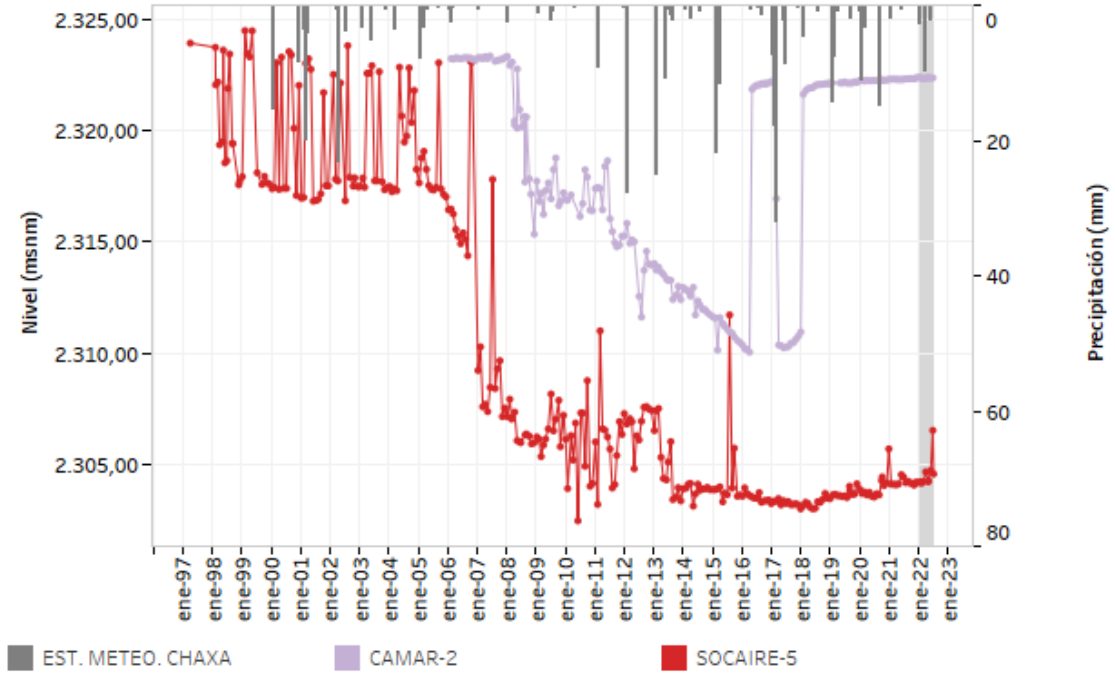
En la Figura 6-54 se muestran los niveles de los pozos Camar-2 y Socaire-5, que son los pozos de agua industrial que se encuentran en el sistema Aguas de Quelana. Tienen un caudal autorizado de 60 y 65 L/s respectivamente.

El pozo Camar-2 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., lo que se mantiene también para el primer semestre 2022, ya que actualmente el pozo se encuentra desmantelado.

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 primer semestre de 2022 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 6-54: 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 6-55 se muestran los descensos calculados, ya que permiten observar mejor las tendencias de este grupo, debido a que los niveles se encuentran a cotas muy distintas.

Los puntos no muestran oscilación estacional, ni tampoco 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

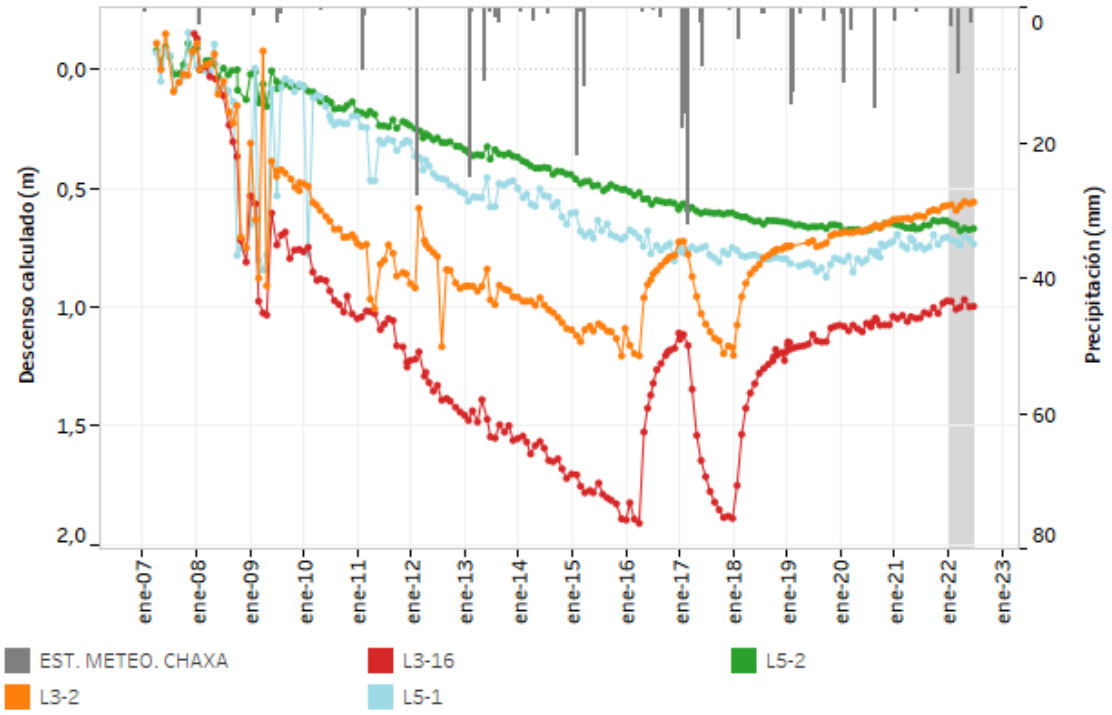
definitiva. A partir de entonces los niveles han venido mostrando una tendencia de recuperación (ascenso), que desde mediados de mediados del mismo año (2018) se muestra estable con una pendiente de 5,6 y 6,4 cm/año respectivamente (L3-2 y L3-16). Estas respuestas debidas al manejo operacional del pozo 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 primer semestre de 2022, 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 en forma de ascenso, a lo que finales de 2020 ya se estabilizó el nivel alrededor de los 2.322,32 m s.n.m. En el caso del L5-2 el efecto fue observado a partir de 2020 y para este pozo lo que se observa es que ya no se produce descenso, sino más bien una oscilación estacional de leve amplitud (unos 5 cm) y prácticamente estable alrededor de la cota 2.315,13 m s.n.m.

Las mediciones realizadas en el primer semestre 2022 confirman las tendencias descritas anteriormente; en todos los casos se mantienen los niveles estables, sin muestras de ascenso o descenso.

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 de agua, 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 6-55: 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. Tal y como se ha hecho para el sistema Soncor, en la zona marginal existe una variedad significativa de comportamientos según la ubicación de cada punto. A continuación, se describen divididos en subapartados.

6.1.2.1.3.1 Pozos de comportamiento transicional aluvial - marginal

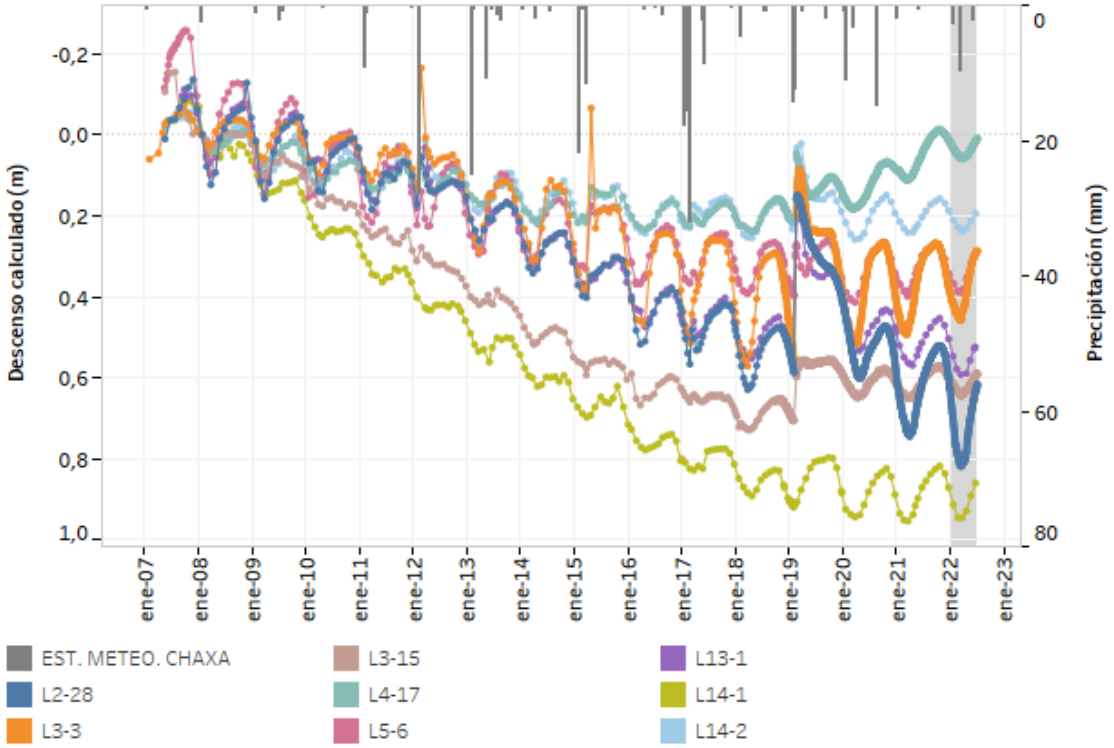
Empezando por los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento que se reconoce por ser transicional; presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial, influenciado principalmente por el bombeo de los pozos de agua industrial, pero además muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal. En la Figura 6-56 se 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, puede verse que se ha mantenido la pendiente de descenso, no obstante, la amplitud de la oscilación ha sido notoriamente mayor respecto de las oscilaciones previas a este evento, se calcula por ejemplo una amplitud de 30 cm entre octubre 2021 y marzo 2022, mientras para los meses entre octubre 2017 y marzo 2018 fue de 21 cm. Dado este comportamiento descendiente, durante el primer semestre 2022 se ha registrado de nuevo un mínimo histórico. Será necesario esperar los registros de los próximos meses para analizar el momento en el cual se empiece a observar la detención del pozo Camar-2 ya que, como puede verse, por ahora no ha llegado al entorno del pozo L2-28.

Contrariamente, el resto de los puntos sí han mostrado una respuesta a la detención 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 6-56: 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.

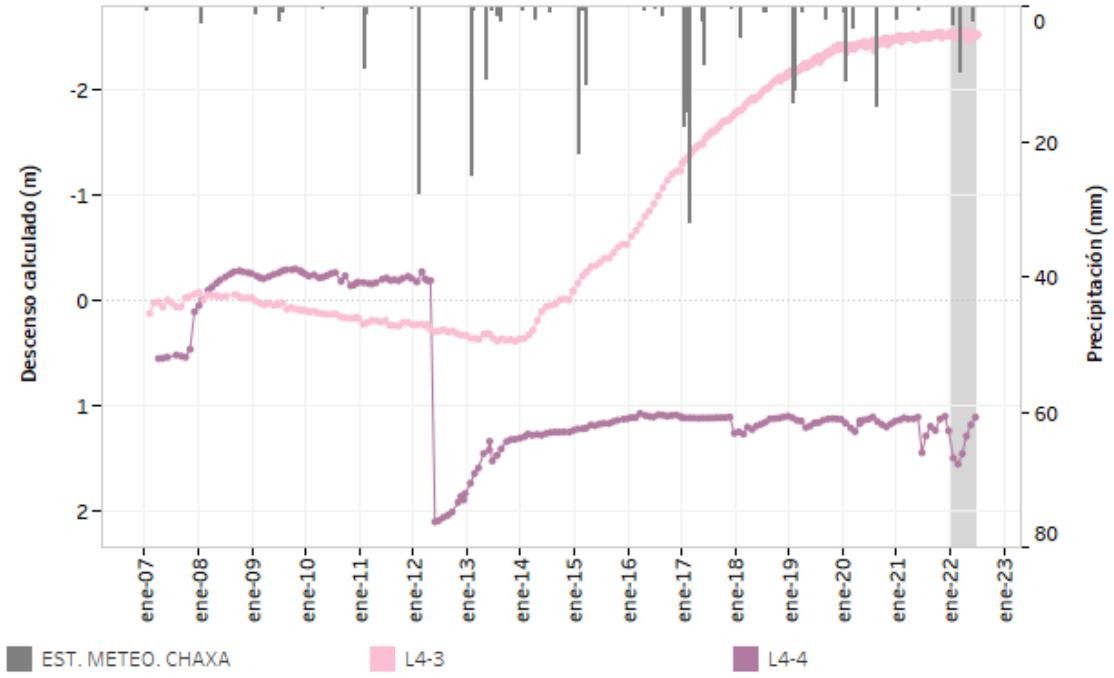
6.1.2.1.3.2 *Pozos singulares: L4-3 y L4-4*

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 6-57 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 de 2021 se registró un nivel 31 cm con respecto la medida del mes anterior, lo que en su día llamó la atención, pero disponiendo de un registro hasta junio de 2022, puede verse que lo que ha ocurrido en este punto es que ha aumentado la amplitud de la oscilación, siendo actualmente de 46 cm (medido entre noviembre 2021 y febrero 2022), cuando previamente era de unos 10 cm. Tal y como puede verse, lo que ha llevado a este aumento en la amplitud es que los mínimos estacionales se muestran

en cotas menos elevadas, ya que los máximos siguen registrándose en cotas similares a las históricas. Se desconoce el motivo que haya llevado a este cambio por ahora.

Por su lado, el L4-3 cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular, y posteriormente, la pendiente ha ido disminuyendo; para el periodo entre enero 2020 y junio 2022 por ejemplo, la pendiente es de 4 cm/año.

Figura 6-57: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.2.1.3.3 Pozos característicos de la zona marginal

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 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 permite visualizar mejor el comportamiento característico, y 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 Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13)Figura 6-58.
- Serie L3 (L3-5, L3-6 y L3-7) en la Figura 6-59.
- Serie L14 (L14-3 y L14-4) en la Figura 6-60.
- Serie L4 (L4-7, L4-8, L4-9 y L4-10) en la Figura 6-61.
- Serie L5 (L5-3, L5-7, L5-8 y L5-G3 Reglilla y Pozo) en la Figura 6-62.

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 y 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

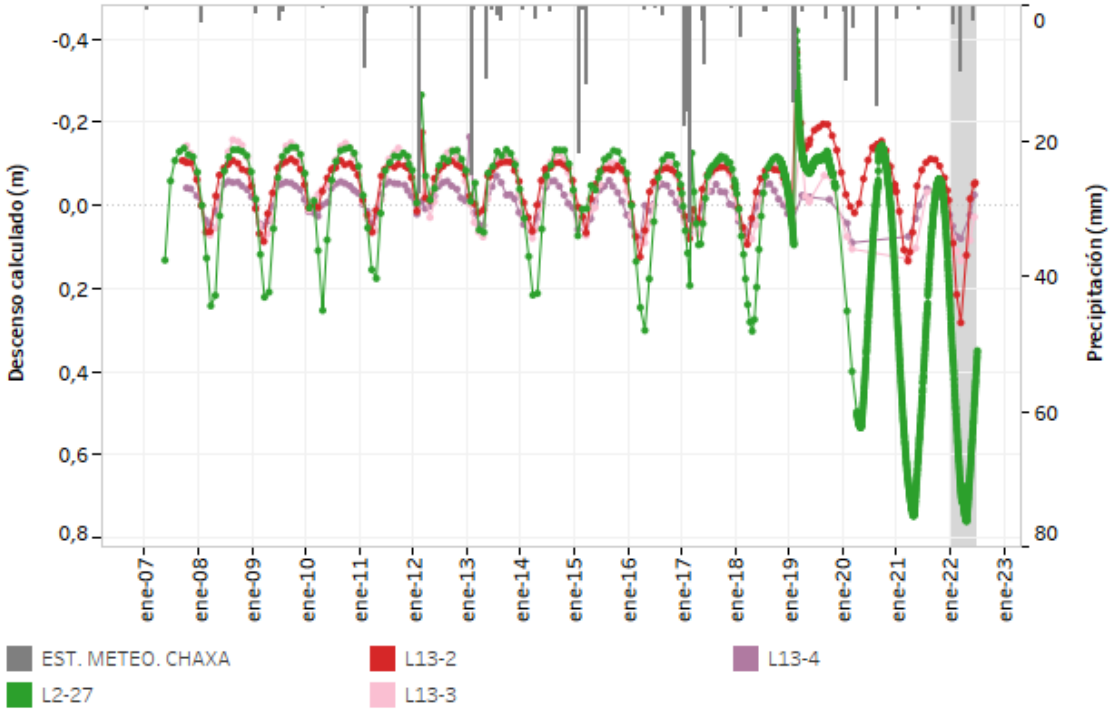
este grupo, el evento que mayor impacto ha generado en los niveles es el de febrero 2019 y, en segundo lugar, el evento de febrero 2012.

Respecto de la Figura 6-58 (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. Para el primer semestre de 2022, los niveles reprodujeron el mínimo estacional esperado para esta época del año y que resultó en una cota similar al mínimo del año anterior. Lo que podría llegar a pensar en una estabilización del nivel con este nuevo patrón de oscilación que se viene observando después del evento de 2019, en donde la amplitud ha aumentado respecto del periodo anterior.

No obstante, este nuevo patrón genera que todos los años se venga produciendo la activación de las Fase I y posteriormente la Fase II. En el capítulo 6.2. Análisis del Plan de Contingencias, se verá con más detalle los análisis derivados en el informe de investigación de estas activaciones. Pero, en resumen, se asocia básicamente al efecto de la extracción de agua desde los pozos de bombeo. El hecho de que haya pozos que hayan empezado a mostrar una respuesta delante del paro del Camar-2, mientras que otros pozos no como podría ser el caso del L2-27, da cuenta precisamente de la alta heterogeneidad del medio. Por lo que es necesario ver cómo los niveles responderán en el futuro al nuevo escenario de extracción de agua industrial definido en EIA (2022), que contempla reducciones de extracción.

Del resto de puntos de la Figura 6-58, se resalta el L13-2, que se sitúa al sur de las vegas de Quelana, al sur también del pozo L2-27. En este pozo se está observando un comportamiento que podría ser análogo al L2-27, ya que posterior al evento de lluvia de 2019, este punto ha cambiado el patrón; desde esta fecha ha ido registrando máximos estacionales cada vez a menor cota con el añadido también de que la amplitud de la oscilación ha ido aumentando cada año. Esto hace llegar al registro del mínimo estacional del presente semestre reportado, en donde se ha alcanzado un mínimo histórico que se sitúa 15 cm por debajo del mínimo del año anterior. De la misma forma que en el L2-27, será necesario seguir analizando los niveles de los próximos meses para determinar la respuesta sobre este punto de la reducción del caudal de extracción de agua en el aluvial.

Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13)



Fuente: Elaboración propia.

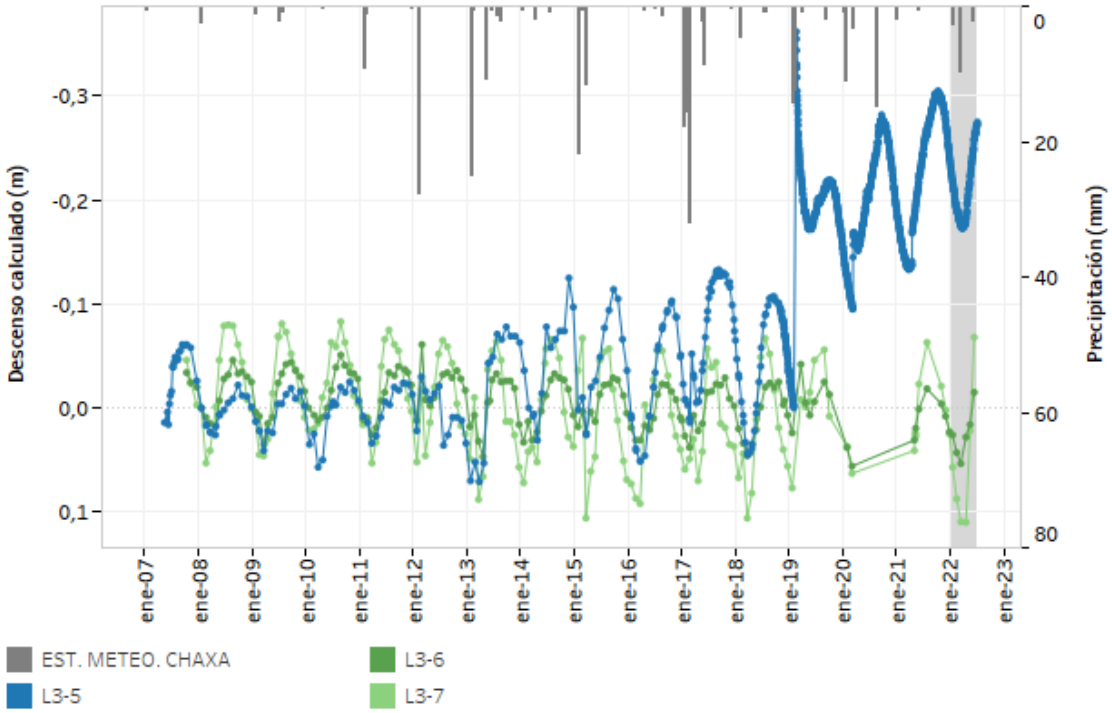
Respecto del siguiente subgrupo (serie L3 en la Figura 6-59), se inicia el análisis con el pozo L3-5; durante el periodo 2007-2013, se observa una leve tendencia promedio de descenso, con una amplitud de la oscilación de unos 8 cm. A partir de mediados de 2013 y previo a la lluvia de febrero 2019, puede 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 primer semestre 2022, se observa cómo 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 6-59, éstos no están mostrando respuesta frente los cambios producidos por el paro del Camar-2. De las mediciones realizadas en el primer semestre 2022, se ve como los niveles se encuentran en cotas similares al registro histórico, reproduciendo el máximo estacional esperables para esta época del año.

Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3)



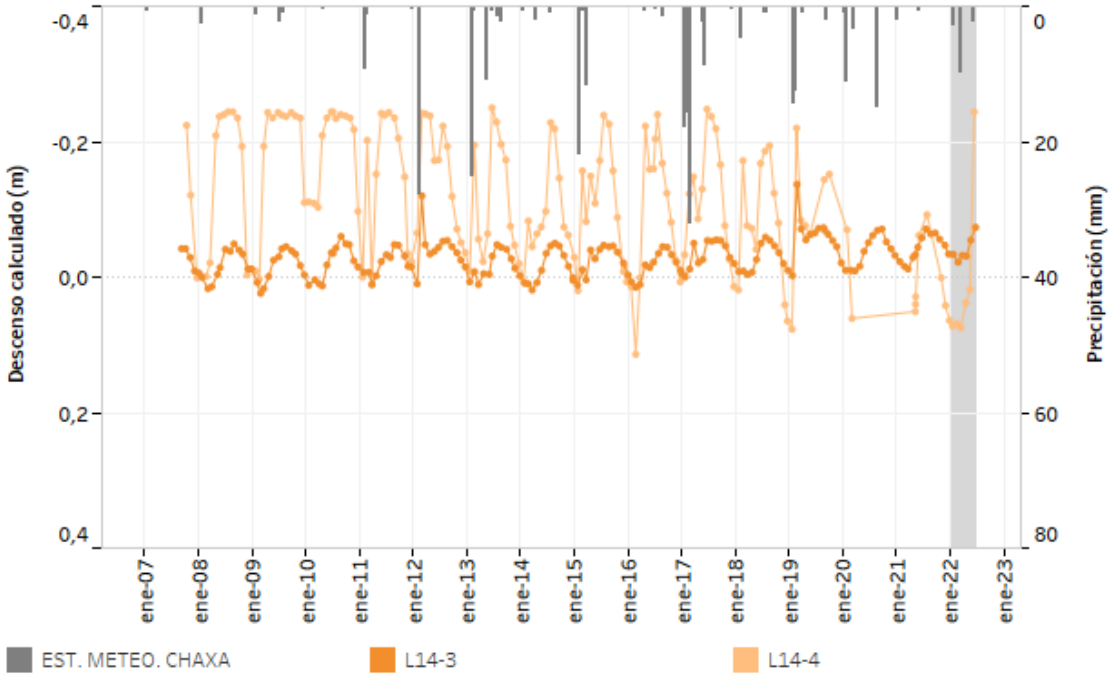
Fuente: Elaboración propia.

La transecta L14 (Figura 6-60) 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). 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. No obstante, con la actualización de los registros hasta el primer semestre 2022, puede confirmarse que este punto ha estado mostrando una tendencia de ascenso promedio desde 2016, con una tasa de 54 cm/año si solo se considera el periodo desde esta fecha.

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 primer semestre 2022; se observa que el pozo ha registrado un máximo estacional a una cota similar a los máximos de años anteriores, en junio 2022.

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 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L14)

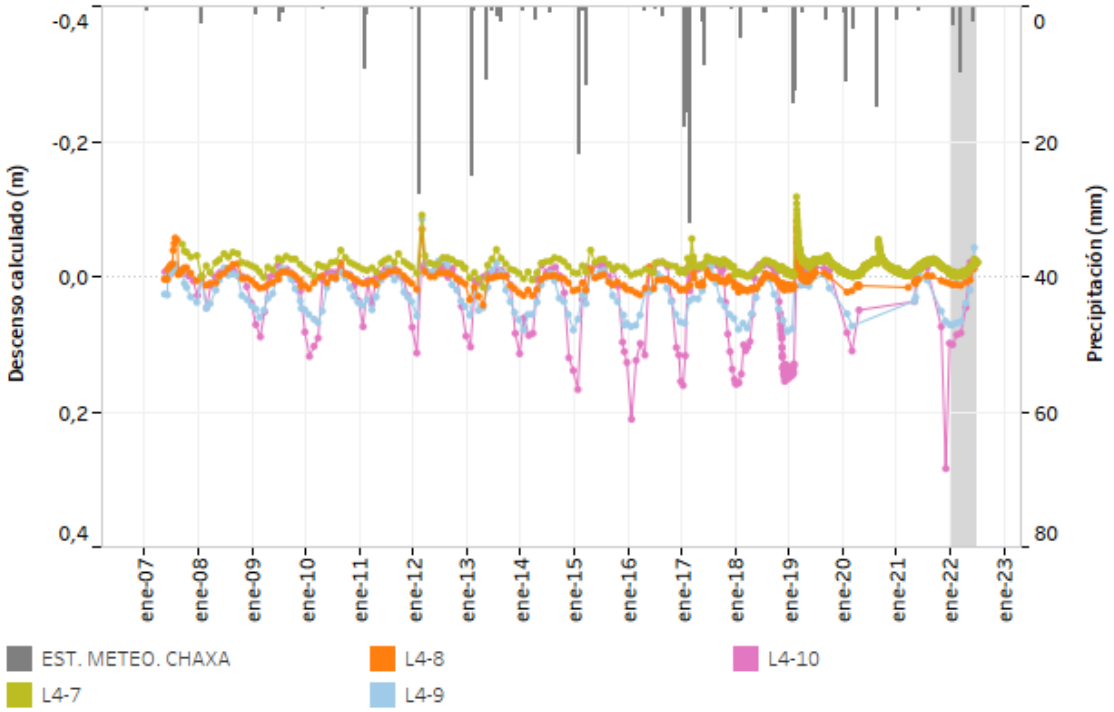


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6-61 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 de 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.

Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L4)



Fuente: Elaboración propia.

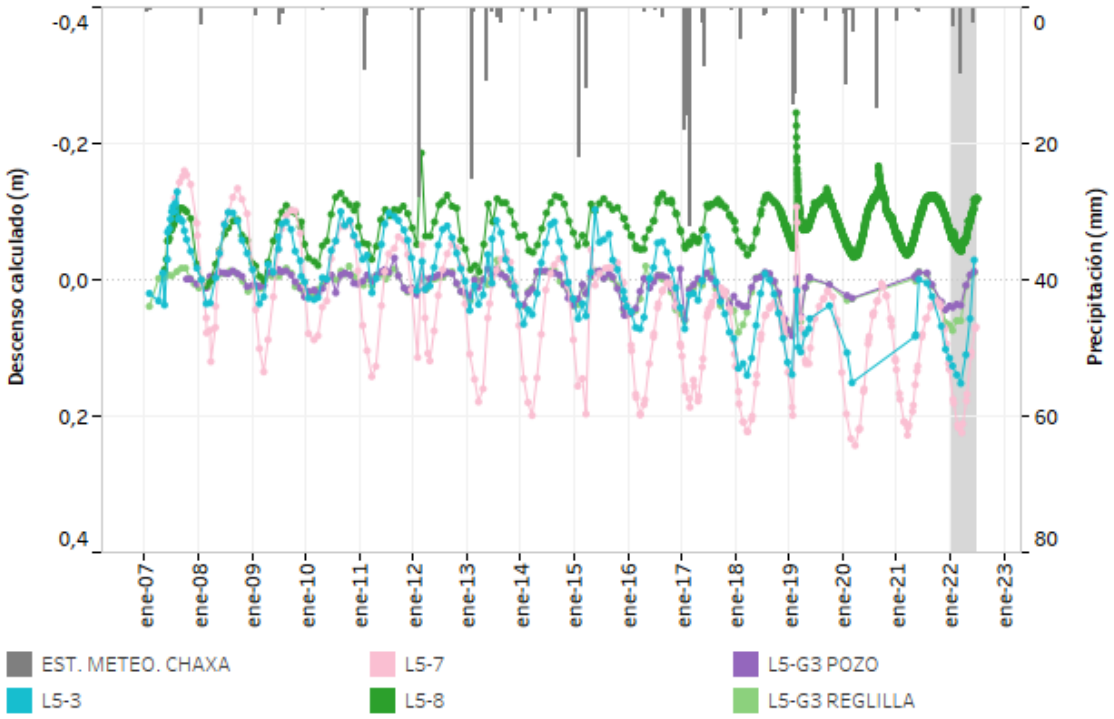
En la Figura 6-62 se muestran los descensos de los puntos de la transecta L5, que se ubica al sur del pozo Socaire-5. El punto más cercano al acuífero aluvial es el L5-7 y muestra un comportamiento

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 primer semestre 2022 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 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5)



Fuente: Elaboración propia.

6.1.2.1.3.4 Pozos de comportamiento transicional marginal - núcleo

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:

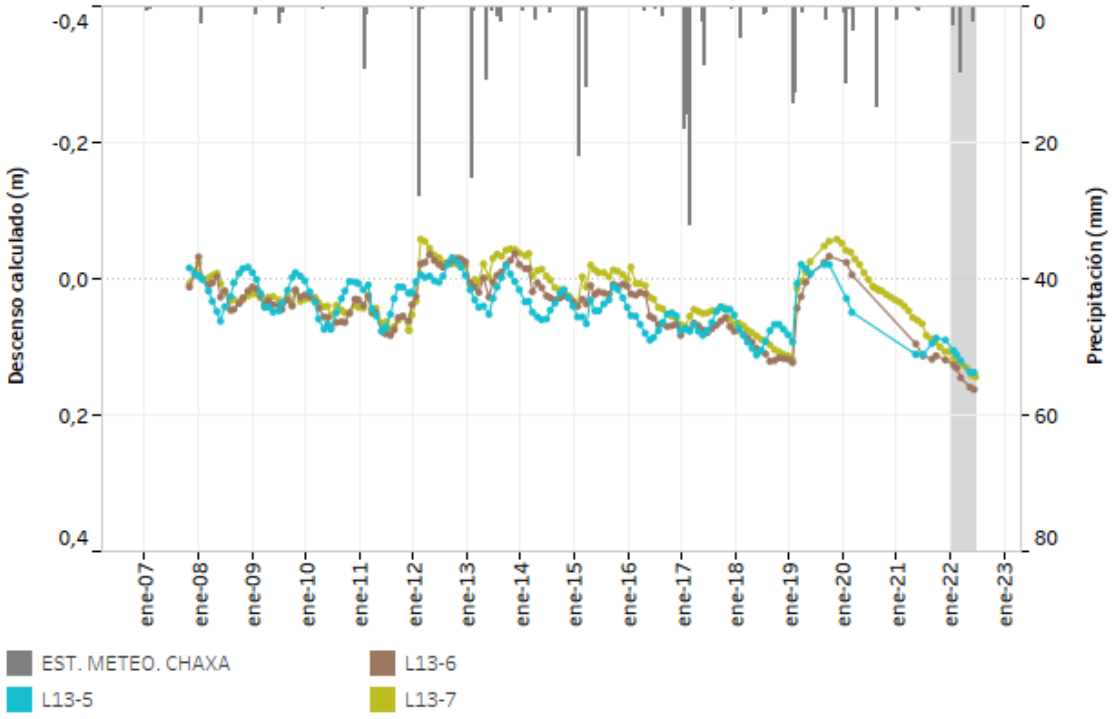
- Serie L13 (L13-5, L13-6, L13-7) en la Figura 5-61.
- Serie L3 (L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14) en la Figura 5-62.
- Serie L14 (L14-5, L14-6, L14-7) en la Figura 5-63.
- Serie L4 (L4-5, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14, L4-15) en la Figura 6-66.
- Serie L5 (L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15) en la Figura 6-67.

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.

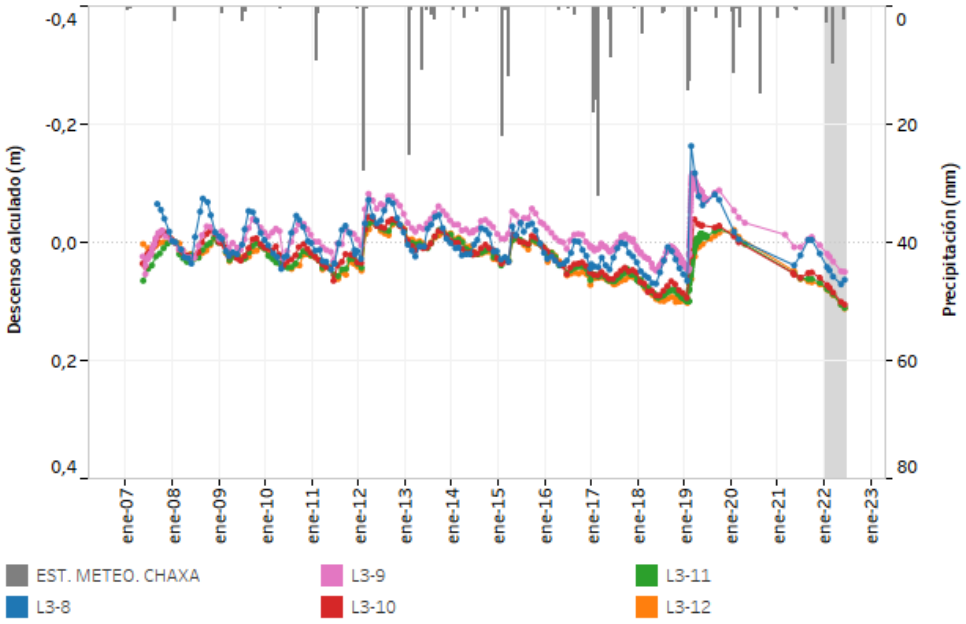
Con las mediciones del primer semestre 2022 se observa que, en todos los casos, los niveles registrados se encuentran dentro del rango de valores habituales, por lo que el comportamiento antes descrito se mantiene con los nuevos datos.

Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13)



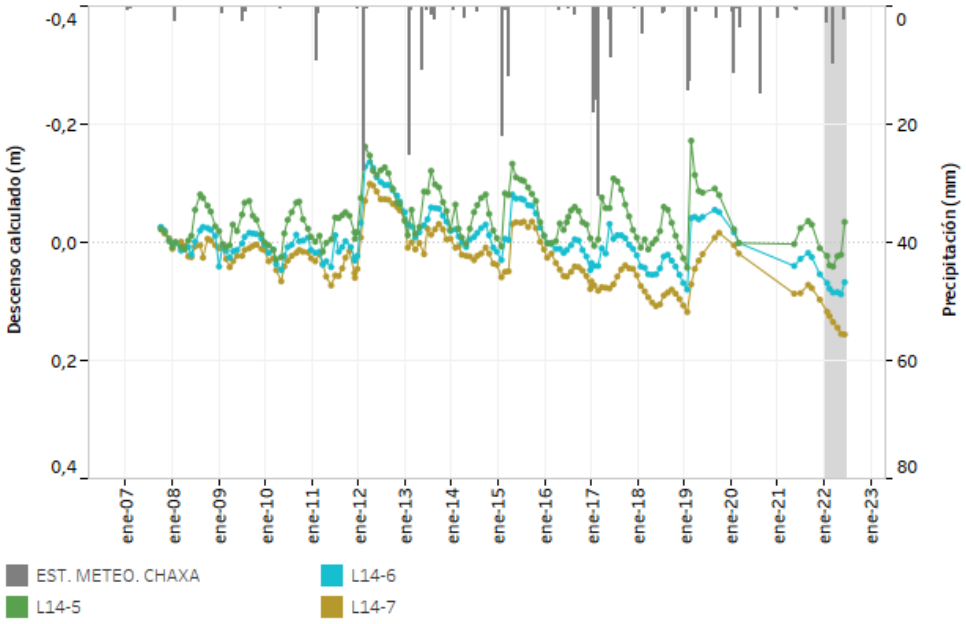
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3)



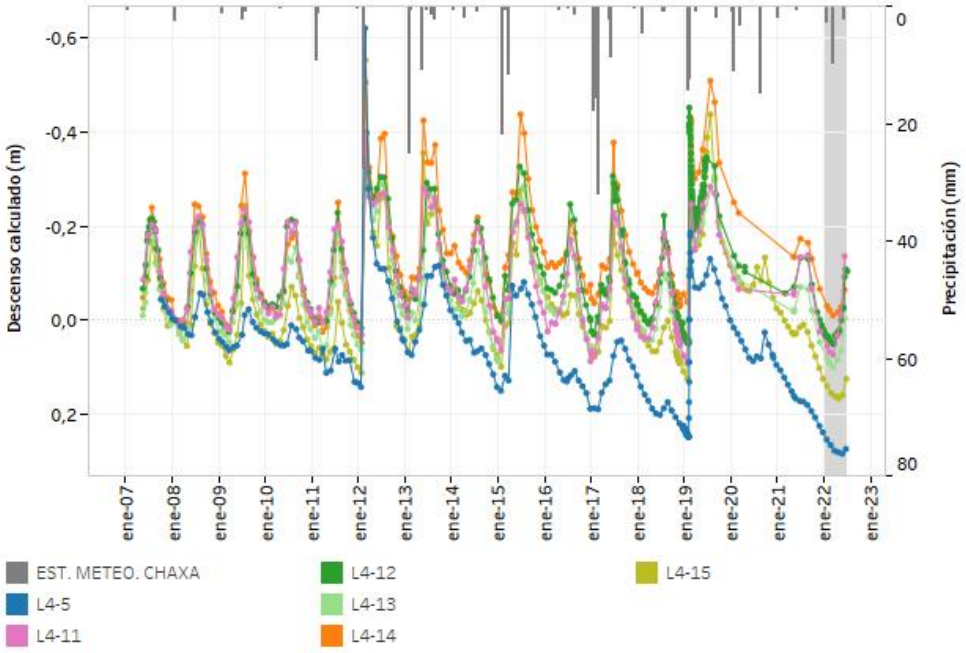
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-65: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14)



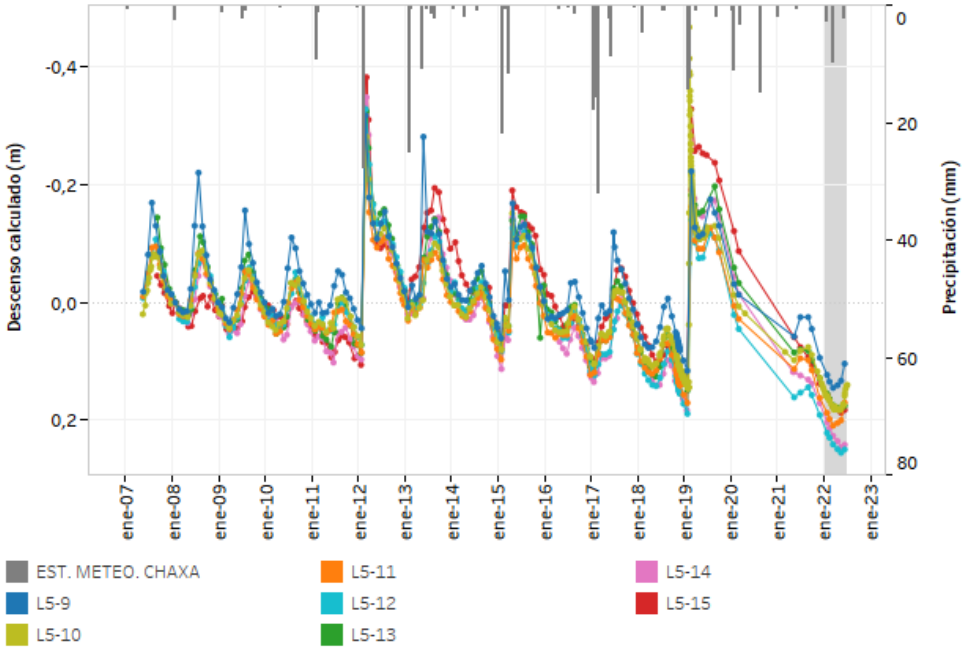
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-66: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-67: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5)



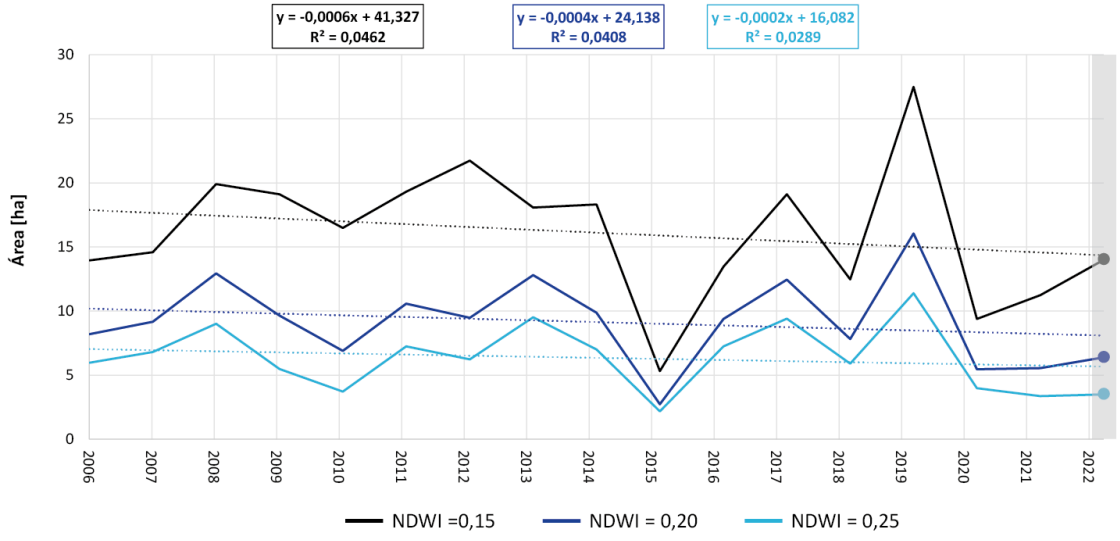
Fuente: Elaboración propia.

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 primer semestre 2022, 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 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.

6.1.2.2 Superficie de los sistemas lacustres

Utilizando imágenes satelitales de alta resolución capturadas en los meses de abril, la consultora GEM incorpora un análisis de las superficies de los cuerpos de agua presentes en el sector de Aguas de Quelana (Figura 6-68).

Figura 6-68: Estimación de superficie lacustre para el año 2022 (rectángulo plomo) y su tendencia histórica



Fuente: GEM, 2022

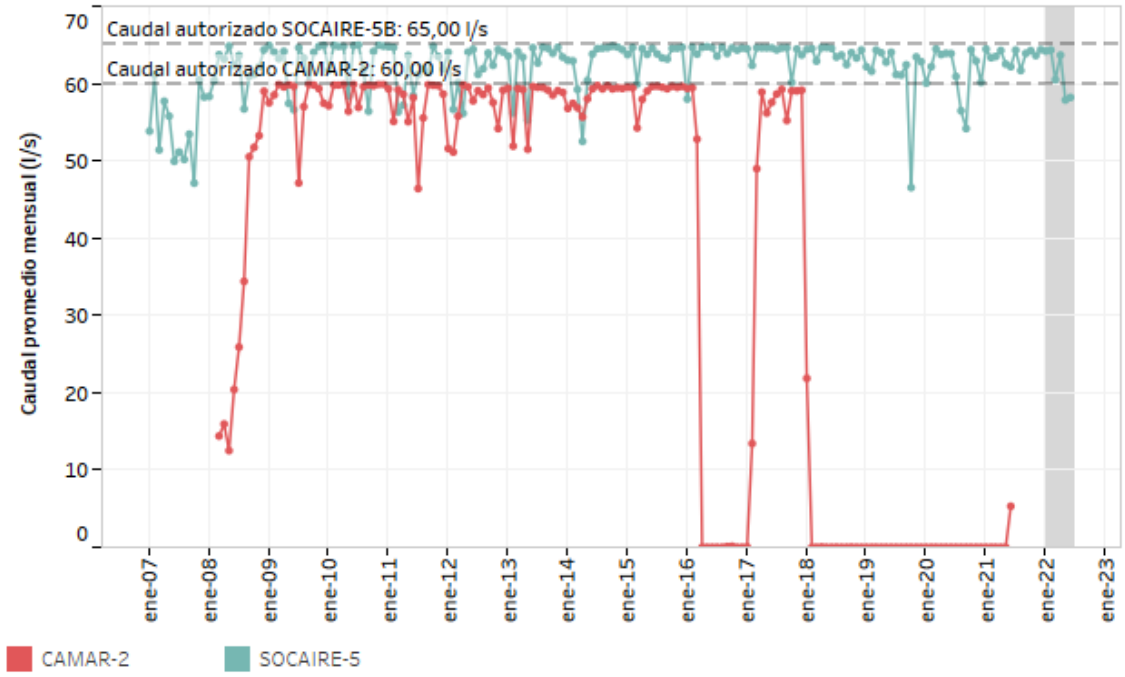
Dicho estudio considera el uso de 3 umbrales de separabilidad para el NDWI y su evolución en función del tiempo (curvas negras, azul y cyan). En efecto, para el primer semestre del año 2022, y en particular el mes de abril, se reportan 14,00 (u = 0,15), 6,38 (u = 0,20) y 3,49 (u = 0,25) hectáreas de superficie lacustre para el sistema de Aguas de Quelana (ver detalle en anexo 10.1) lo que representa un aumento porcentual del 25%, 15% y 4% con respecto al semestre anterior, respectivamente.

El informe concluye la existencia de una alta variabilidad en los resultados de las áreas de los cuerpos de agua, esto estaría relacionado principalmente con el acotado número de observaciones y la ausencia de puntos de control en terreno para la serie de tiempo. Es por ello, que en la actualidad se está trabajando en la implementación de una metodología de seguimiento que responda a las características propias del sistema lacustre Aguas de Quelana.

6.1.2.3 Caudal bombeado

En la Figura 6-69 se muestran los caudales de agua industrial que fueron extraídos desde los pozos Camar-2 y Socaire-5 históricamente. El pozo Camar-2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008, estuvo detenido entre abril de 2016 y enero de 2017 y posteriormente, retomó su caudal cerca de los 60 L/s autorizados. Este pozo detuvo sus operaciones en enero de 2018 y fue durante el primer semestre de 2021, que se procedió a las labores de desmontaje de la bomba, tal como se ha descrito en el informe PSAH N°30, la infraestructura obtuvo sus últimos registros hasta junio del año recién pasado. Durante su periodo de extracción, Camar-2 no sobrepasó los derechos de aprovechamiento autorizado; del mismo modo Socaire-5 al periodo actual reportado, tampoco ha sobrepasado sus derechos de aprovechamiento otorgados y autorizados. Así, en el presente semestre reportado, los caudales medios mensuales de Socaire-5 han fluctuado entre los 61,68 y 64,38 L/s.

Figura 6-69: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.4 Calidad química

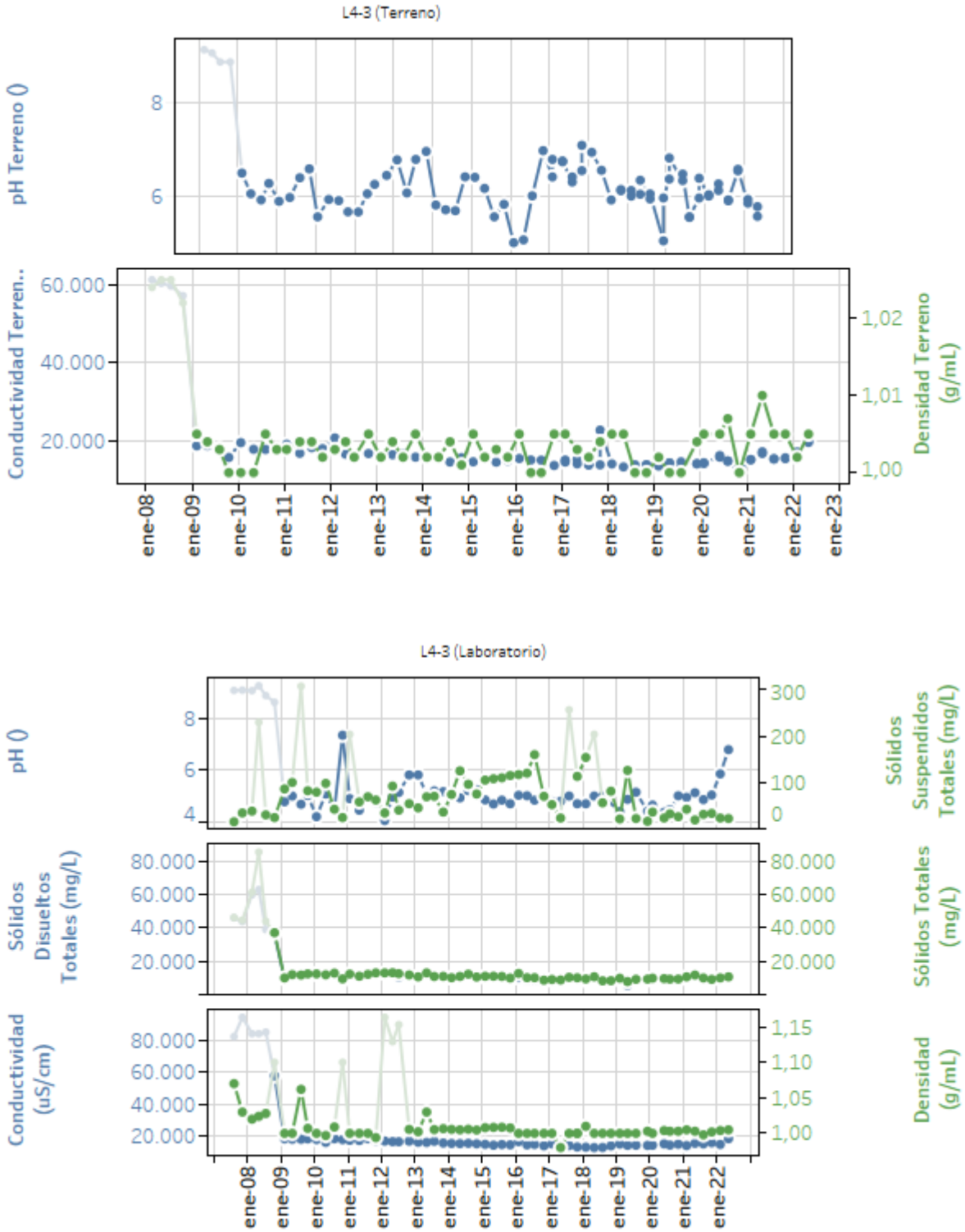
A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el primer semestre de 2022 en el agua superficial y subterránea del Sistema Aguas de Quelana, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para 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

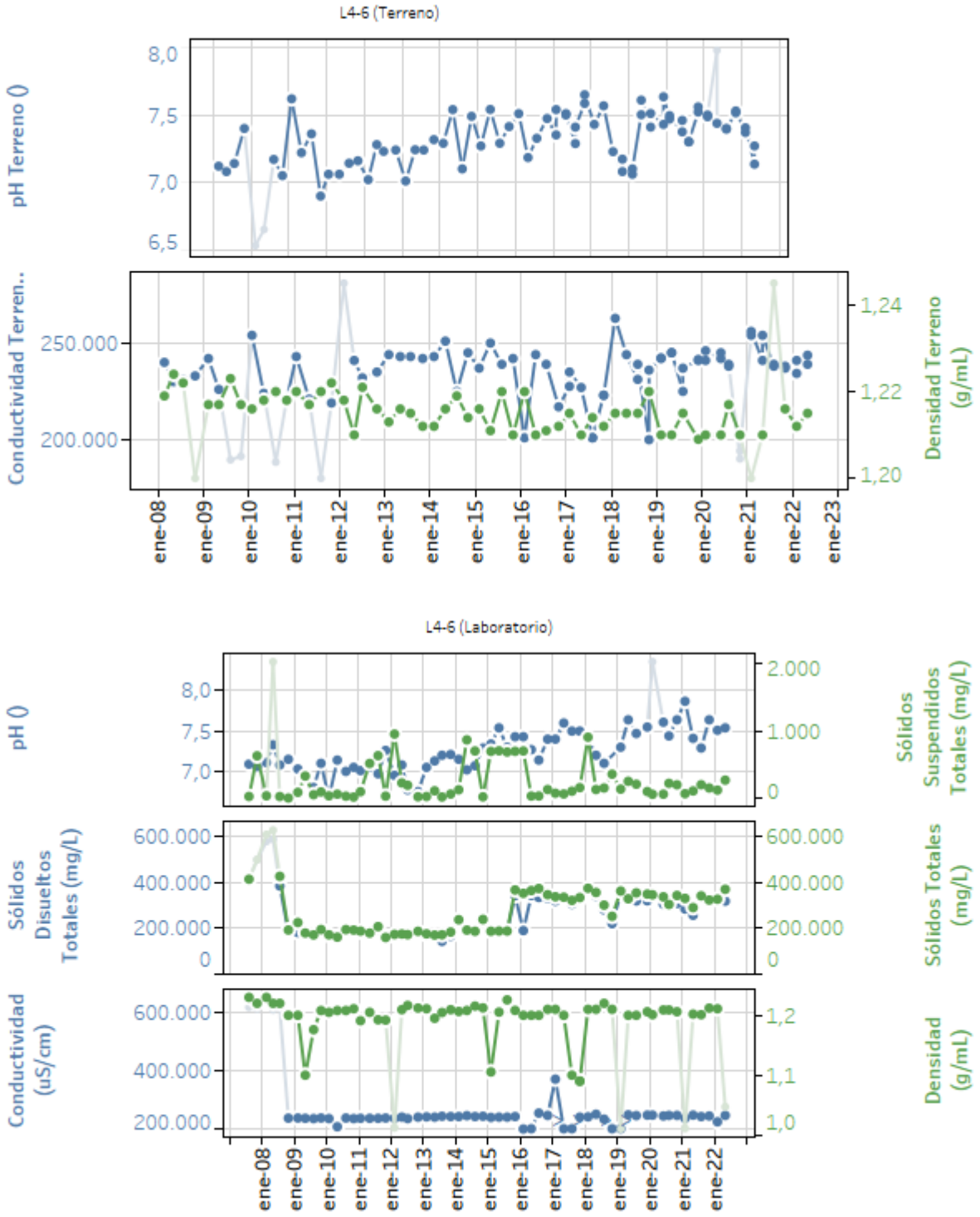
Los registros históricos de calidad del agua en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana se presentan en la Figura 6-70, Figura 6-71, Figura 6-72, Figura 6-73, Figura 6-74, Figura 6-75 y Figura 6-76 (L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10, respectivamente).

Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3



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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-71: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8



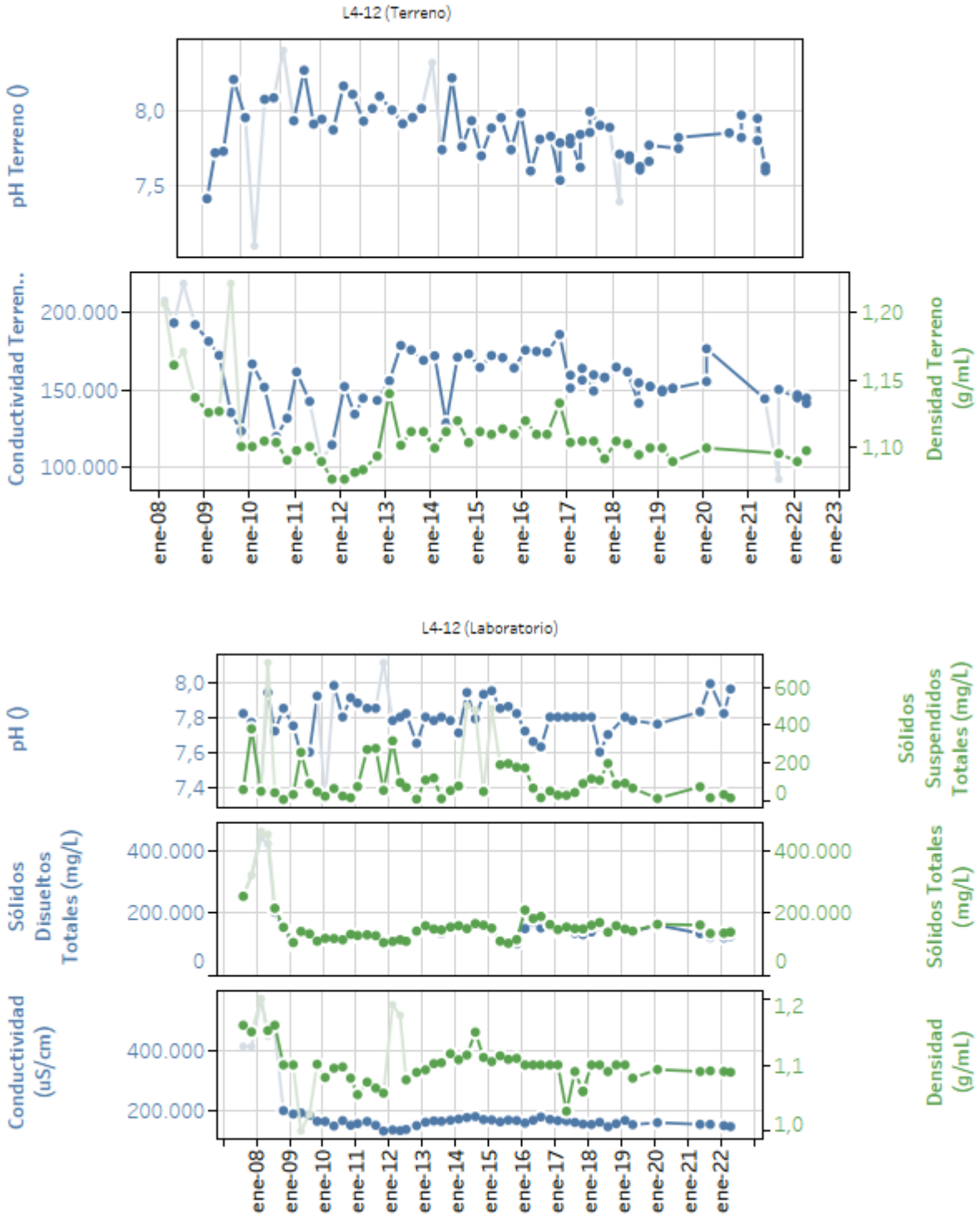
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9



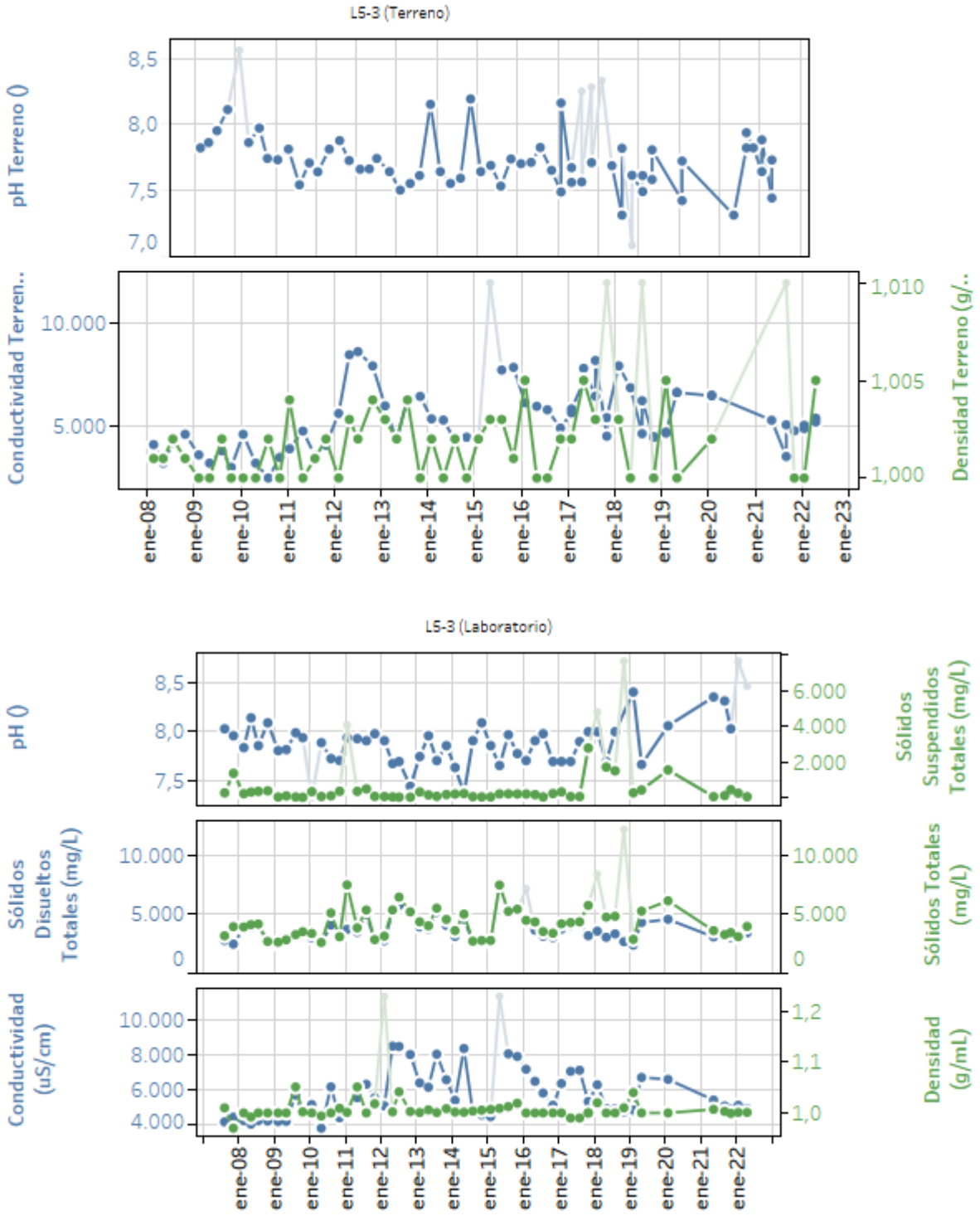
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-74: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-75: 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 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10

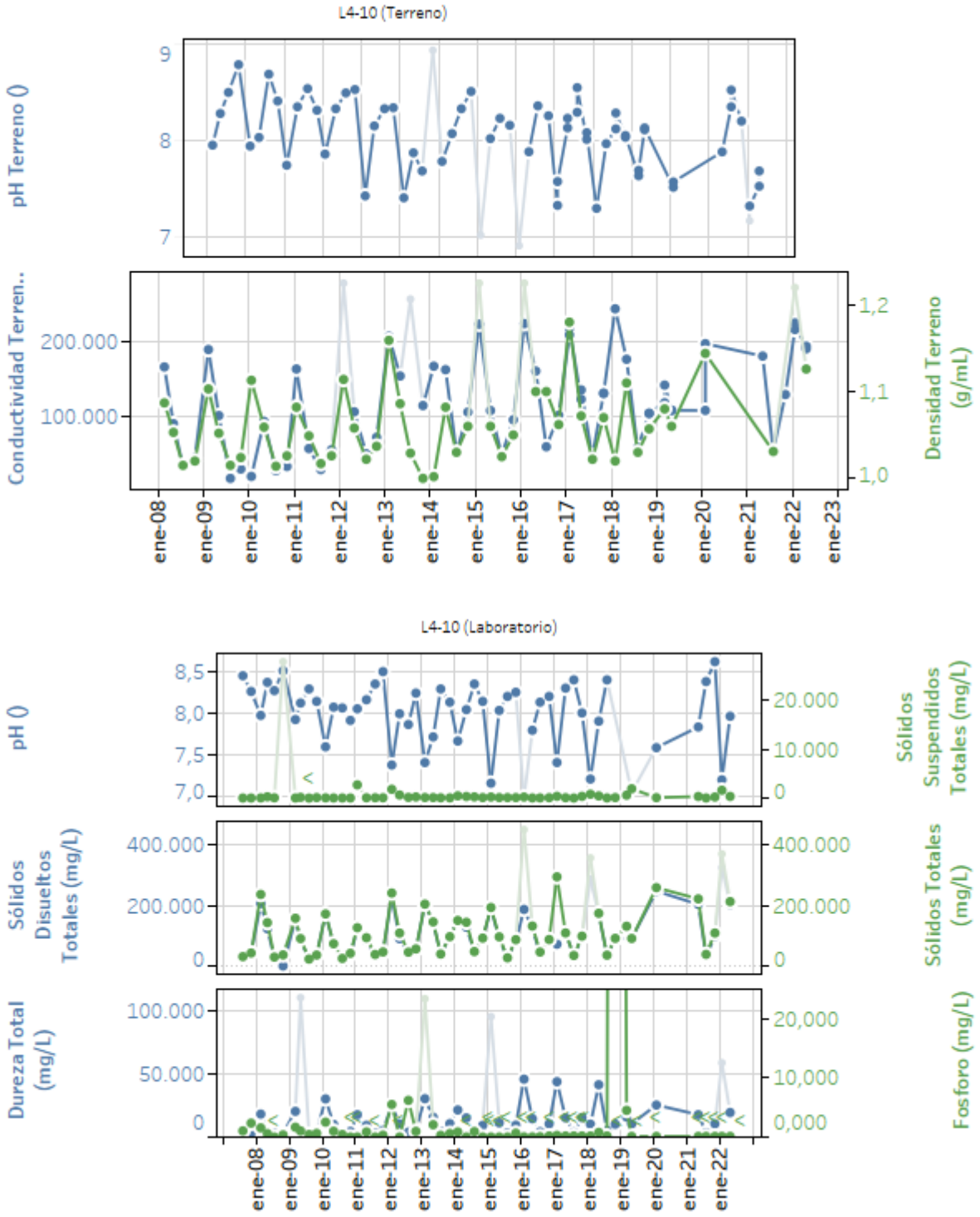


Figura 6-77 : (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10

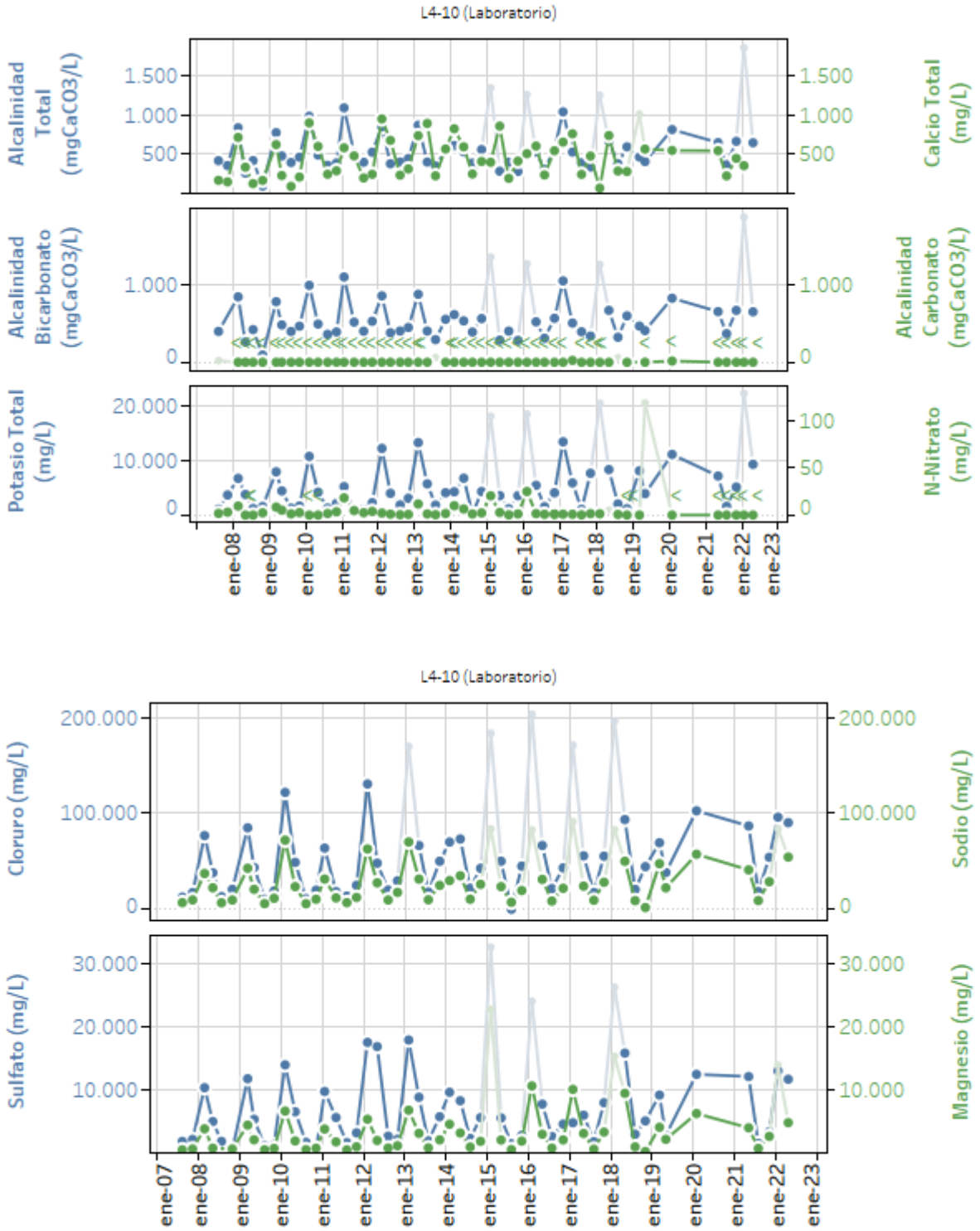
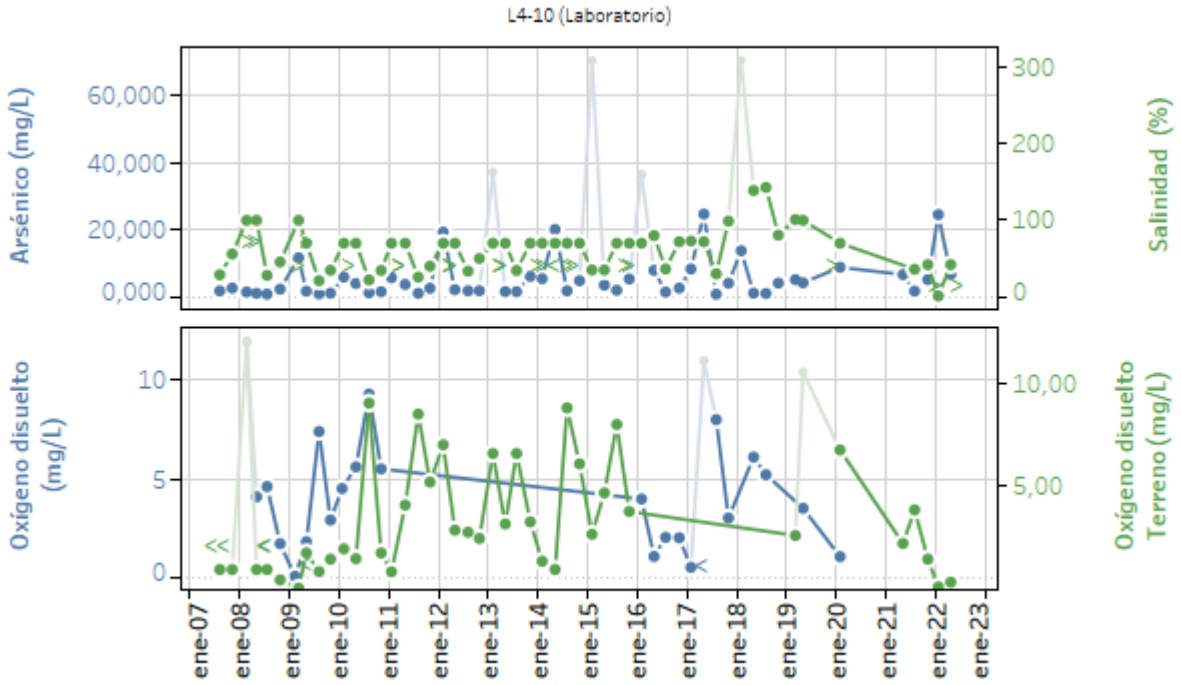


Figura 6-78: (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



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 4.5.8) se muestran con resalte.

Los menores valores de conductividad se encuentran en el punto más al sur, L5-3, en torno a 6.000µS/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.

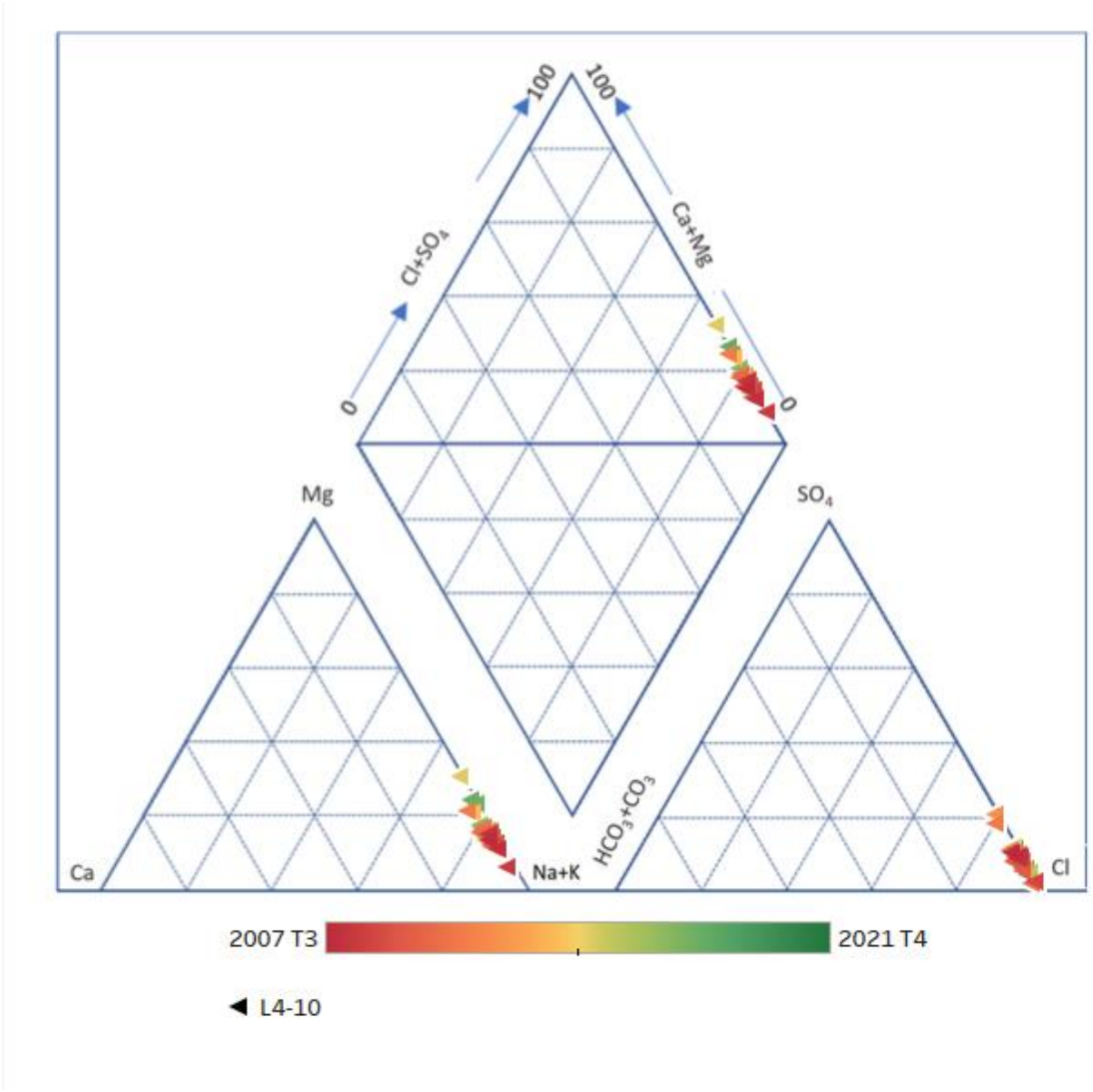
En cuanto al comportamiento histórico general de este sistema, el pozo L4-3, ubicado en la zona aluvial, presenta valores de CE del sector con valores en torno a 20.000 µS/cm, respectivamente y pH de terreno en torno a 6, lo que sugiere que este pozo capta aguas de un acuífero confinado.

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 primer semestre de 2022 los puntos monitoreados presentan resultados para todos los parámetros dentro del registro histórico. Sin embargo, la reglilla L4-10 mostro durante este semestre los valores de oxígeno disuelto más próximos a los mínimos históricos. En sentido contrario, este punto registró sus valores más altos de alcalinidad en bicarbonato, alcalinidad total y potasio durante enero de 2022, sin embargo, estos resultados fueron invalidados debido a que se presentar una desviación estándar mayor a dos $\pm\sigma$ (criterio de validación, ver sección 4.4.9.3). Finalmente, dentro de las medidas históricas más altas de pH se registraron en el punto L5-3 durante enero de 2022, sin embargo, esta medida ha sido invalidada dado que el pH de terreno es cercano a 7,4 lo que podría tratarse de una desviación de las mediciones de laboratorio.

En la Figura 6-79 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. Así, en el diagrama se observan exclusivamente las muestras validadas de acuerdo a los balances iónicos calculados según los analitos requeridos y comprometidos según RCA N° 226/2006. Durante este semestre no se validaron muestras para la reglilla L4-10 ya que presentan valores de balance iónico superior al ±10%.

Figura 6-79: 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

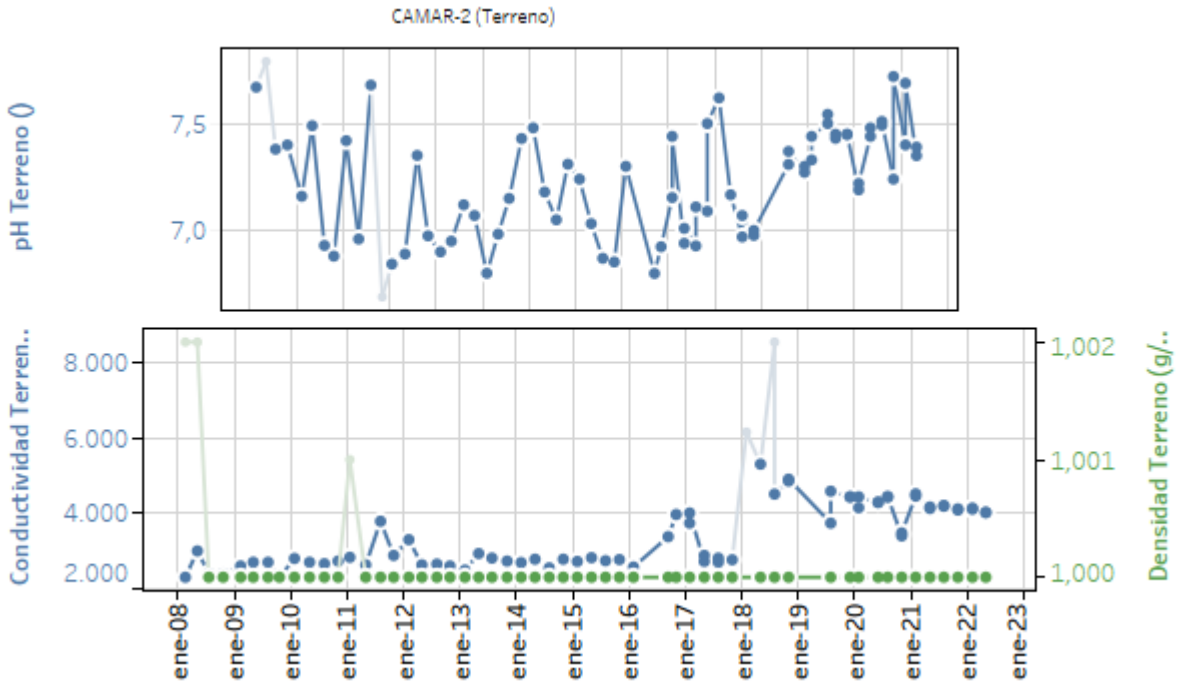
La evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B se presenta en la Figura 6-80 y Figura 6-81, respectivamente.

En cuanto al comportamiento histórico general, tanto Camar-2 como Socaire-5B 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.

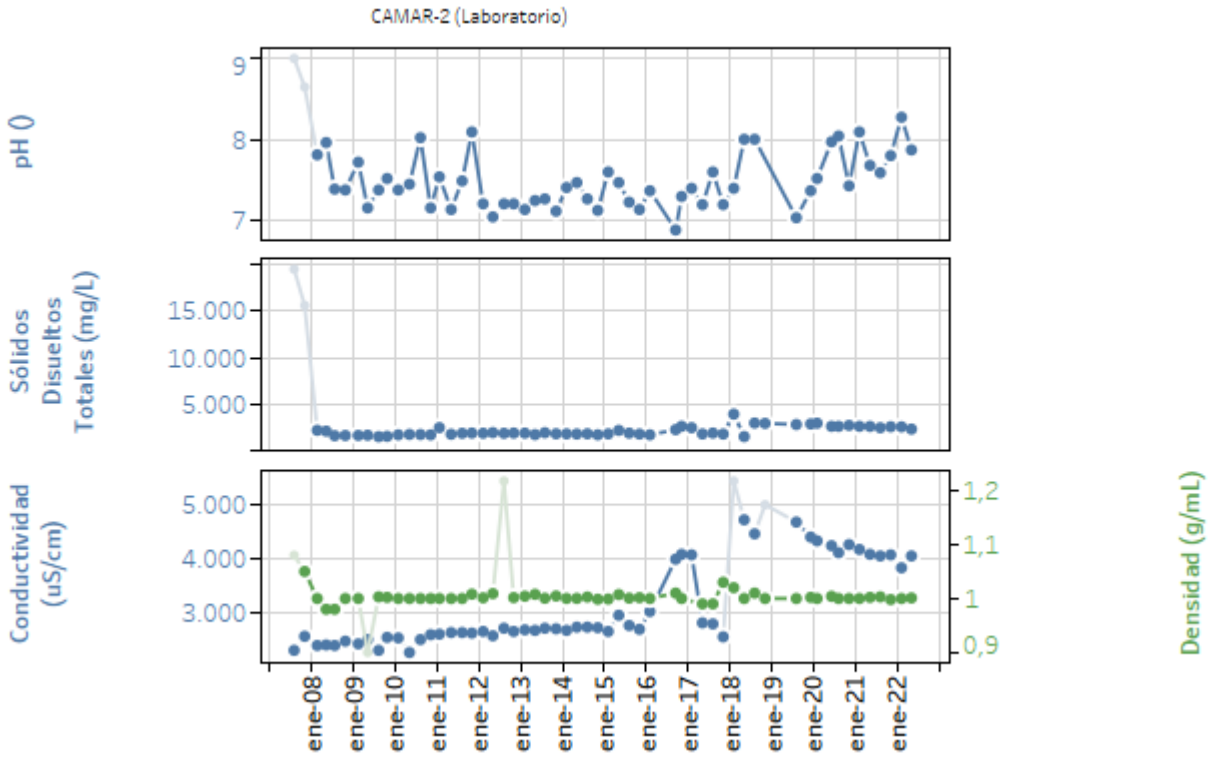
Para el punto Camar-2 los parámetros de hierro y manganeso mostraron un aumento en julio de 2019 hasta valores nunca alcanzados y que posteriormente han descendido, mostrando tendencia al

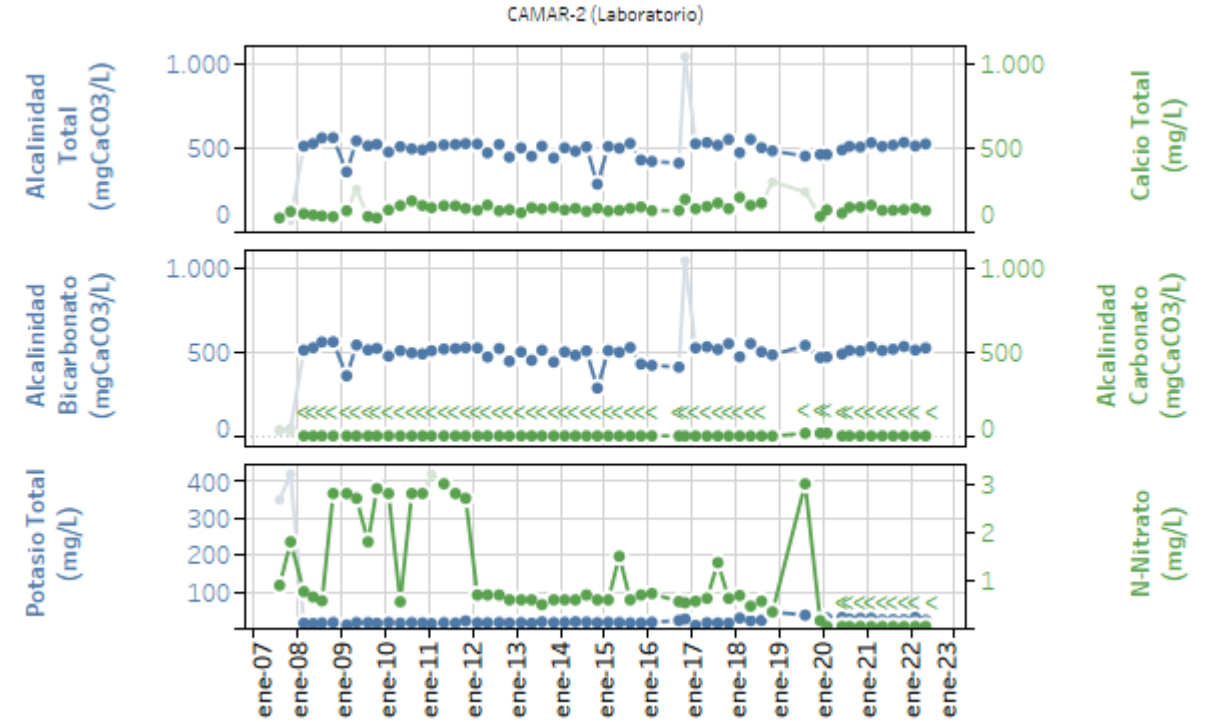
descenso para el hierro y en menor medida para el manganeso. En el primer semestre de 2019 el punto fue afectado por un aluvión y las muestras posteriores han sido colectadas con bailer, por lo que no resulta extraño encontrar algunas anomalías, tal como se observa para enero de 2022. En el punto Socaire-5B todos los parámetros se encuentran dentro del registro histórico.

Figura 6-80: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2



Continuación: Evolución histórica de la calidad del agua en Camar 2



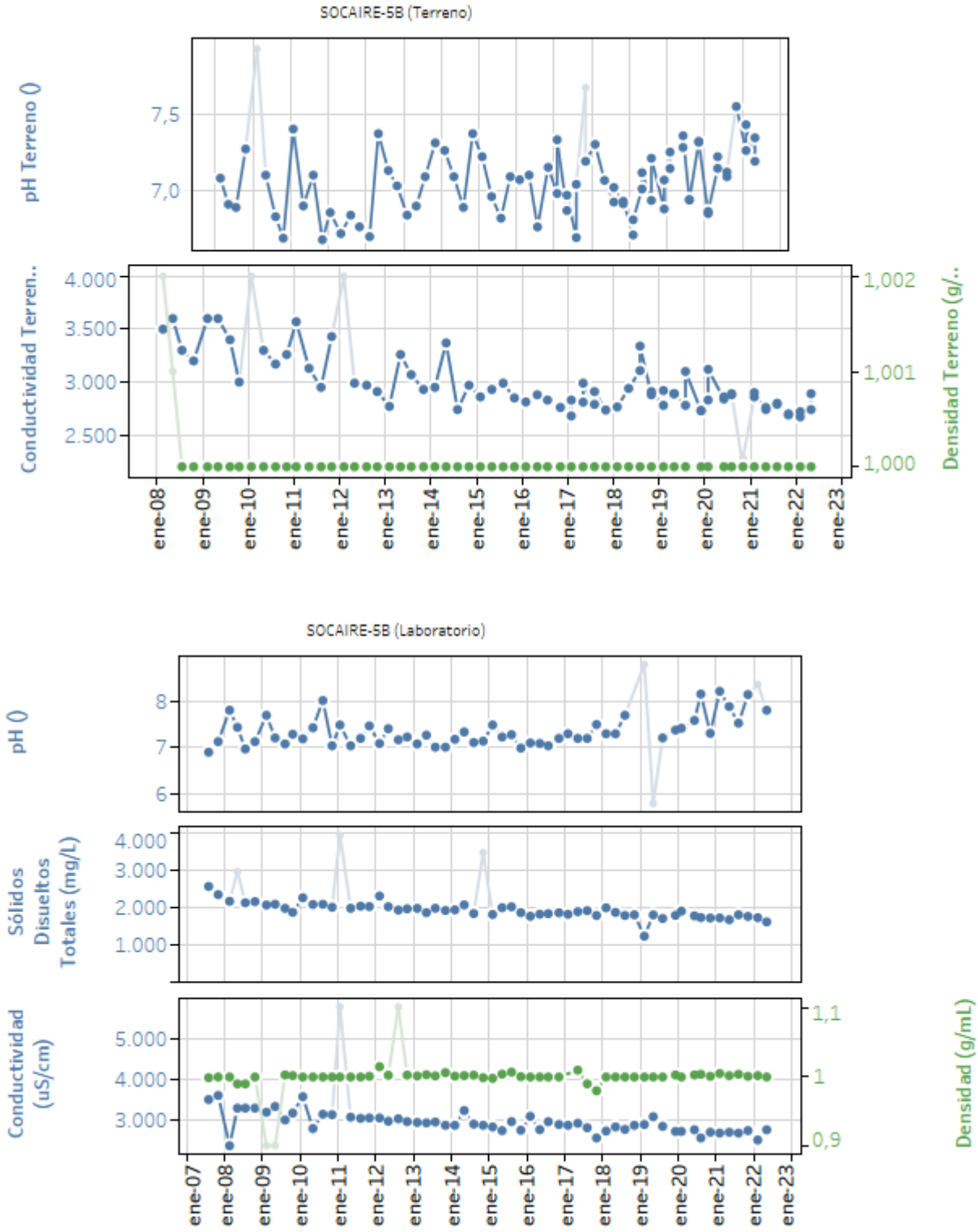


Continuación: Evolución histórica de la calidad del agua en Camar 2

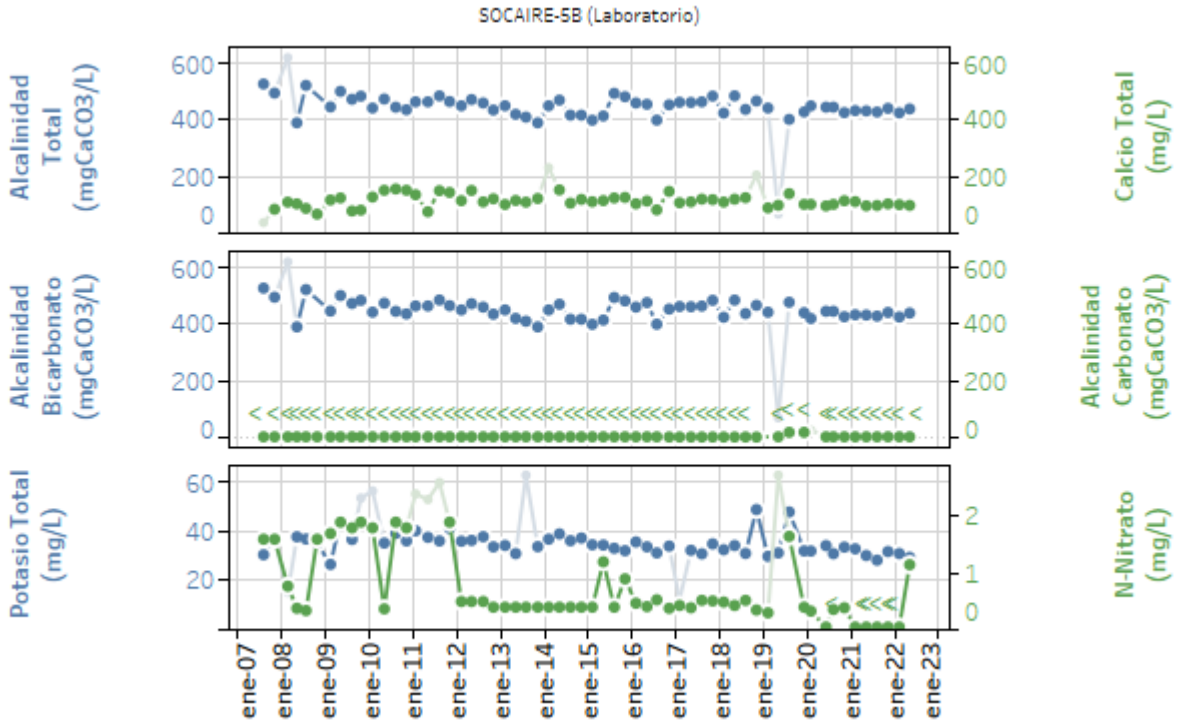


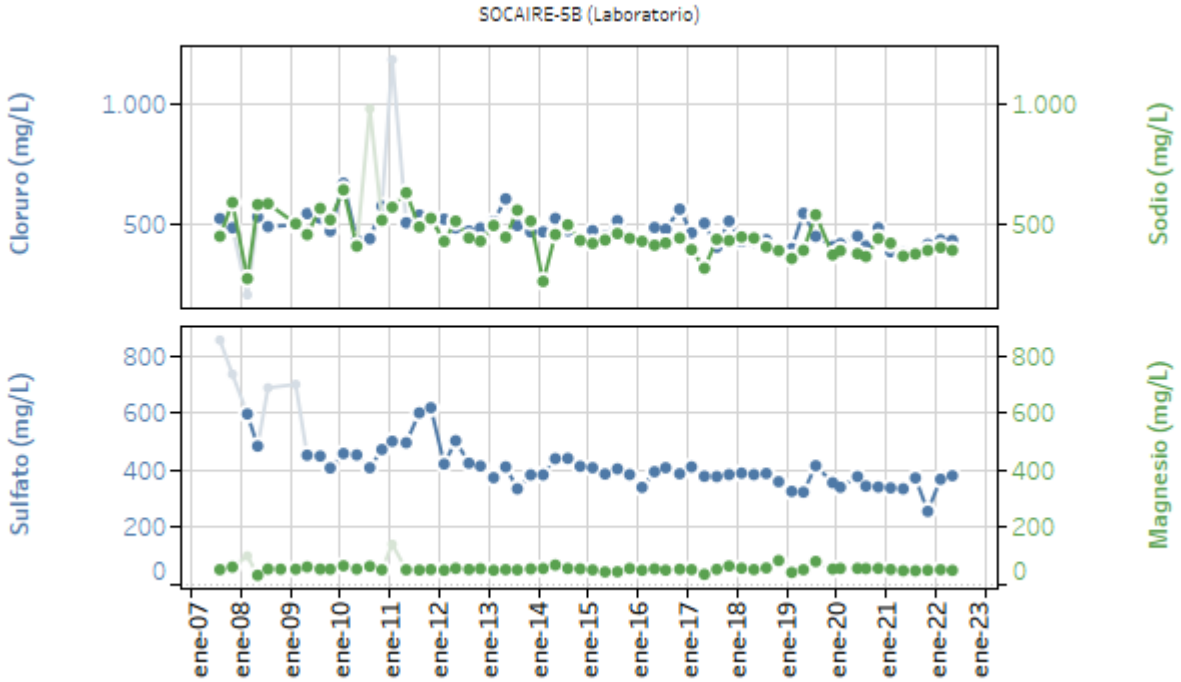
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta"<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-81: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B

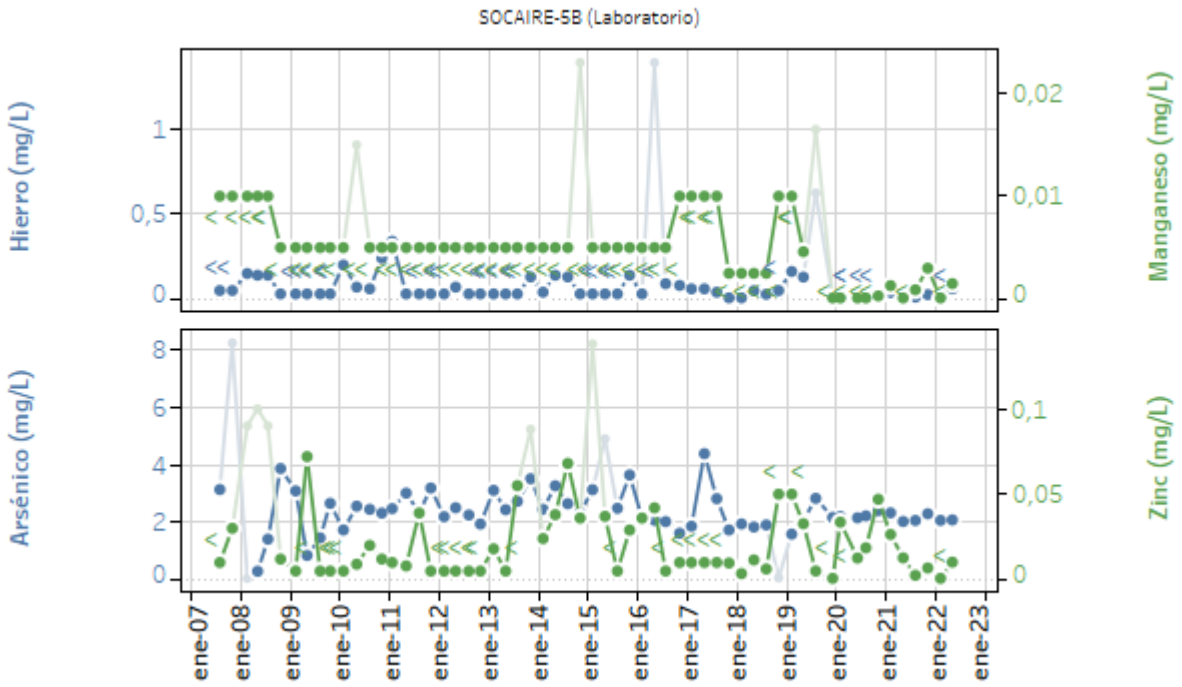


Continuación: Evolución histórica de la calidad del agua en Socaire-5B





Continuación: Evolución histórica de la calidad del agua en Socaire-5B



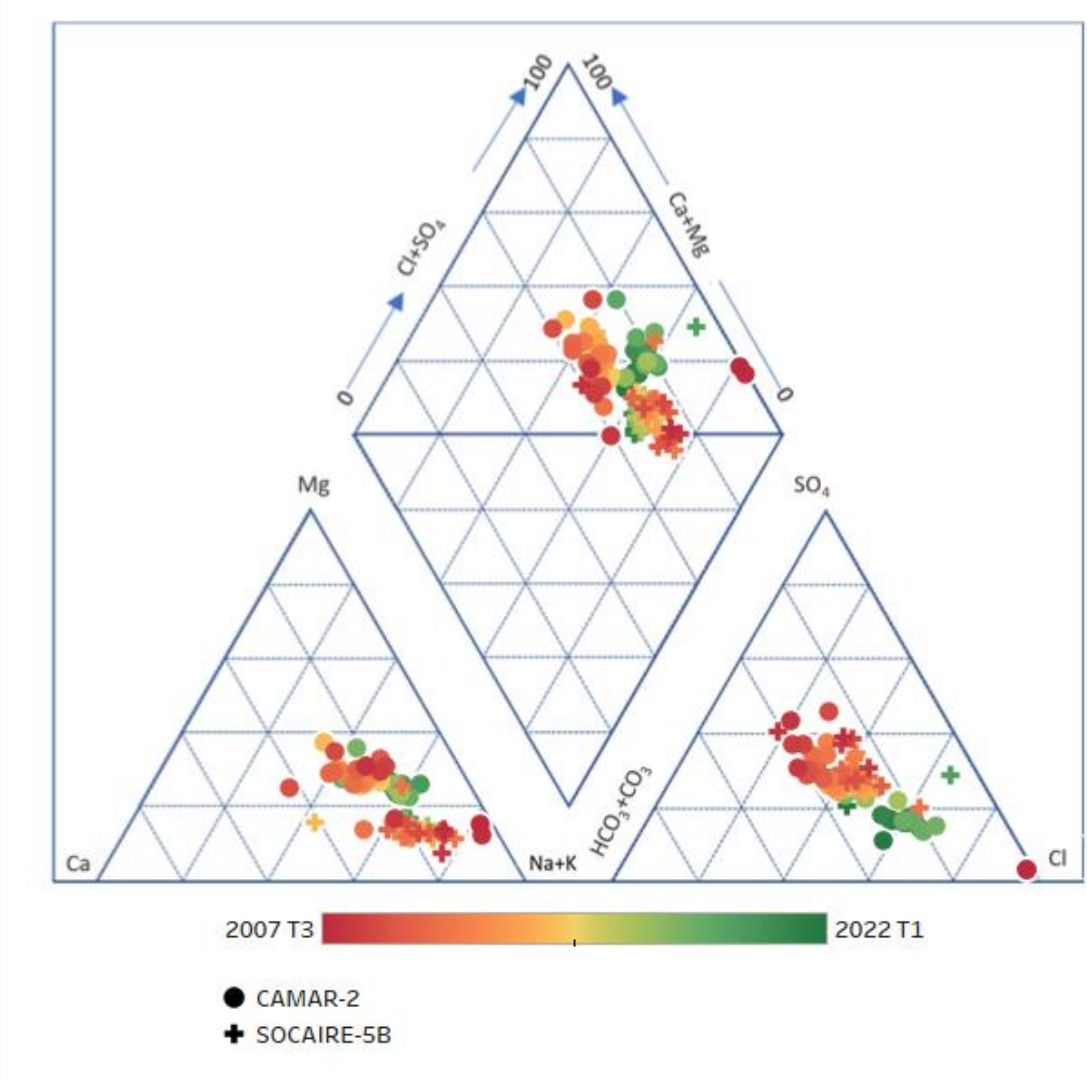
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

En la Figura 6-80, se observa que el punto Camar-2 presenta facies entre cloruradas cálcicas y magnésicas, y cloruradas sódicas y Socaire-5B 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 SO_4 en Camar 2 mostró un descenso en sus registros manteniéndose por debajo de los 400mg/L, manteniéndose bajo este valor también, durante el presente semestre a reportar. Para el punto Socaire-5B se observa leve tendencia a la baja en CE, STD, Cl, Na y SO_4.

Ambas tendencias pueden verse en el diagrama de Piper en la Figura 6-82, en la que se observa que los valores de Camar-2 han evolucionado a una composición más clorurada sódica y los de Socaire-5B muestran una leve evolución a menos clorurado sódico, desplazándose hacia el centro del diagrama.

Figura 6-82: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B



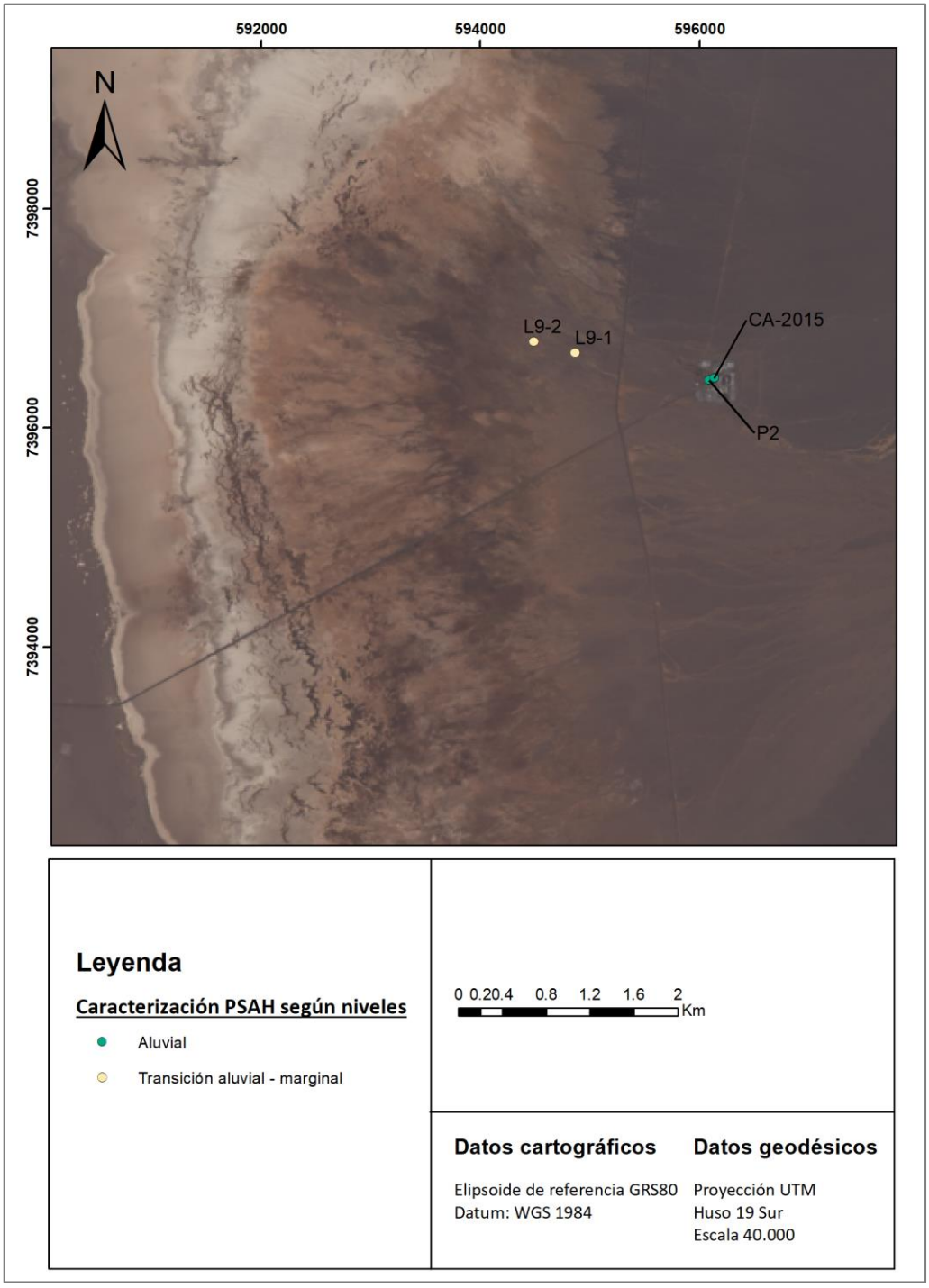
Fuente: Elaboración propia

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 6-83). 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 6-83: 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

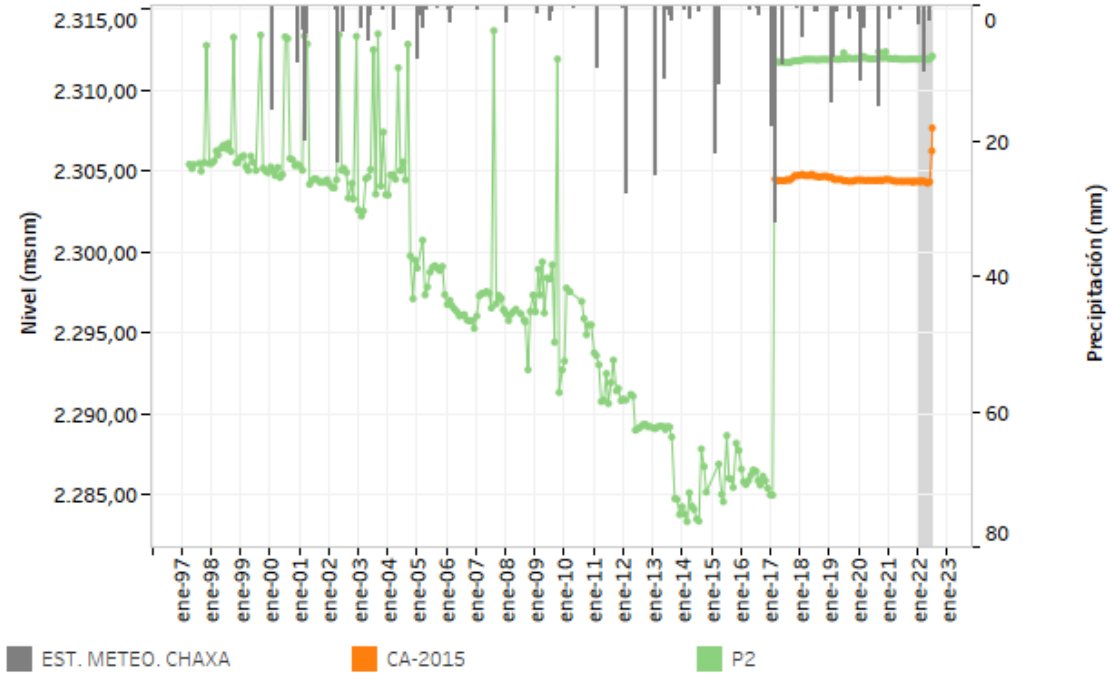
Como se ha mencionado, el sistema de Vegetación Borde Este cuenta con el pozo de agua industrial CA-2015, que remplazó al pozo P2 a partir de febrero de 2017 (según Res. 296/2016 de la DGA), en la Figura 6-84 se muestran los niveles de ambas infraestructuras y en la Figura 6-85[47] se muestra el detalle del CA-2015, lo que permite ver las variaciones de nivel recientes.

Según se ve en la Figura 6-84, 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 6-84), 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 en el primer semestre de 2022 ha mostrado un ascenso, el nivel ha descendido 11 cm entre los meses de enero a abril (2021), el resto del semestre se ha mantenido fluctuando alrededor de la cota 2.304,37 m s.n.m.

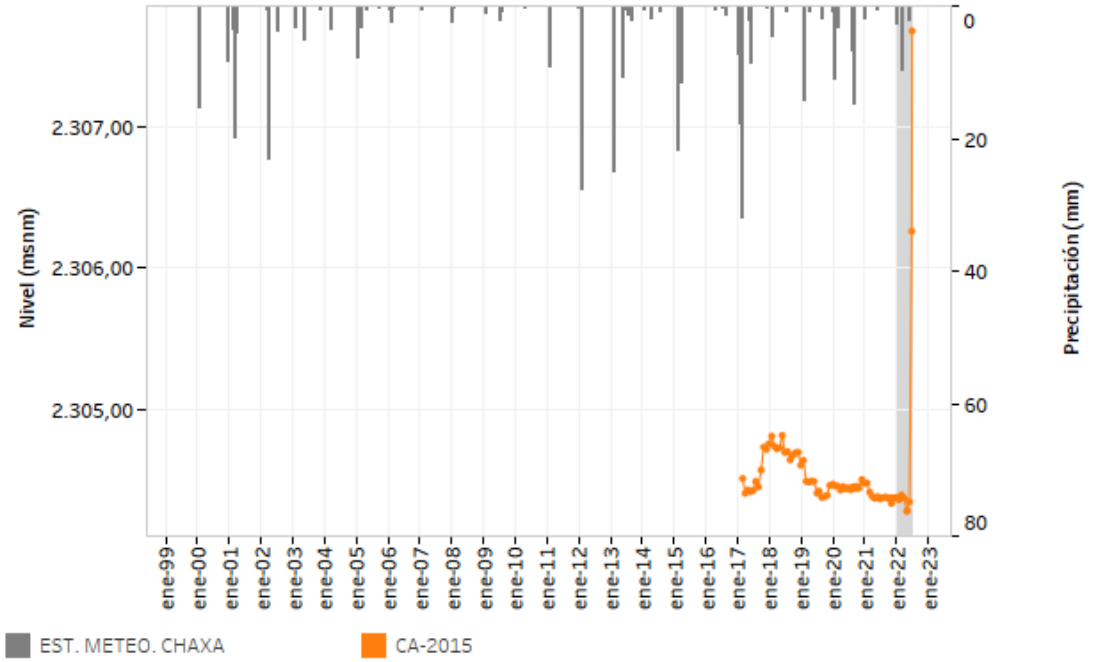
[47] Para la Figura 6-84 se ha eliminado la medida del 19 de junio 2019, ya que corresponde a 2.311,85 m s.n.m., que son 7 metros más que el siguiente máximo registrado. De hecho, el mismo mes se procedió a medir de nuevo, confirmando que esta era una medida fuera de rango. Por lo que esta medida no se muestra en el gráfico, permitiendo así una mejor visualización del comportamiento histórico del pozo.

Figura 6-84: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-85: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este



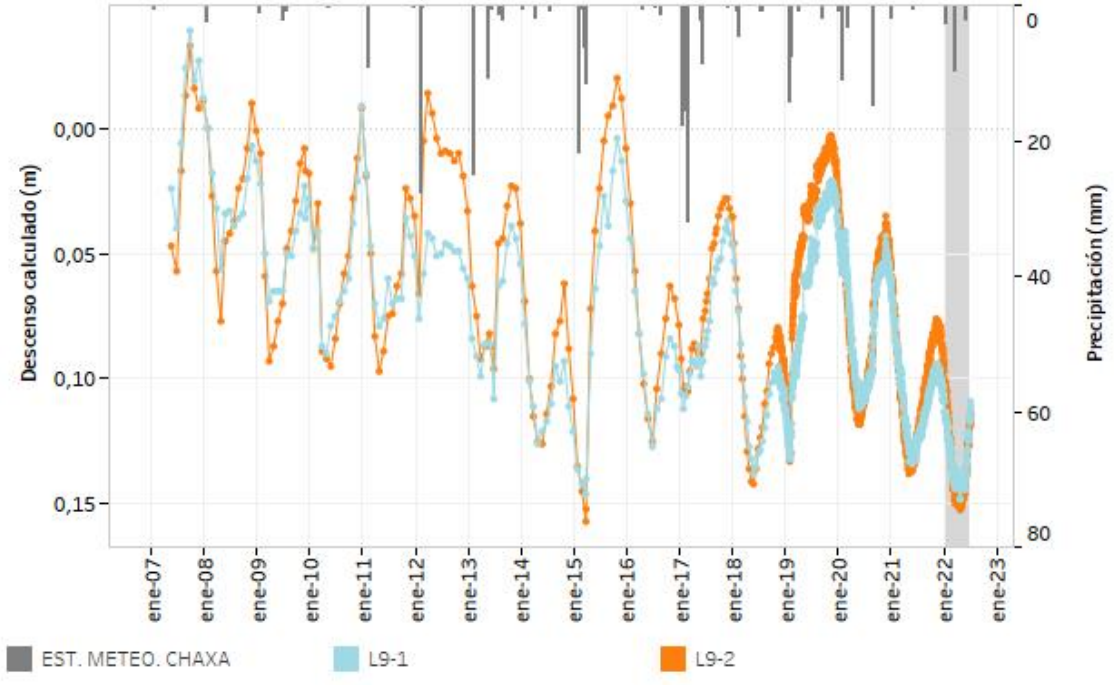
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 6-86) 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 el 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 2022, se observa cómo se ha reproducido el mínimo estacional, que ha alcanzado una cota similar a 2015, lo que confirma el comportamiento antes descrito.

Figura 6-86: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este

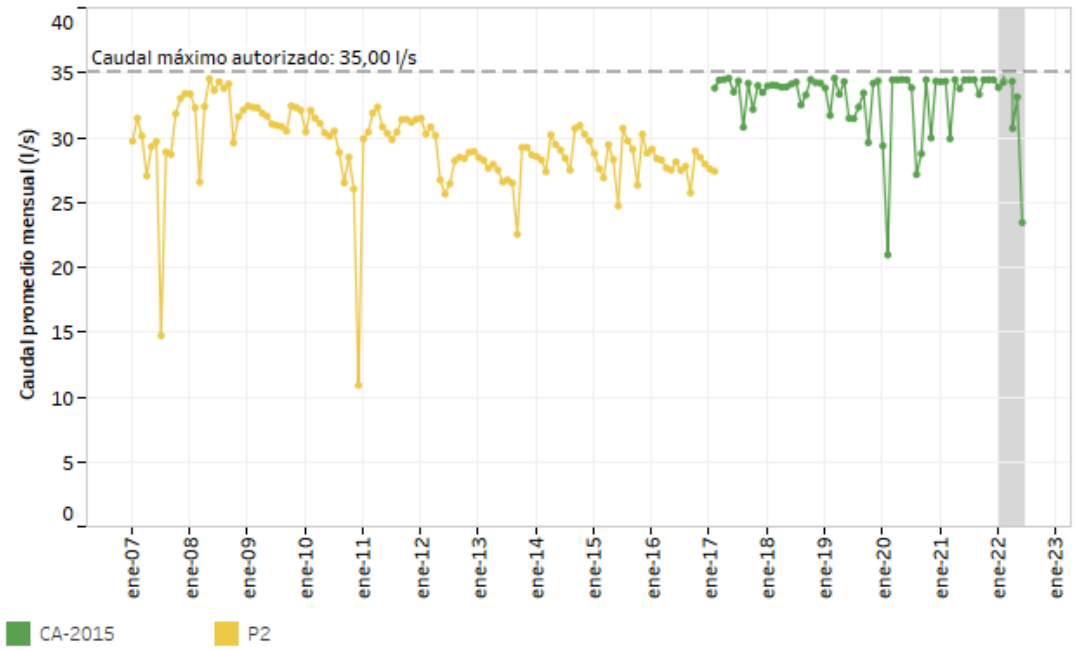


Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.2 Caudal bombeado

En la Figura 6-87 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 23,44 y los 34,25 L/s.

Figura 6-87: 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 primer semestre de 2022 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 6-88).

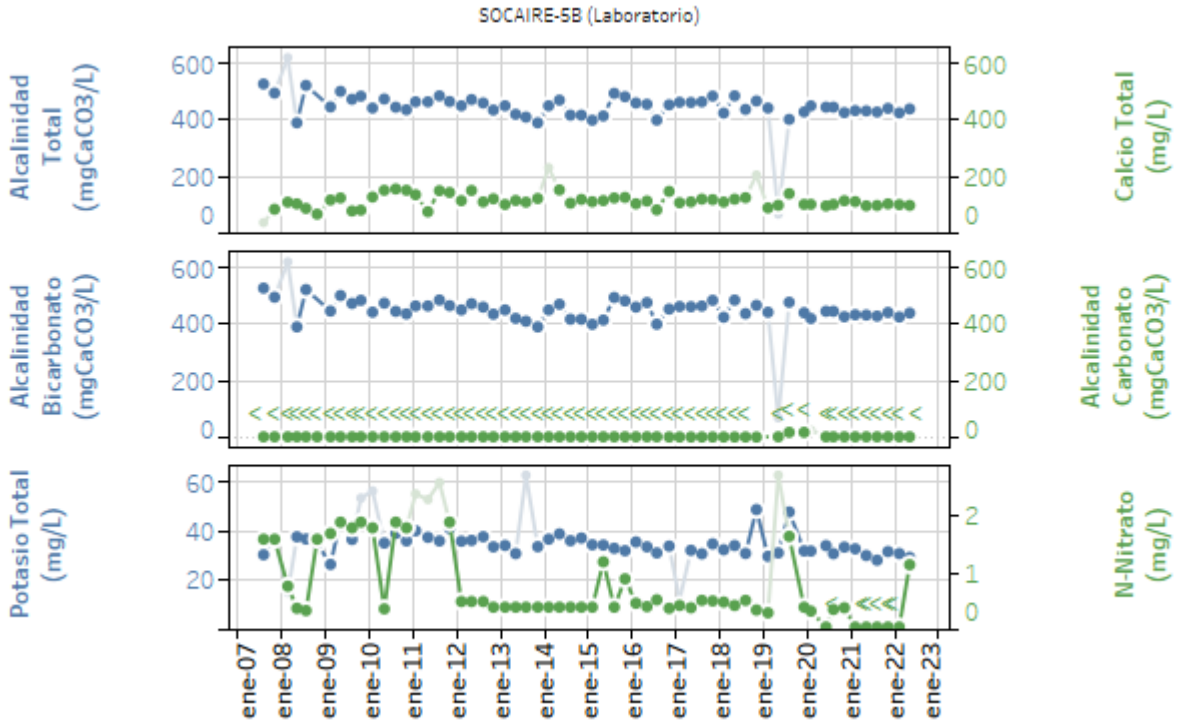
Ambos puntos, P2 y CA-2015 presentan aguas de baja conductividad (menor a 5.000 µS/cm y 20.000 µS/cm, respectivamente) y concentraciones en general también bajas, al encontrarse en el acuífero aluvial que representa las aguas de recarga a la zona marginal y proveniente de las aguas infiltradas en los Altos Andinos.

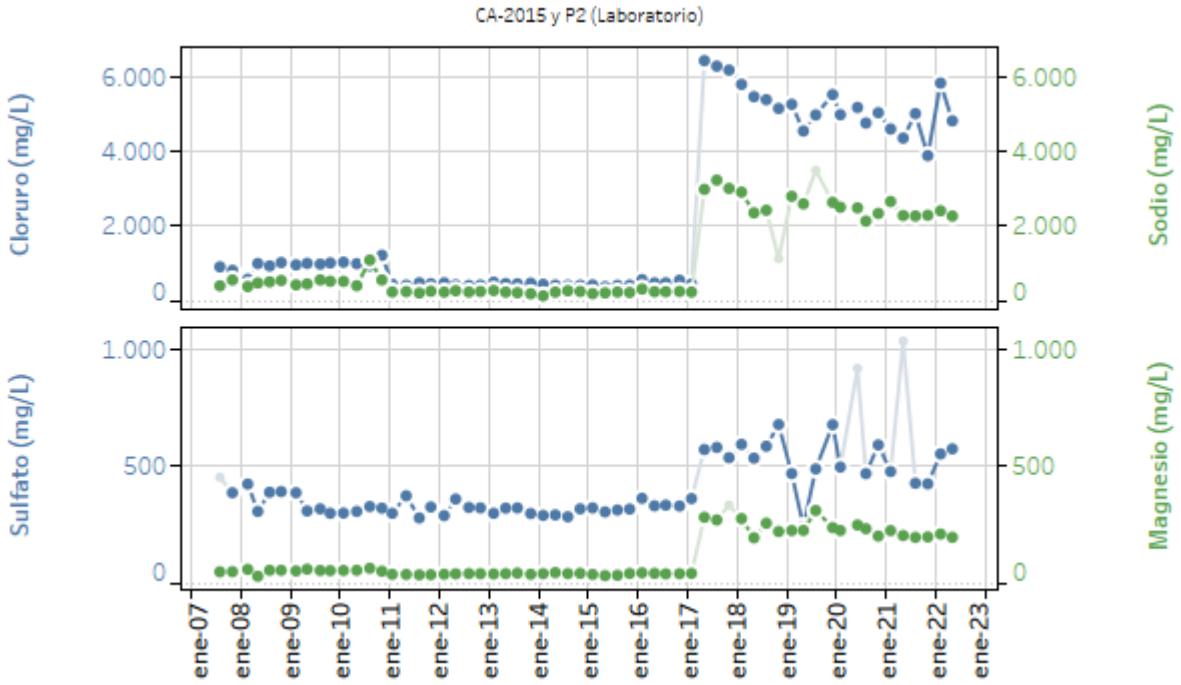
En este semestre la mayor parte de las variables analizadas se han mantenido dentro de los rangos de variación histórica. Cabe resaltar la medición de hierro en abril, que representan un valor cercano al máximo, por lo que puede considerarse *outlier*. La revisión de resultados posteriores a entrega de laboratorio confirma que se trata de un valor atípico.

Figura 6-88: 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)

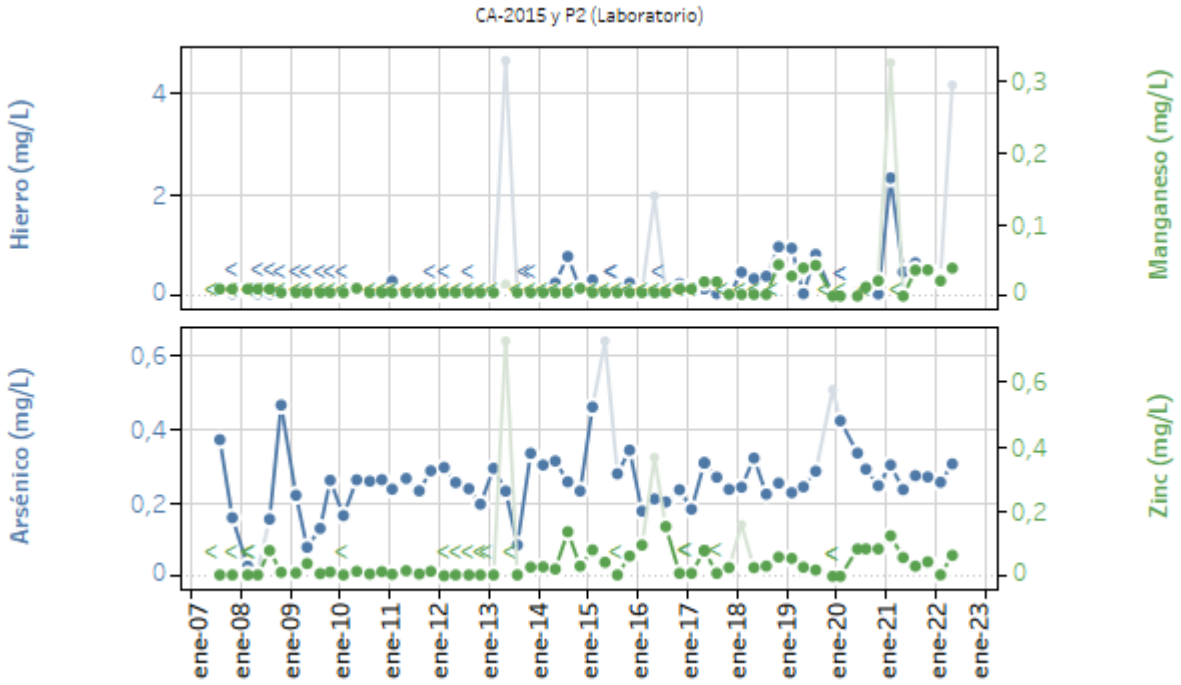


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)





(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)

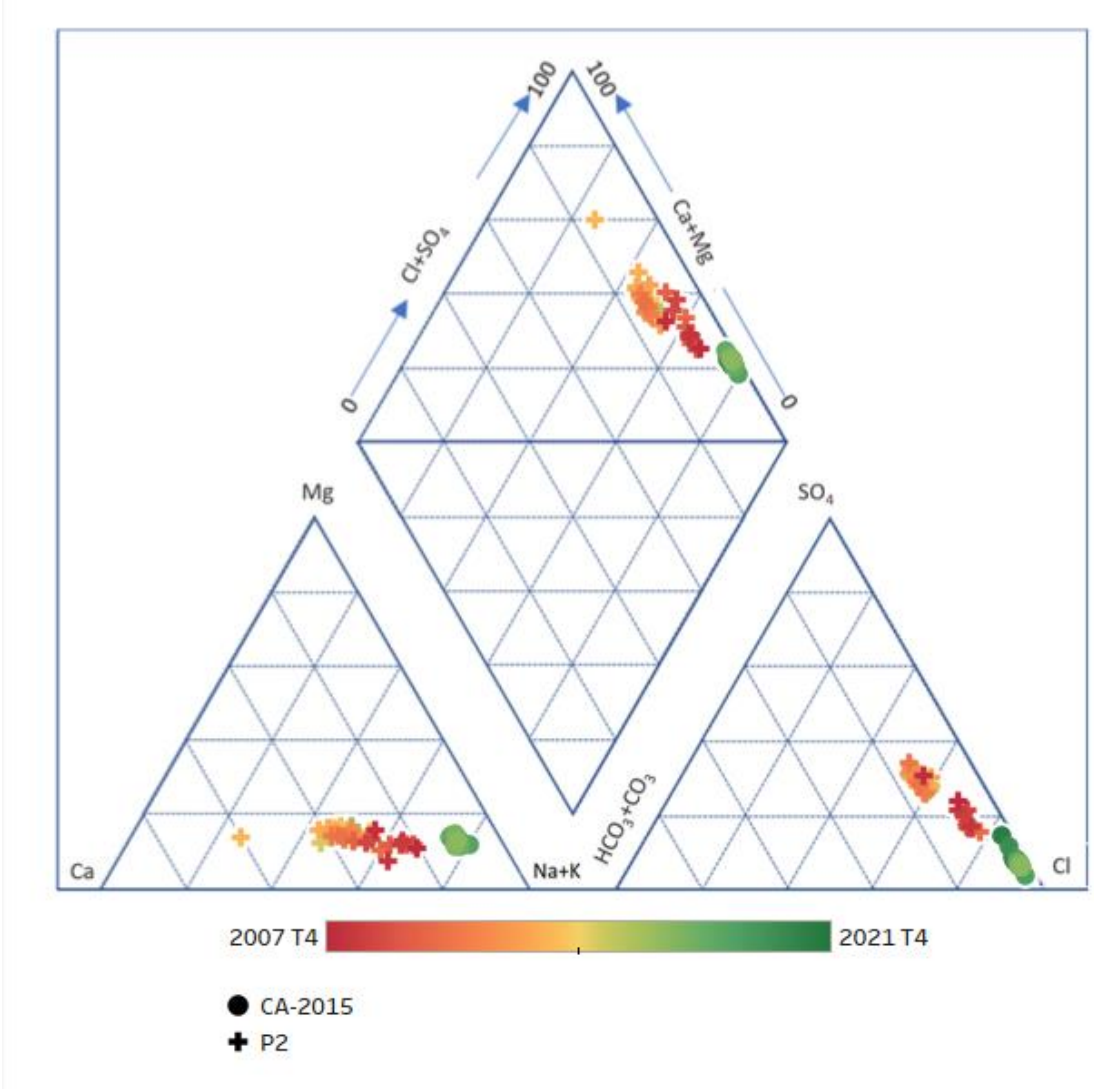


Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

La Figura 6-89 muestra el diagrama de Piper para las muestras colectadas en P2 y CA-2015, con un BI inferior al 10%, por lo que, no fue posible entregar información asociada a este semestre debido que los analitos no aprobaron la validacion para balances iónicos inferiores 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 6-89, 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 6-88, se observan algunos parámetros con leve tendencia a la baja durante este semestre, 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 6-89: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017)

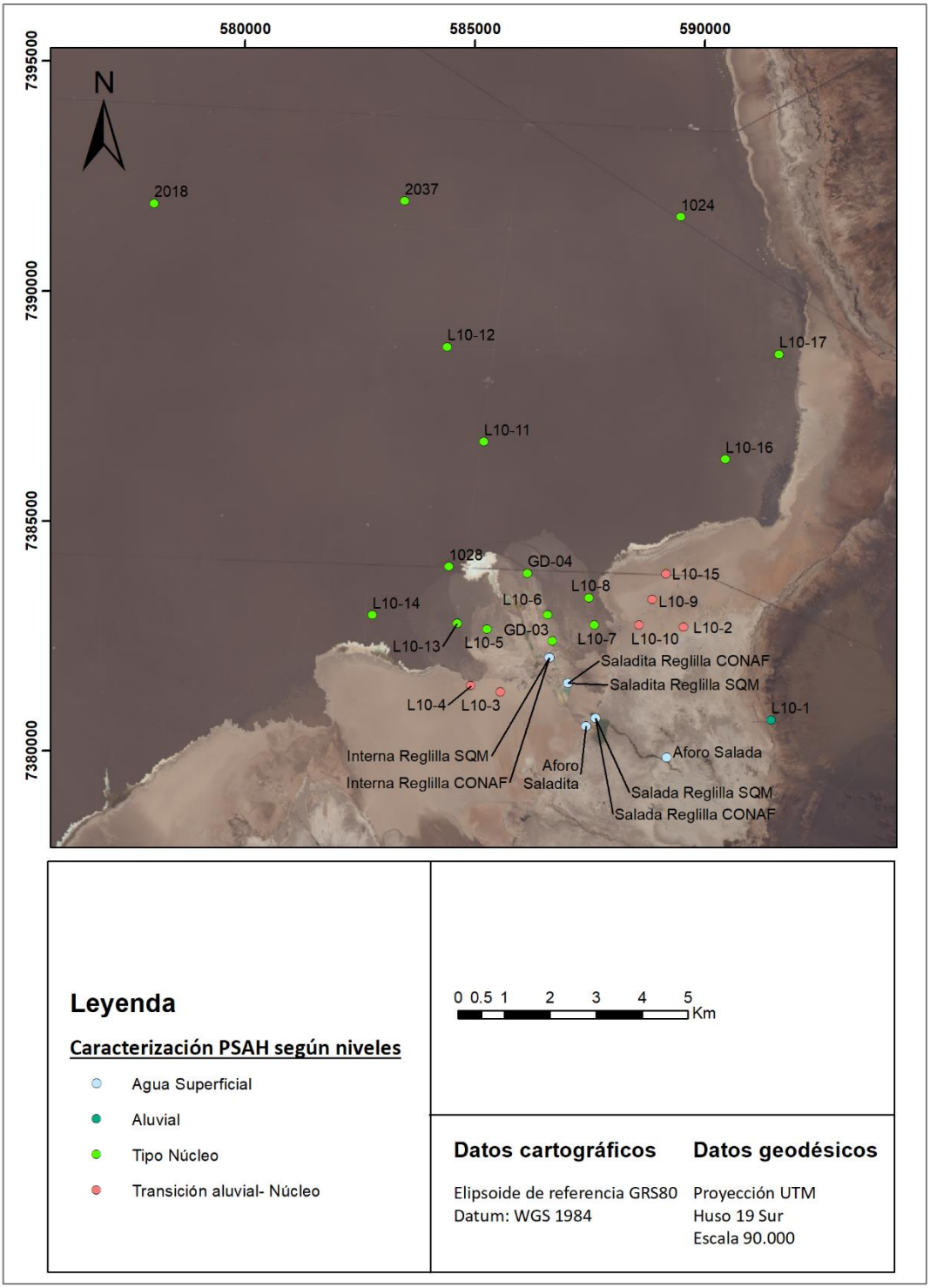


Fuente: Elaboración propia

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 6-90). 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 6-90: 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

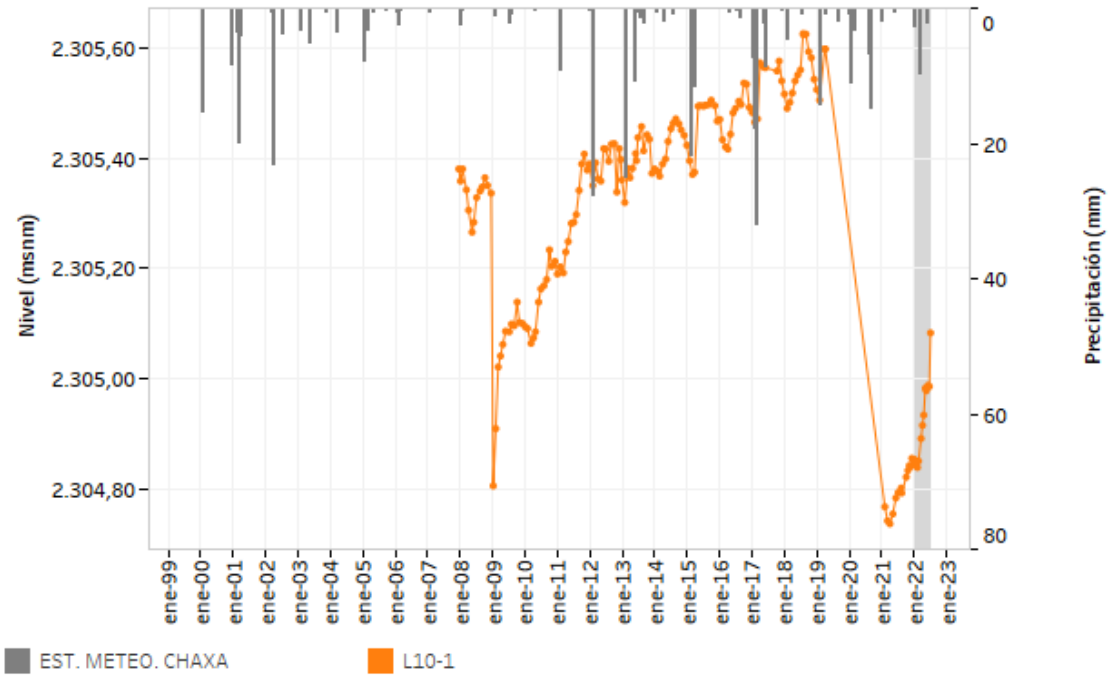
6.1.4.1.1 Pozos en zona aluvial

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 6-91 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 fue en el primer semestre de 2021 se pudieron retomar las visitas de nuevo. La medición de enero (2021) registró un nivel a una mínima cota que no se había 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 primer semestre 2022 muestran una tendencia de recuperación (ascenso) del nivel, desde la cota mínima alcanzada en marzo (2021) y elevándose unos 35 cm al cierre del periodo (junio 2022). Observando esta tendencia, es posible que el nivel ascienda hasta recuperar de nuevo la tendencia previa a este escalón repentino.

Figura 6-91: 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 6-92.

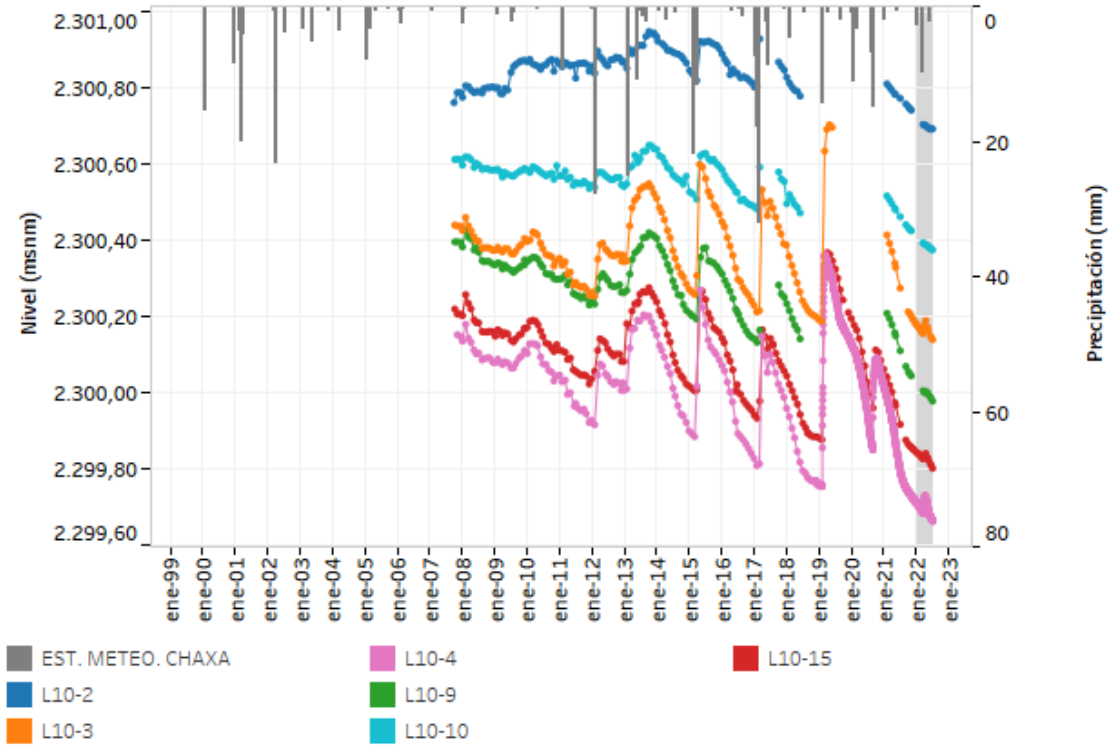
Estos puntos tampoco muestran la particular oscilación regular propia de los ciclos estacionales de evaporación, y se observa que mantienen un comportamiento transicional; los puntos más cercanos al aluvial presentan algunos rasgos característicos observados también en el L10-1 (como en el caso del L10-2). 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 primer semestre 2022 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.

Figura 6-92: 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.

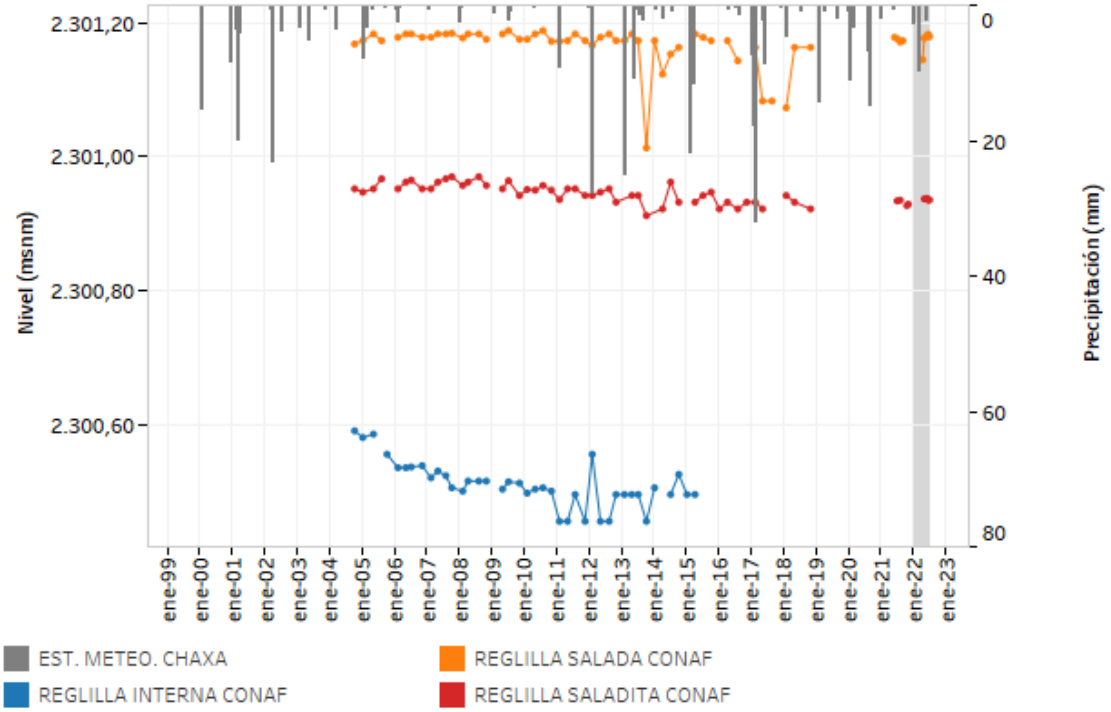
Los niveles medidos hasta la fecha se muestran en la Figura 6-93. Como puede verse, la frecuencia de medición trimestral ofrece menos detalle respecto las variaciones estacionales, aunque se aprecia cierta oscilación sobre todo en las reglillas de Salada y Saladita.

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 y es en el primer semestre de 2021 que retoman las mediciones, aunque la frecuencia no es estable. Las mediciones del primer trimestre 2022 se concentran entre abril y junio. Las nuevas mediciones se encuentran alrededor de la cota 2.301,18 m s.n.m, lo que resulta en un valor similar a los registrados en la data histórica, por lo que no puede decirse que este punto muestre una tendencia (no de ascenso ni descenso), parece que se mantiene estable.

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, es en el primer semestre de 2021 que se volvió a medir y desde entonces, las visitas no son regulares, al menos hasta abril 2022, lo que dificulta mucho el análisis de tendencias. No obstante, los nuevos registros obtenidos en el presente semestre reportado se encuentran en cotas similares a las históricas, por lo que podría descartarse por el momento, una tendencia de descenso para este punto.

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 6-93: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

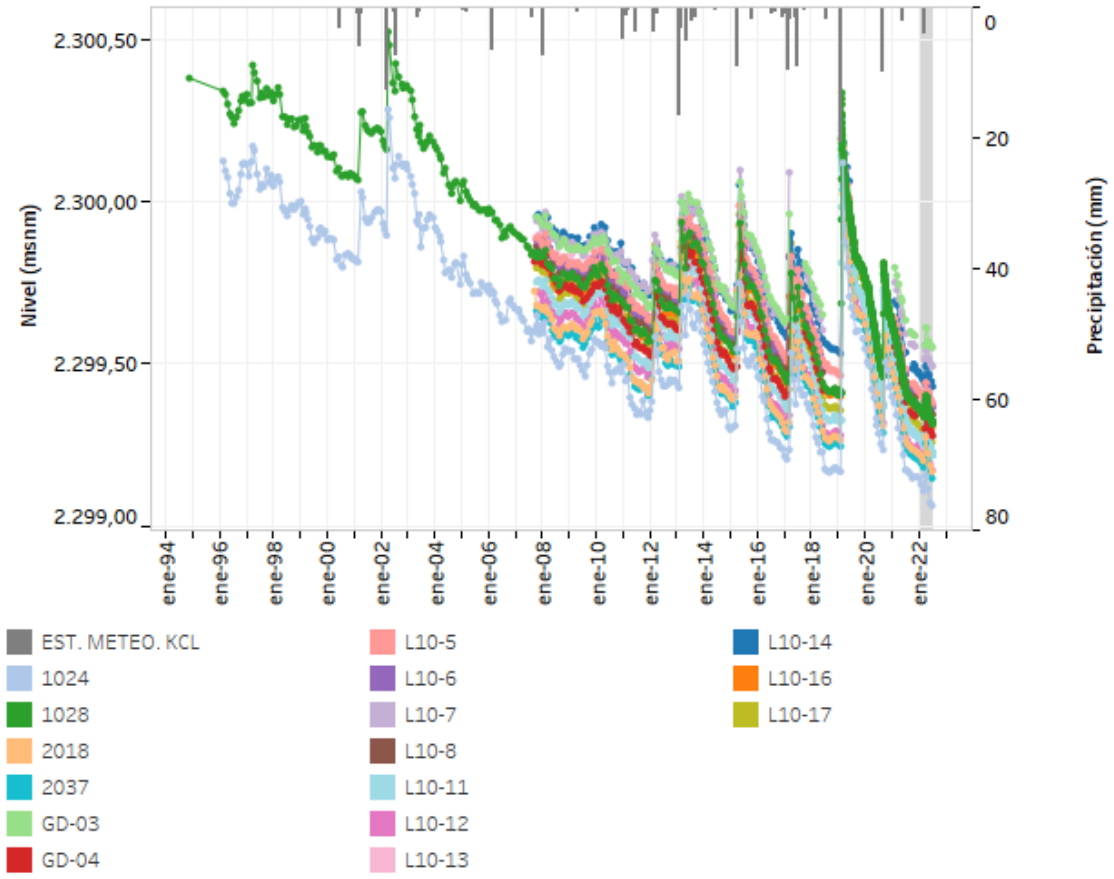
Tal y como se ha descrito, en la zona marginal es donde se encuentran los objetos de protección definidos para el sistema Peine. En este sentido, una vez analizados los niveles históricos junto con la nueva información del primer semestre 2022, puede concluirse que el sistema se mantiene con las variaciones 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 6-94, 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 primer semestre 2022 se observa la pendiente característica de descenso en este sector del núcleo, sumado a la leve respuesta (en forma de *peak* de ascenso) producto del evento de precipitación de marzo (2022).

Figura 6-94: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine



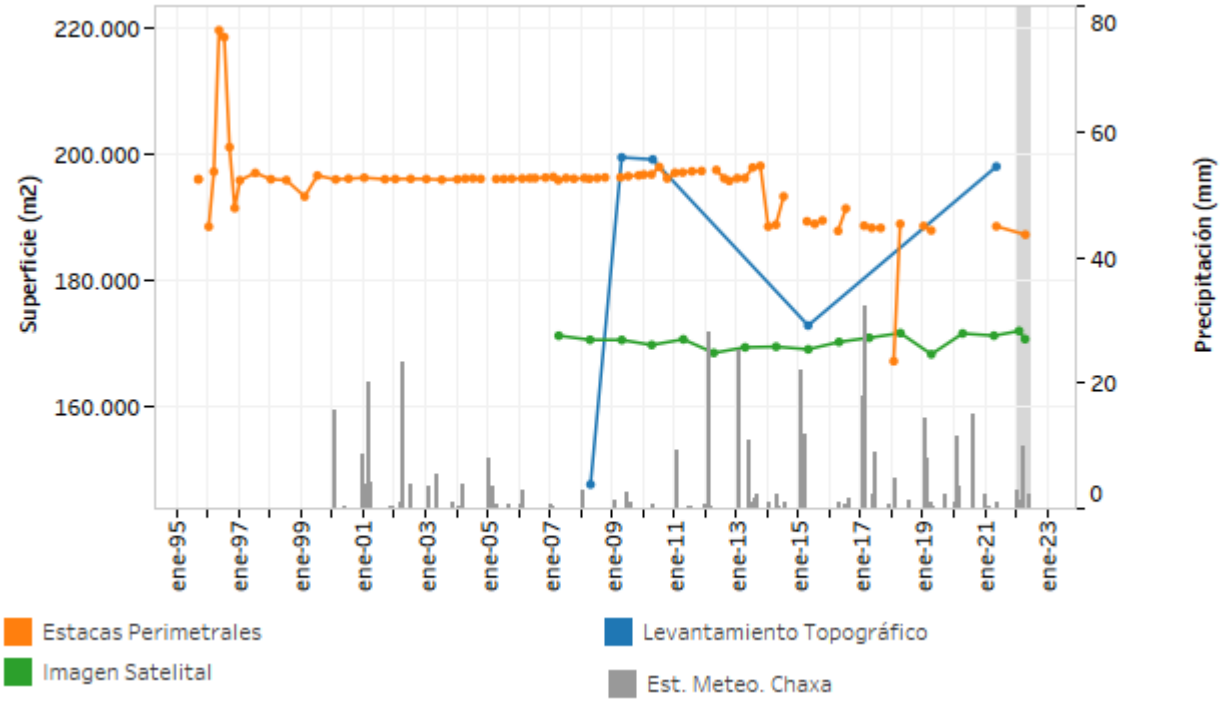
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 variable de un año a otro.

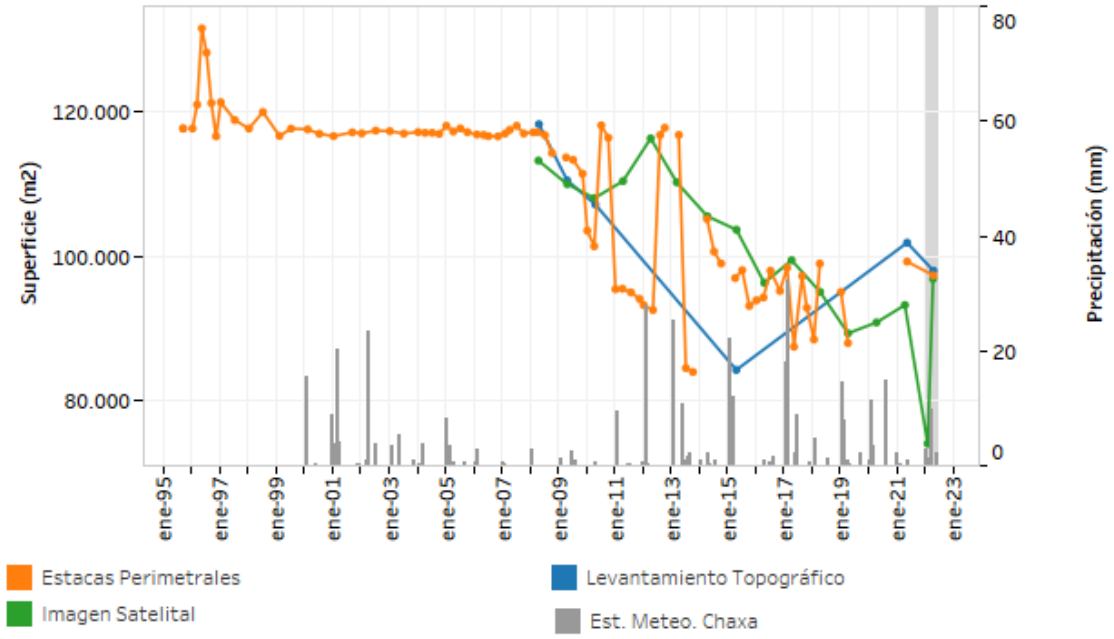
A continuación, se muestra el nivel histórico de las superficies lacustres de este sistema (Figura 6-95, Figura 6-96, Figura 6-97). En general, la laguna Salada muestra una tendencia estable en su cuerpo principal, no experimentando variaciones significativas entre las mediciones de enero y abril del 2022 (Figura 6-95). Las diferencias notadas en las superficies de estacas perimetrales e imagen satelital son debido a que en esta última metodología se considera el seguimiento histórico del cuerpo principal (uso límites CONAF), mientras que el cálculo vía estacas perimetrales considera la incorporación del canal de recarga y descarga.

Figura 6-95: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Salada.



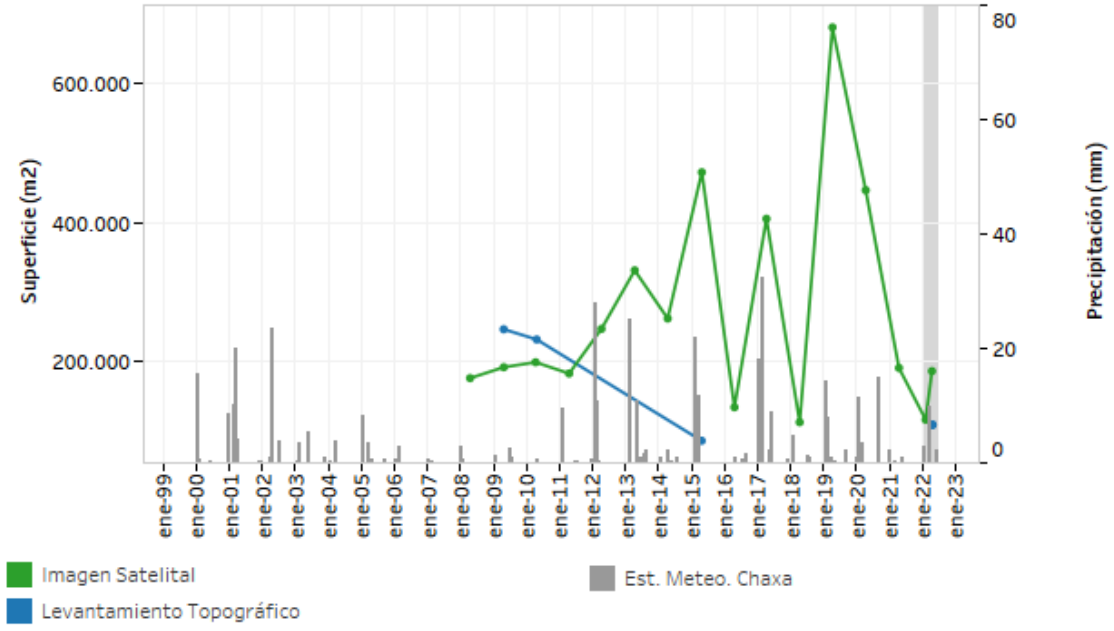
Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de cálculo en enero del año 2022 (PdC 2022). Curva en verde corresponde al cuerpo principal de Salada.

Figura 6-96: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Saladita.



Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de cálculo en enero del año 2022 (PdC 2022).

Figura 6-97: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en laguna Interna.

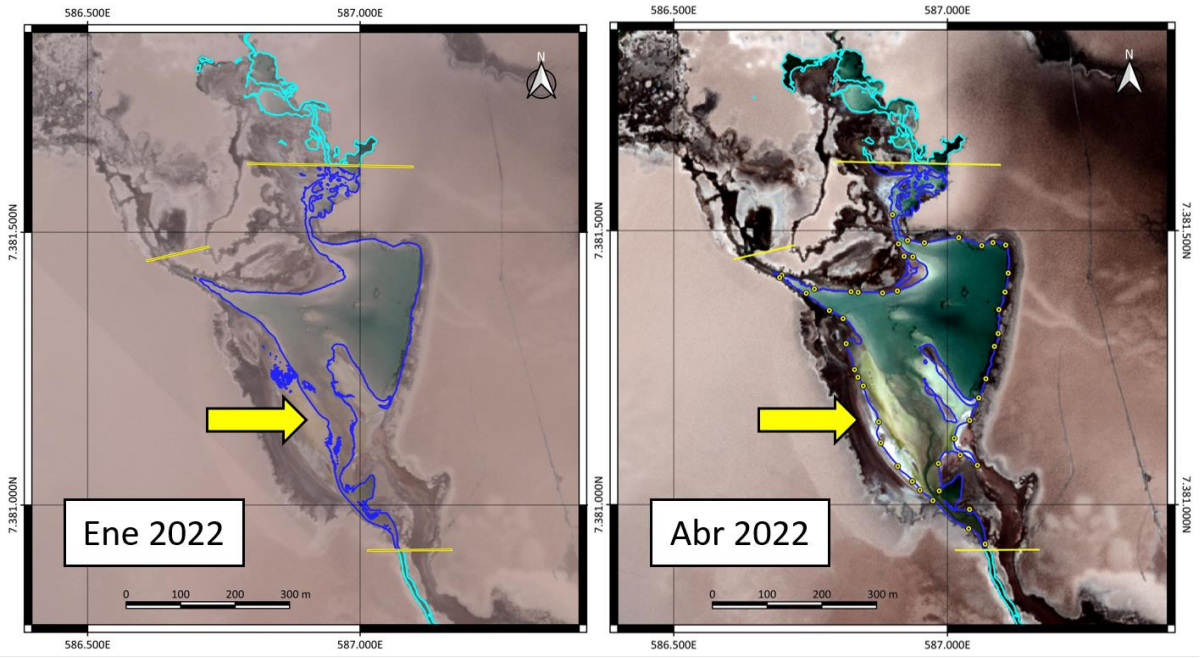


Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de cálculo en enero del año 2022 (PdC 2022).

Tal y como se observa en la serie histórica de Laguna Interna (Figura 6-97), este cuerpo terminal se caracteriza por una alta dispersión. En efecto, recibe como entrada aguas provenientes tanto de Salada como Saladita, razón por la cual, los máximos observados ofrecen buena correlación para los años en donde se han reportado eventos anómalos de precipitación (ej 2015, 2017 y 2019). Además, se debe destacar, que este cuerpo de agua no posee un límite definido, razón por la cual se podría esperar a futuro (con otros eventos de precipitación intensos) una migración de su desagüe. Dicha zona, al estar en el nivel base del sistema lacustre es esperable que este más propensa a evaporarse debido a su menor canalización y bajo espesor de la película de agua, generando así una costra salina predominante.

Por otra parte, es necesario mencionar que se observan variaciones morfológicas activas hacia zonas deltaicas (lugares de intersección de canal con cuerpo principal) en donde existe un alto grado de acumulación de sedimentos (i.e sedimentación). Dicha acreción puede estar condicionando la delimitación de superficie lacustre con imagen satelital de alta resolución, principalmente debido a efecto de mezcla espectral (suelo y agua indiferenciables). Un ejemplo puede ser observado en laguna Saladita (Figura 6-98), en donde se observa variabilidad a escala intraanual (enero 2022 y abril 2022) en la delimitación de superficie lacustre, especialmente en la parte sur, donde se estaría produciendo alta sedimentación. Lo anterior, podría ser motivo de las diferencias areales para Saladita, notadas en la Figura 6-96 y en consecuencia, un factor que junto con las variaciones propias del canal de recarga y descarga, explicarían la dinámica histórica de este sistema lacustre.

Figura 6-98: Diferencias en delimitación de superficie lacustre en zona sur de laguna Saladita



Fuente: elaboración propia. Mapa de la izquierda y la derecha muestran delimitación vía imagen satelital para los meses de enero y abril, respectivamente. Flecha amarilla indica zona en donde se registran principales cambios. Fuente: Modificado de SRGIS, 2022.

6.1.4.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el primer semestre de 2022 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).

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

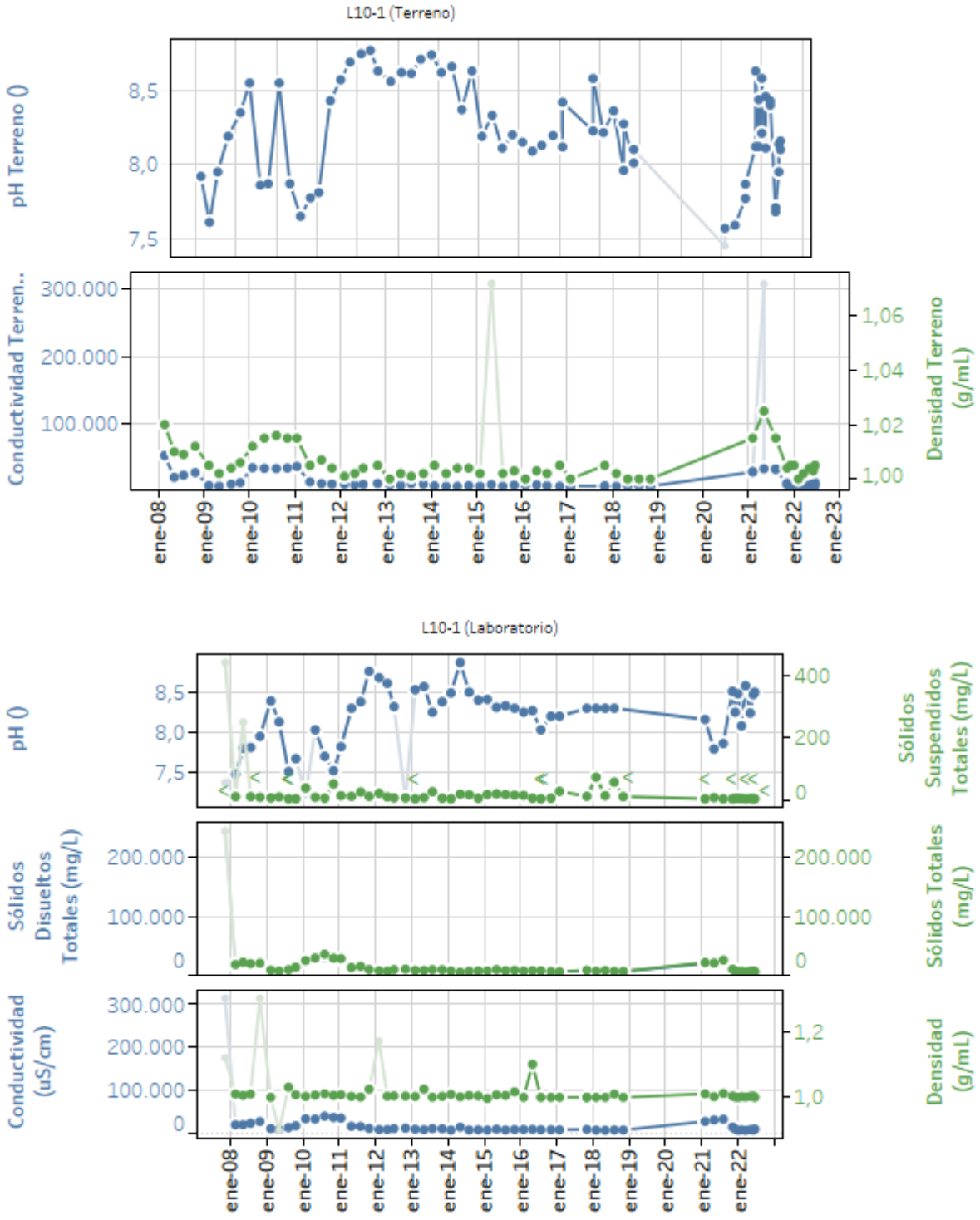
La calidad química del agua subterránea en el sistema Peine es monitoreada en los pozos L10-1, L10-4 y 1028; la evolución temporal para los distintos parámetros en estos pozos se muestra en Figura 6-99, Figura 6-100, Figura 6-101 presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos. Como ya se ha descrito en el capítulo de resultados (5.1.5), durante este semestre se ha podido acceder a los puntos de control de este sistema con la frecuencia adecuada por contar con el permiso de la Comunidad de Peine, que mantenía controlado el acceso a estos puntos durante el periodo reportado.

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 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 primer semestre para los distintos analitos se encuentran dentro del rango histórico, solo se encuentra fuera de rango el pH histórico la medición de junio de L10-4 y 1028 registrando un valor de 7,89 y 7.66 respectivamente. En ambos casos, esto datos han sido considerados como dato no valido.

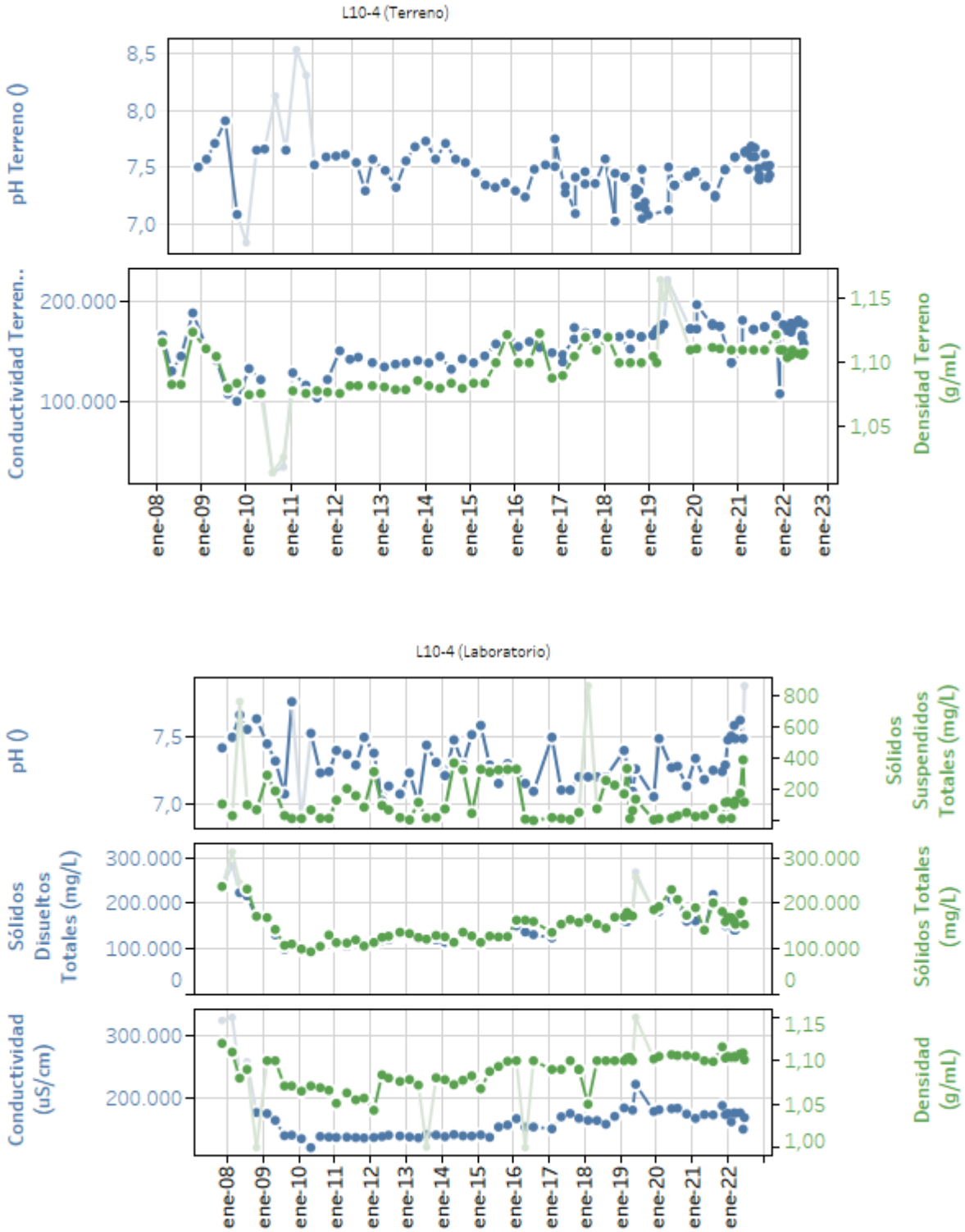
En el caso de L10-1, posterior al gap de información entre octubre de 2018 a enero de 2021, se observan que el pH Terreno se estabiliza entorno a los 8,3; asimismo el pH laboratorio muestra este mismo comportamiento durante los años posteriores al gap de información. Asimismo, la CE de terreno, densidad terreno, SDT y ST CE y Densidad presentan valores considerablemente estables con un leve descenso en la concentración de solidos totales durante el presente periodo a reportar.

Figura 6-99: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1



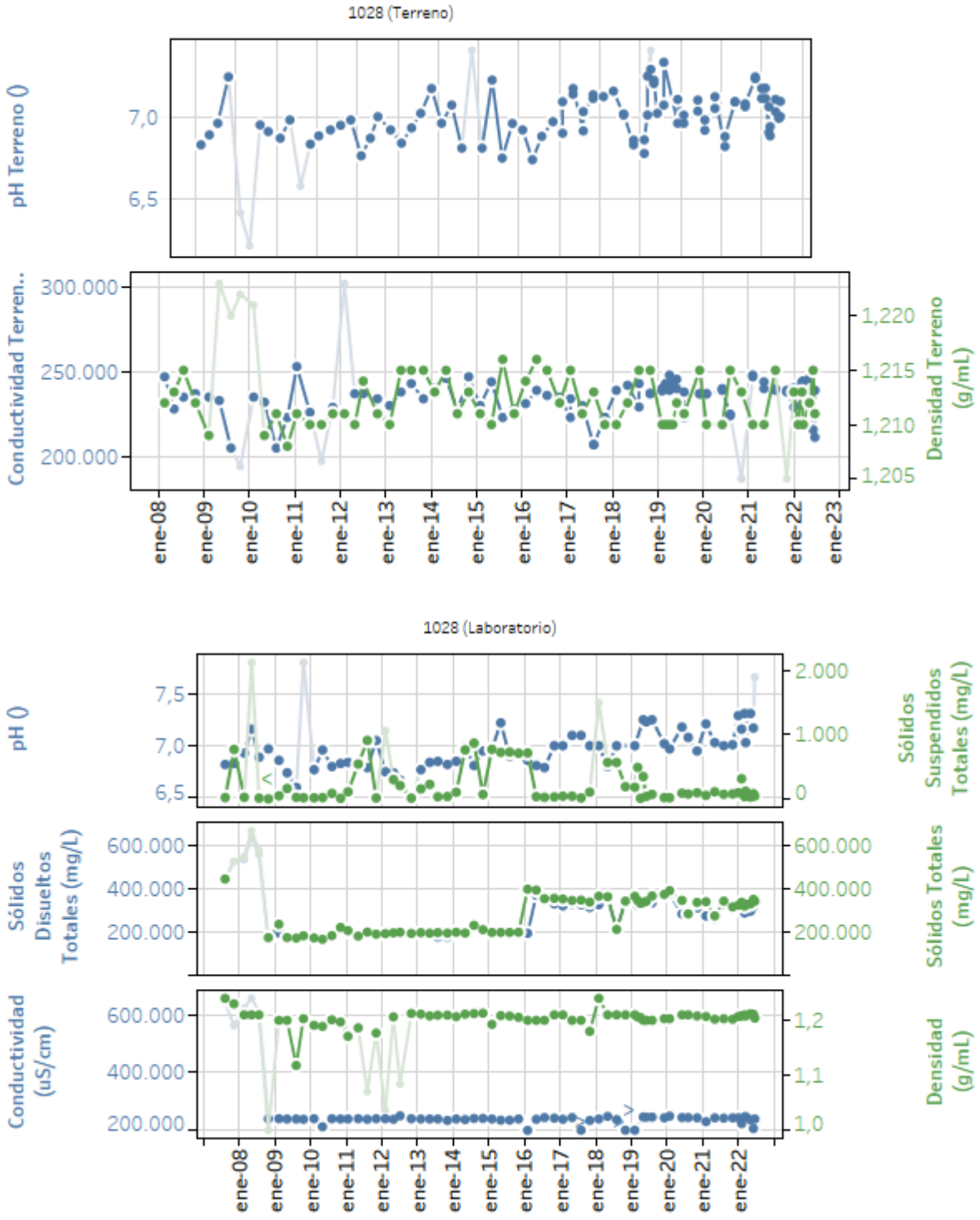
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-100: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-101: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028



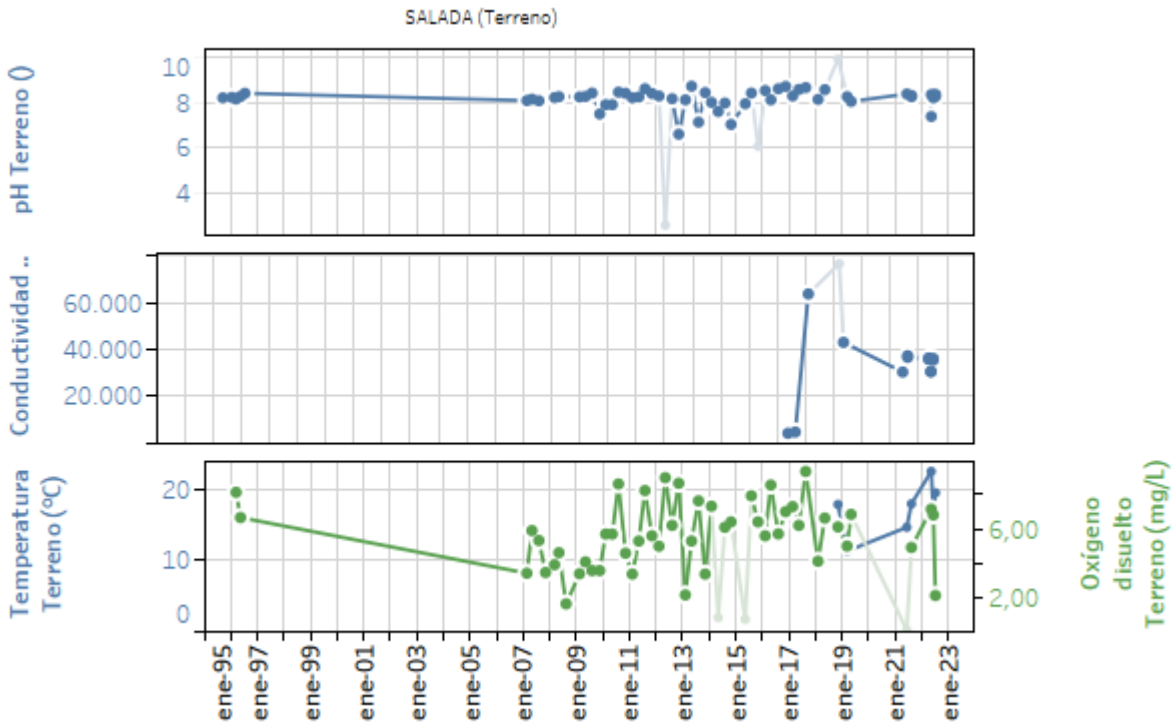
Fuente: Elaboración propia. Los valores >LM se presentan = LM y con la etiqueta “>” en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

6.1.4.3.2 Calidad del agua en sistemas lacustres

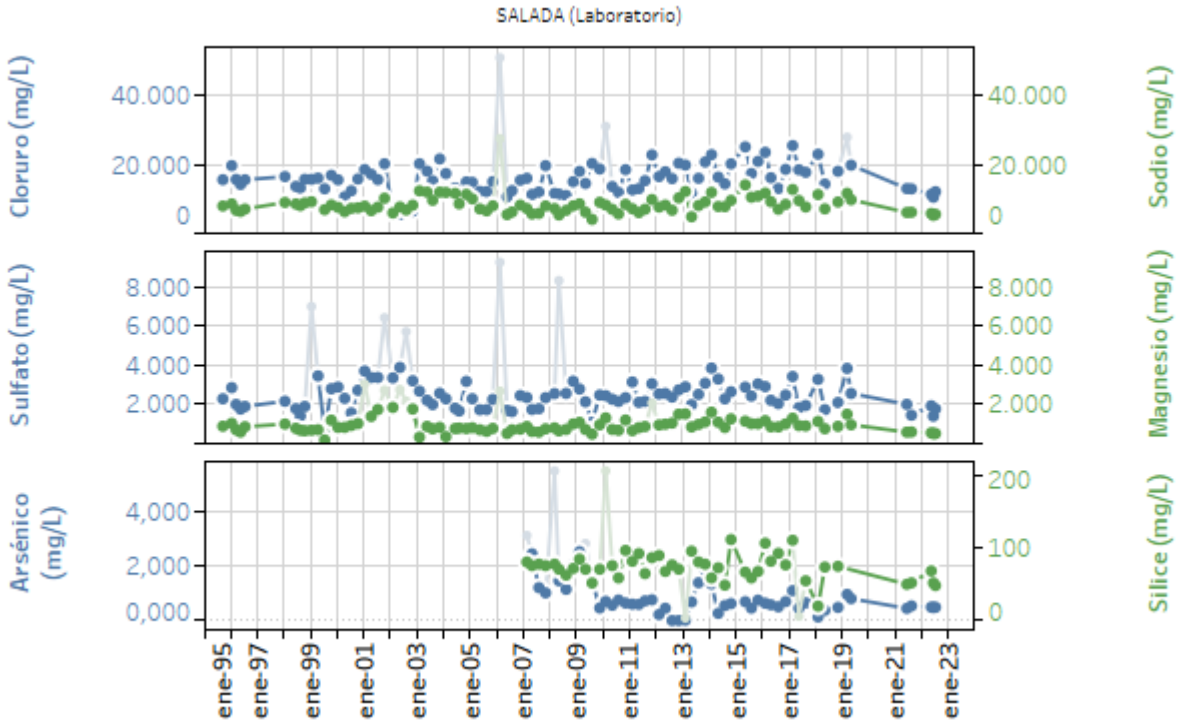
Las Figura 6-102, Figura 6-103, Figura 6-104, presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en las lagunas Salada, Saladita e Interna, respectivamente. Como se comentó en el apartado 5, únicamente resultó posible acceder a muestrear en Salada y Saladita durante abril, mayo y junio de 2022**.** Todos los parámetros analizados se encuentran dentro de lo esperable, de acuerdo con el registro histórico.

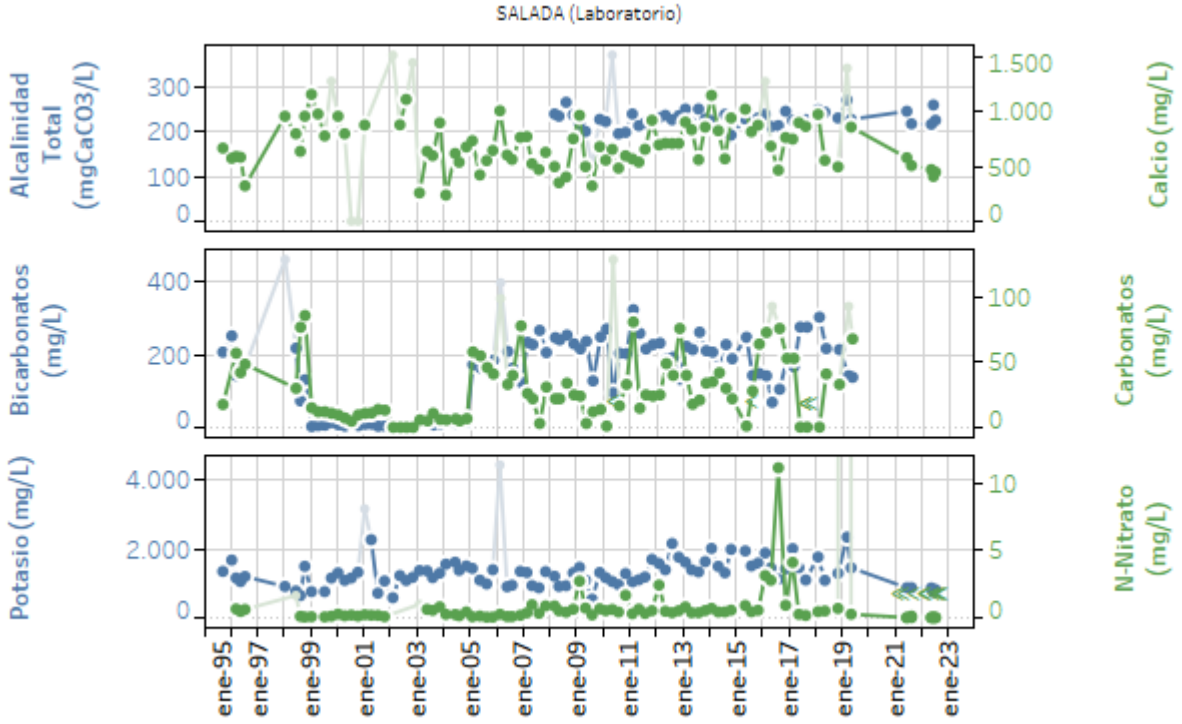
Al tratarse de agua superficial, se observa en todas las lagunas una marcada estacionalidad, controlada por la evaporación y el régimen de caudales, para casi todos los parámetros, alcanzando valores máximos en verano y mínimos en invierno en concordancia a los ciclos evaporativos y contrario al régimen de caudales.

Figura 6-102: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

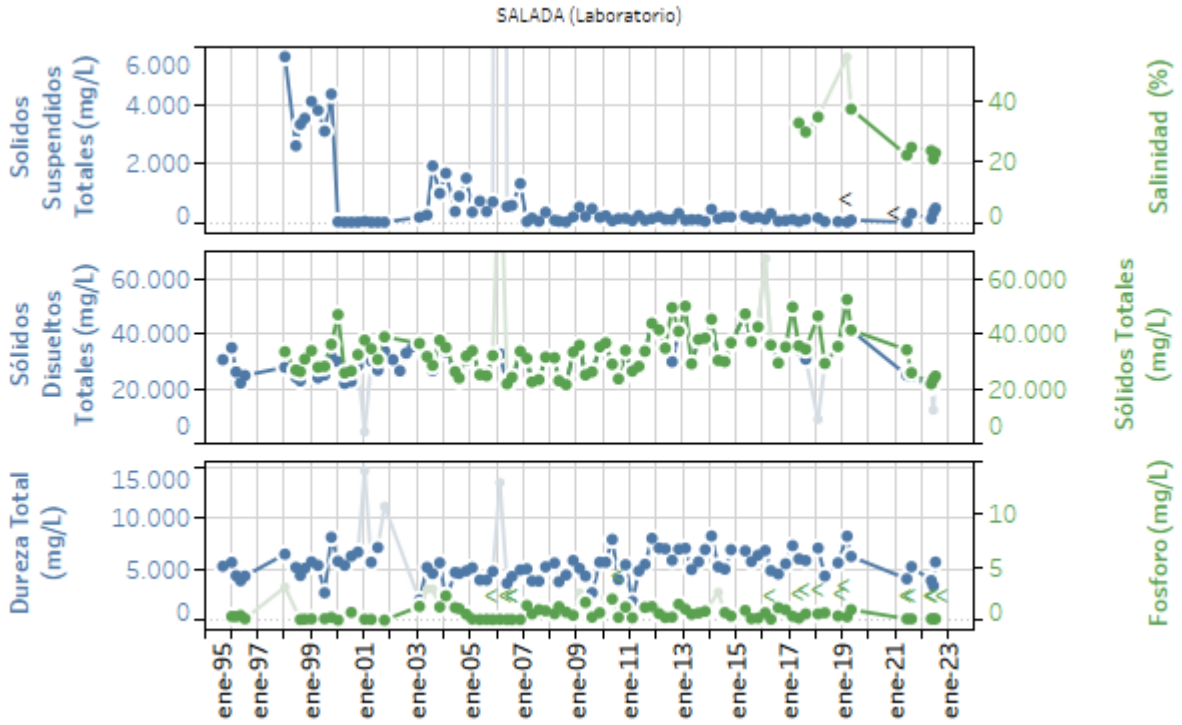


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada



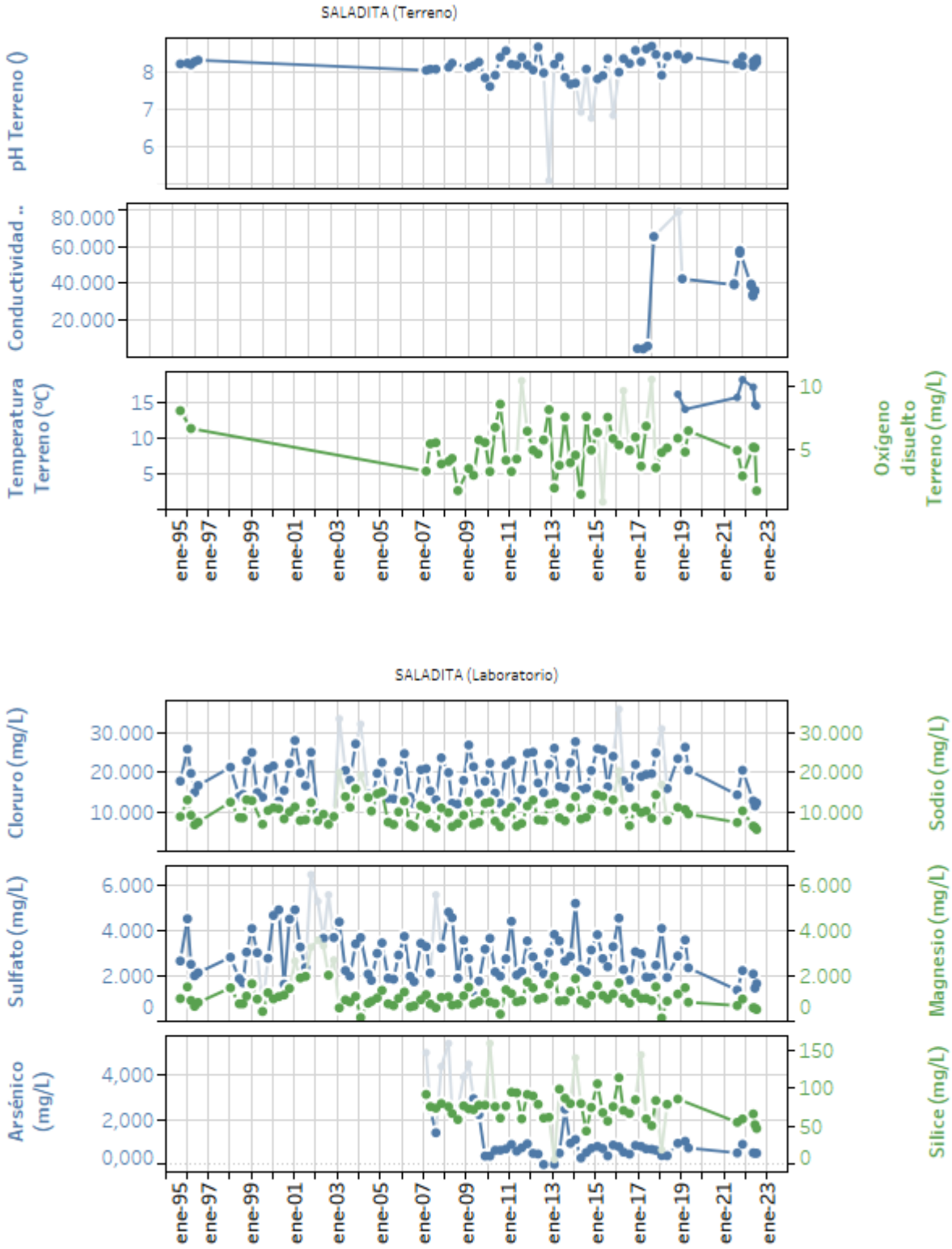


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

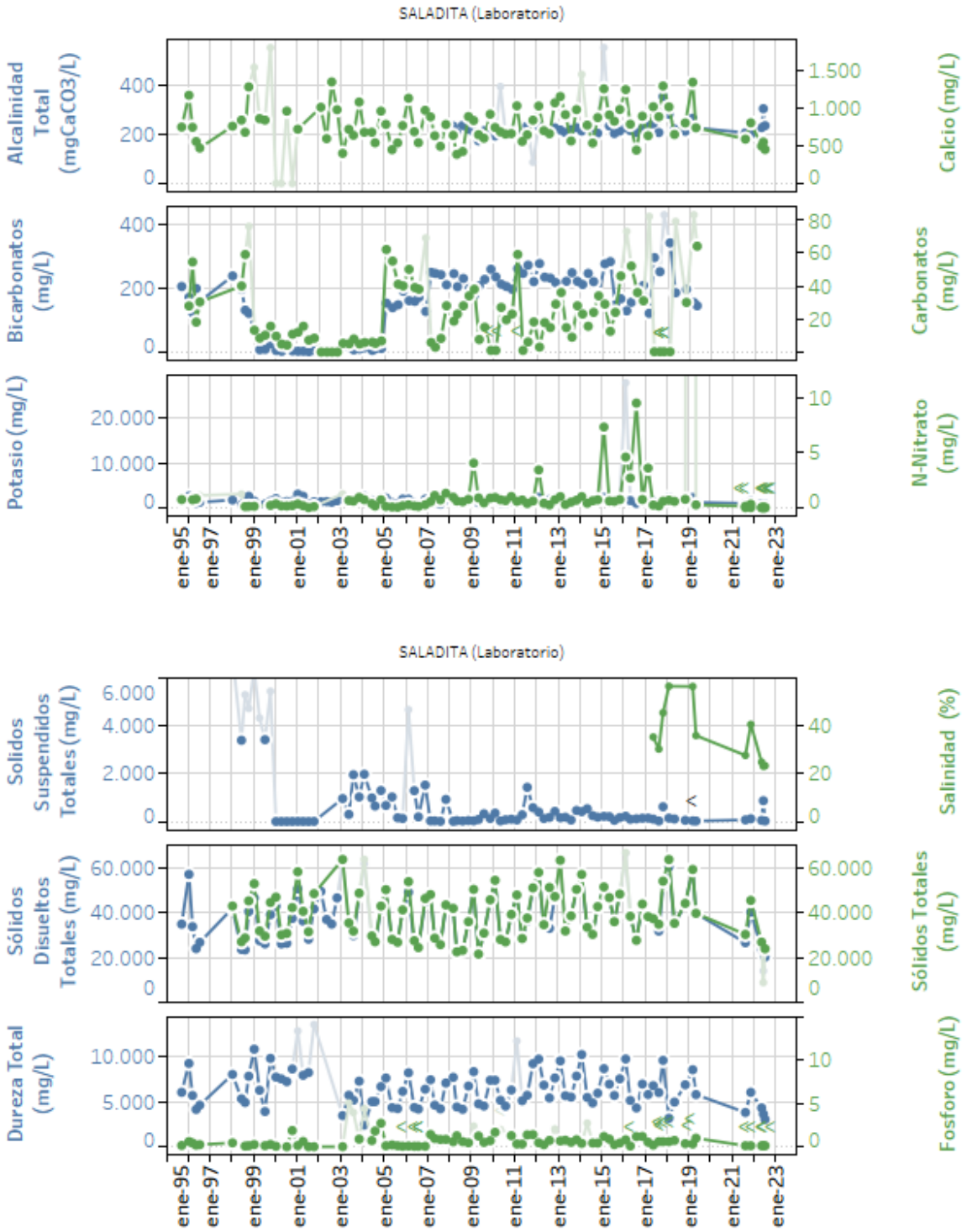


Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala, se han omitido del gráfico los valores para febrero de 2006 de Sólidos Suspendidos Totales (81.260mg/L) y Sólidos Totales (113.900 mg/L) y el valor de nitrógeno nitrato para febrero de 2019 (657mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-103: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita

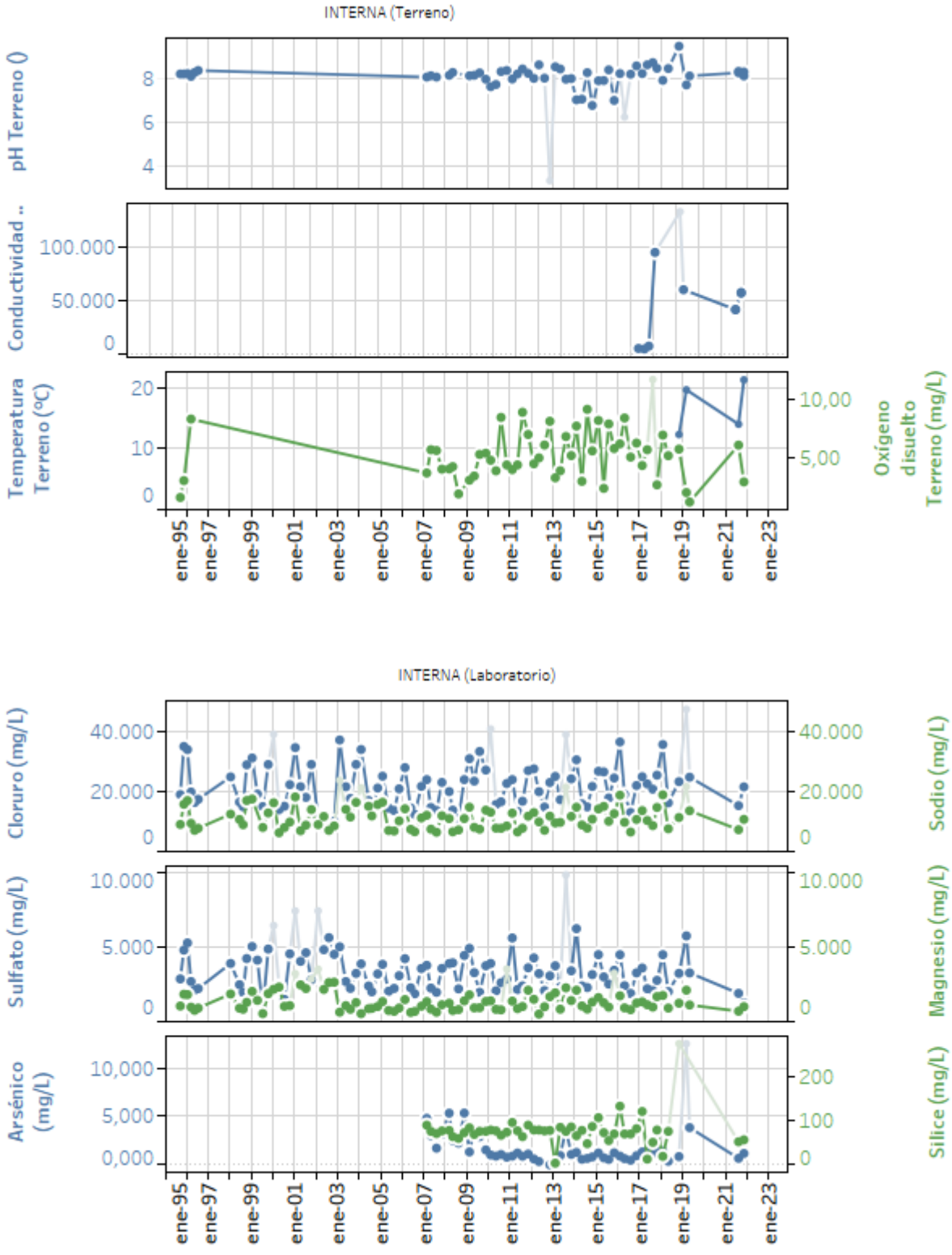


(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita

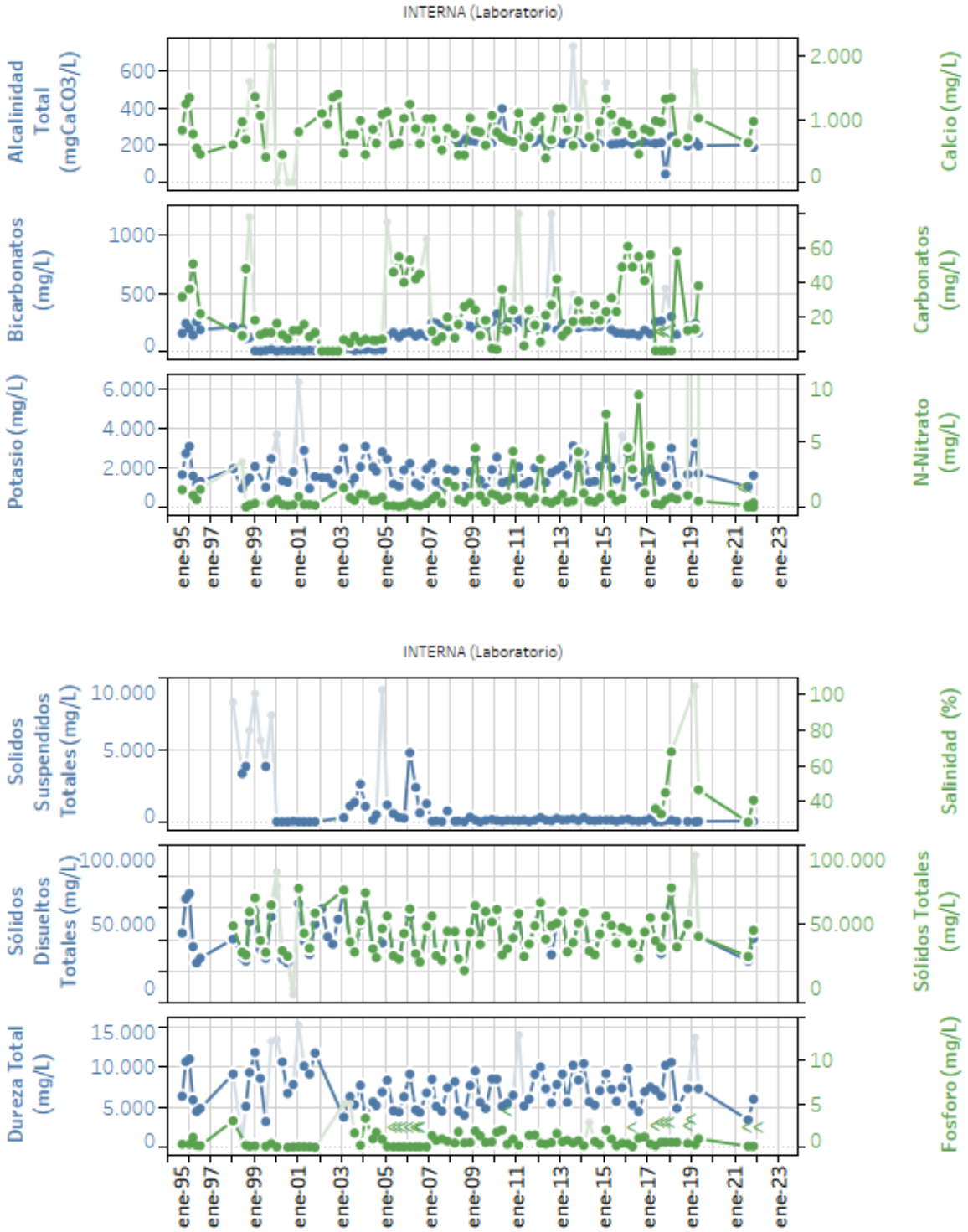


Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato de febrero de 2019 (493mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-104: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna



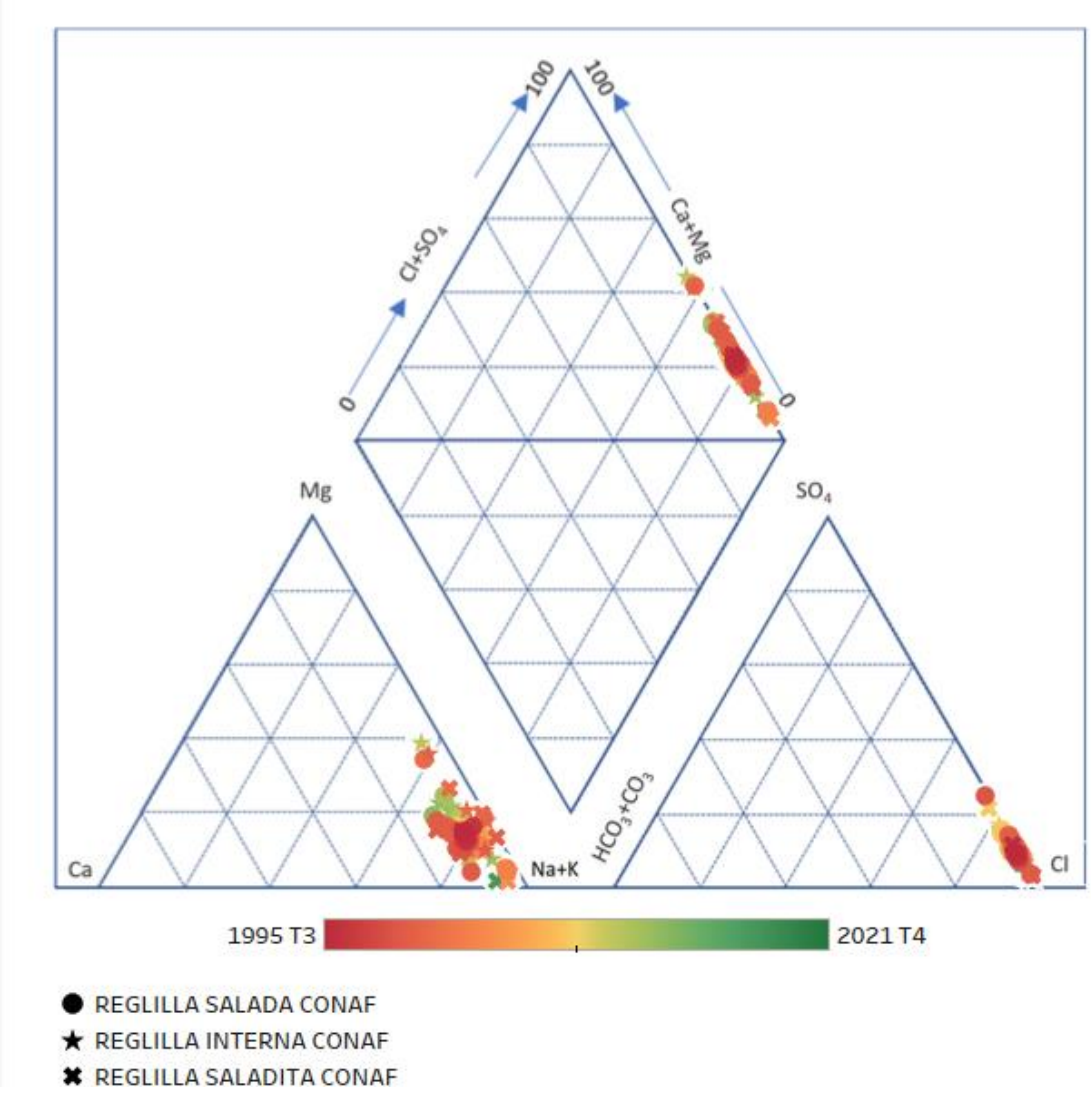
(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna



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 6-105 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. Sin embargo, en el diagrama se observan exclusivamente las muestras validadas de acuerdo a los balances iónicos calculados según los analitos requeridos y comprometidos según RCA N° 226/2006. Durante este semestre no se validaron muestras en los sistemas lagunares de Peine ya que presentan valores de balance iónico superior al ±10%.

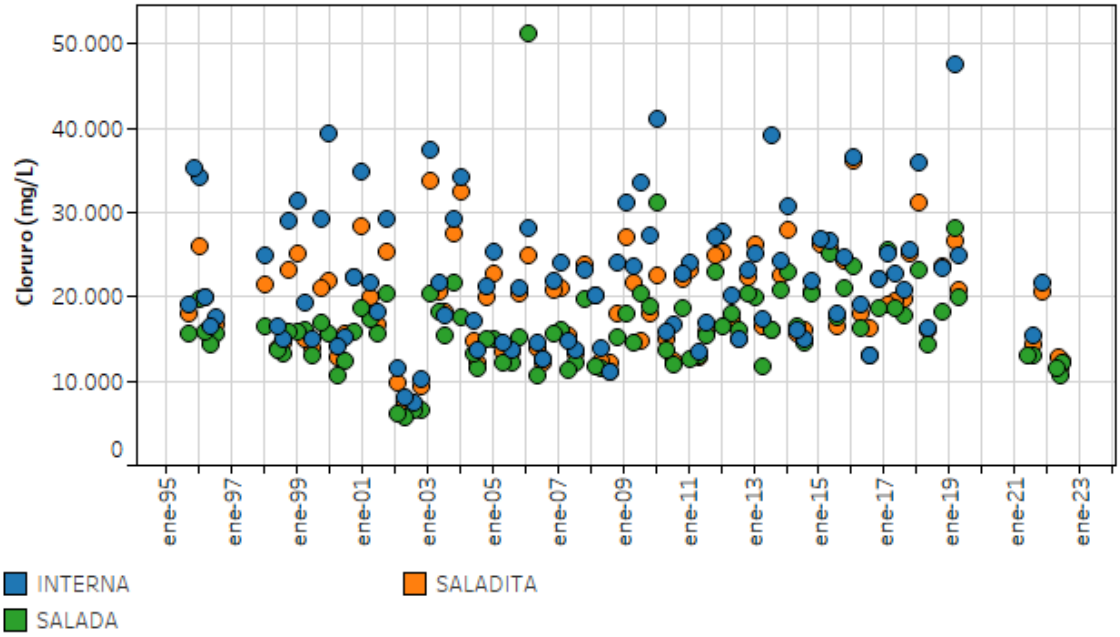
Figura 6-105: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10%



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 6-106), 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 6-106: 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 6-107 se muestran las mediciones realizadas hasta el final del primer semestre 2022. El punto de Salada solo ha podido ser medido en el mes de abril y junio 2022. Asimismo, el aforo de Saladita ha podido ser medido únicamente durante mayo y junio 2022.

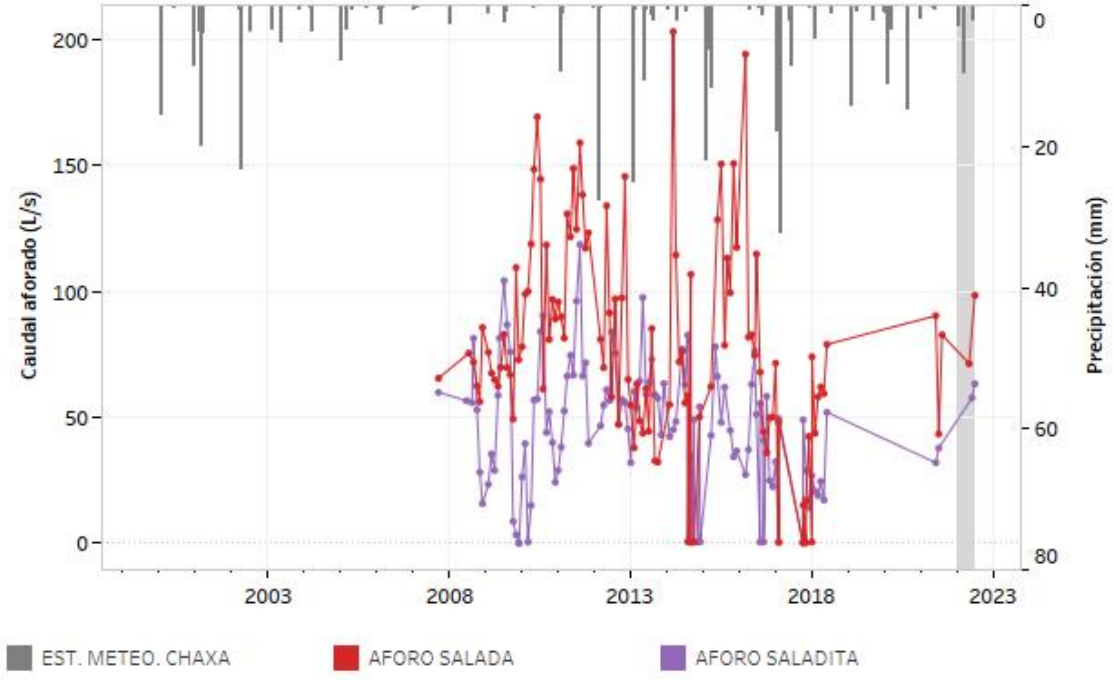
Respecto del registro histórico obtenido (ver Figura 6-107), puede observarse como aparentemente el aforo Salada muestra una oscilación de una frecuencia mayor al año (no estacional); se intuye haberse reproducido un ciclo entre el año 2008 a 2013 y otro ciclo entre 2014 y 2017. En el año 2017 no se 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, no se tienen datos suficientes para obtener la frecuencia de los ciclos.

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 estrecha que es la serie de mediciones, no es posible confirmar este comportamiento ni 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.

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 existen dos mediciones adicionales por cada punto, por lo que será necesario ir revisando los resultados de los próximos meses.

Figura 6-107: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine

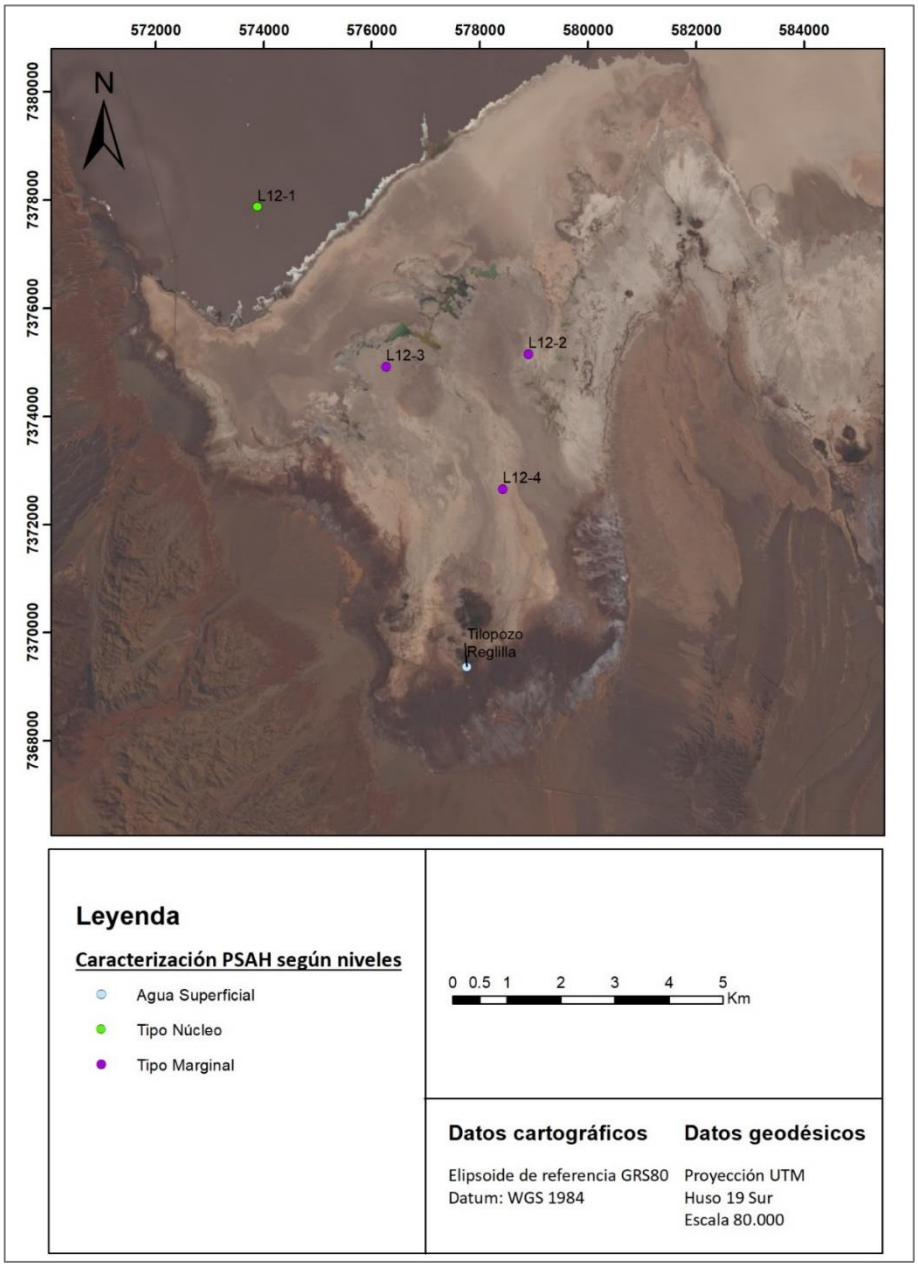


Fuente: Elaboración propia

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 6-108 se muestra la infraestructura englobada en esta área.

Figura 6-108: 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

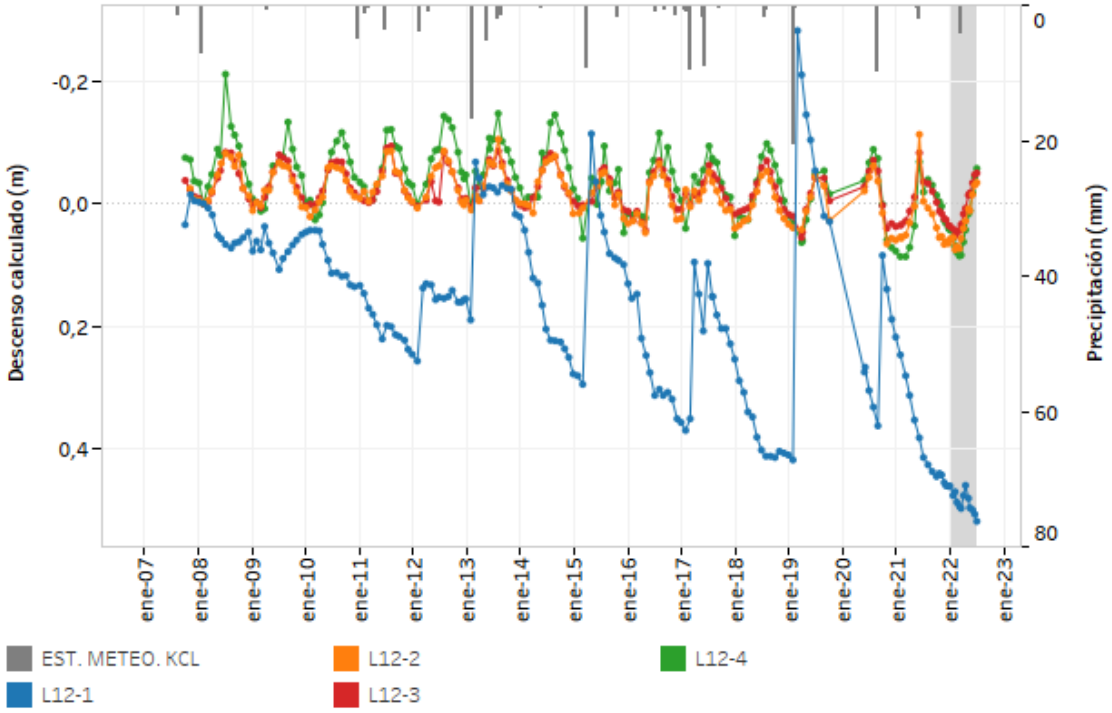
Los puntos de control en la zona marginal y núcleo corresponden al L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4. En la Figura 6-109 se muestran los descensos calculados, los que permiten visualizar mejor los patrones de comportamiento en comparación a los niveles, puesto que existen diferencias importantes de cotas en este grupo de pozos.

Como puede verse, 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 primer semestre de 2022 se observa como los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 (comportamiento relacionado a la zona marginal) registran el mínimo estacional. Llama la atención que en el caso del L12-2, parece confirmarse que se mantiene la tendencia al descenso de los niveles, lo que le lleva a que el mínimo alcanzado en este semestre (enero 2021) corresponda a un mínimo histórico y que se sitúa 1 cm por debajo del mínimo del año anterior (octubre 2020). En cambio, el L12-3 y L12-4 registran un mínimo comparable al de años anteriores por lo que podría ser que, en ambos casos, el nivel se haya estabilizado.

Respecto del L12-1, en el núcleo se muestra para el primer semestre 2021 con una pendiente estable de descenso característico en el núcleo, tal y como se ha visto en el resto de los puntos asociados al comportamiento del núcleo.

Figura 6-109: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo

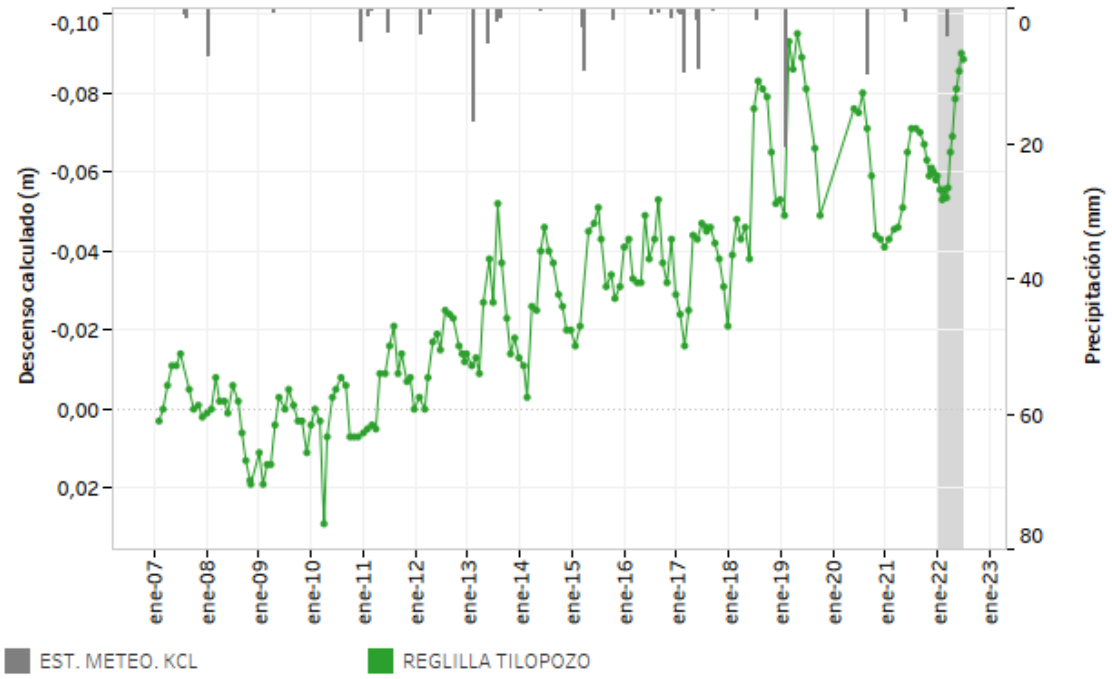


Fuente: Elaboración propia.

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 6-110. En ella se observa que el nivel del agua superficial se muestra oscilante con baja amplitud y destaca que no presenta un comportamiento del todo regular como sí mostraban, por ejemplo, los puntos descritos de la zona marginal del sistema Aguas de Quelana, lo que lleva a pensar que en este caso los ciclos estacionales de evaporación no determinan de la misma forma los niveles en este sector, si no que quizás responda más bien a variaciones estacionales asociadas a la recarga. Adicionalmente este punto presenta una clara tendencia de ascenso desde el inicio de las mediciones. Posterior al periodo de precipitación de 2019 la tendencia parece volverse descendente, ya que los máximos estacionales de 2020 y 2021 se registran en menor cota con respecto los años anteriores. No obstante, los niveles registrados durante el primer semestre 2022 dan cuenta de que el nivel sigue manteniendo la tendencia de ascenso, ya que al cierre del semestre se miden elevaciones del nivel similares a los niveles del mismo 2019 sin haber alcanzado todavía el máximo estacional. La tasa promedio de ascenso, incluyendo las mediciones del presente semestre reportado, es de 0,57 cm/año.

Figura 6-110: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

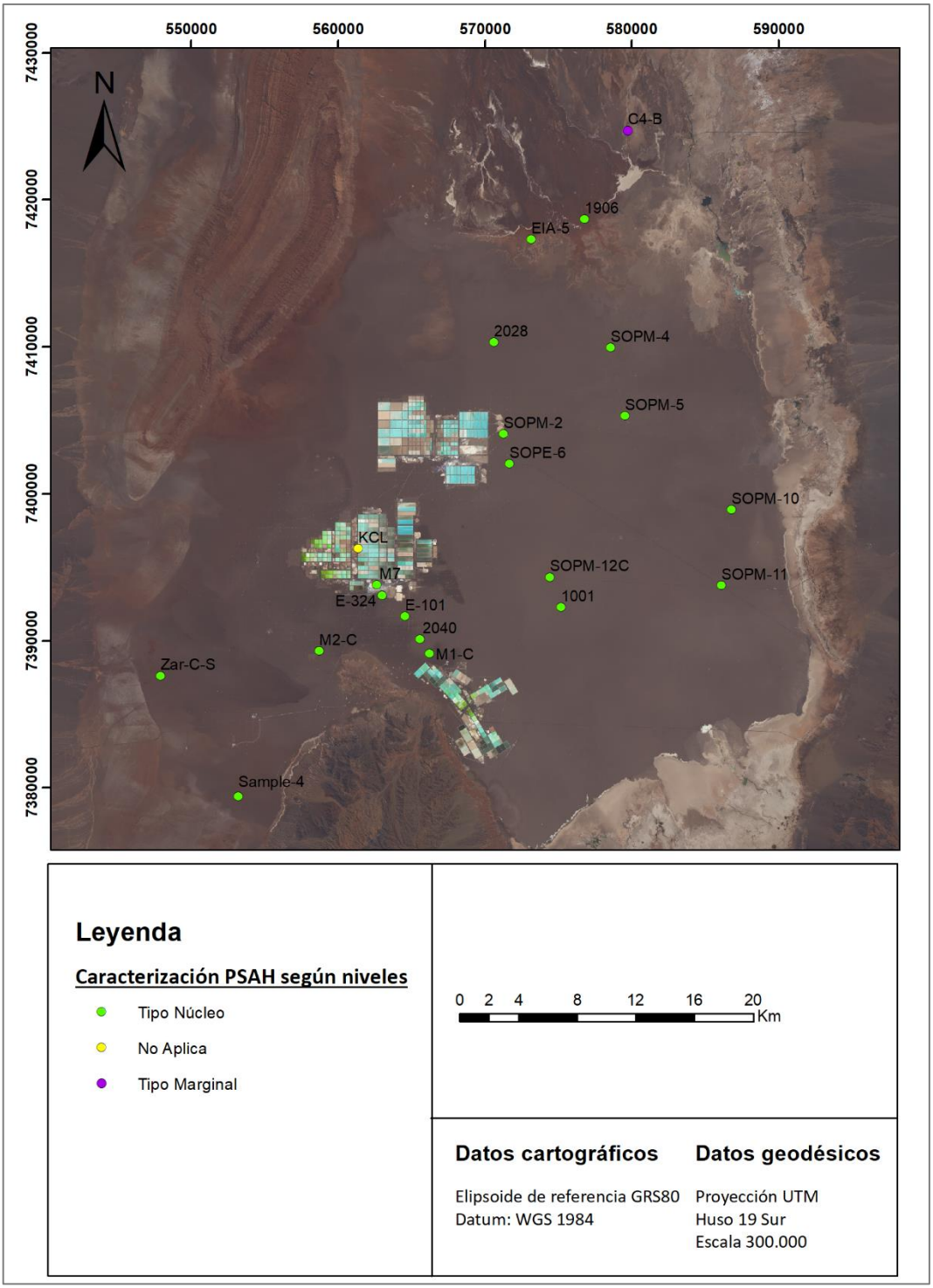


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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. En la Figura 6-111 se muestra el mapa con la ubicación de todos los puntos agrupados para la descripción del núcleo.

Figura 6-111: Infraestructura englobada en el núcleo y clasificada según comportamiento de los niveles



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

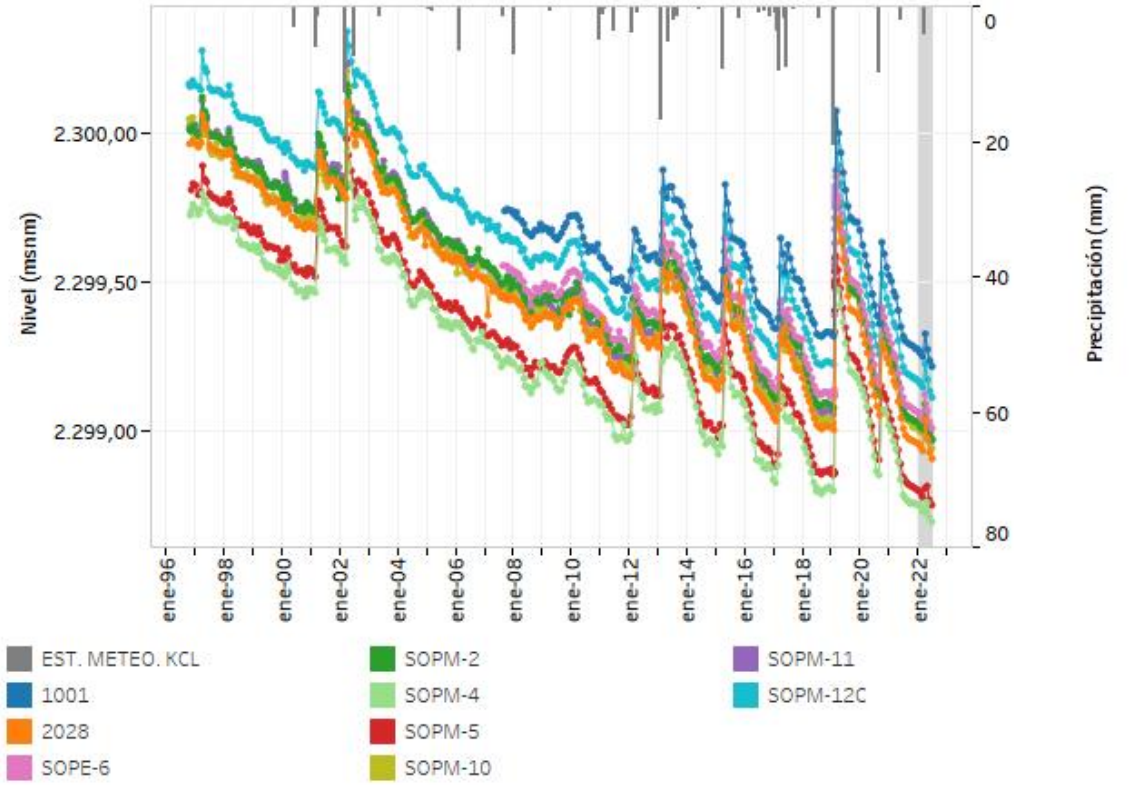
6.1.6.1 Niveles de agua subterránea

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 6-112.
- Pozos ubicados entre las pozas de SQM y de ALB: M7, E-324, E-101, 2040, M1-C. Se muestran en la Figura 6-113 y Figura 6-114.
- Pozos ubicados al Oeste del salar: M2-C, Zar-C-S y Sample-4. Se muestran en la Figura 6-115.
- Pozos ubicados al Norte del Salar: EIA-5, 1906 y C4-B. se muestran en la Figura 6-116 y Figura 6-117.

Respecto los puntos que se encuentran en el borde este del núcleo del salar (Figura 6-112) 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. Actualmente, en el primer semestre de 2022, se observa la pendiente característica de descenso en este sector del núcleo, sumado a la leve respuesta (en forma de *peak* de ascenso) producto del evento de precipitación de marzo (2022).

Figura 6-112: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar



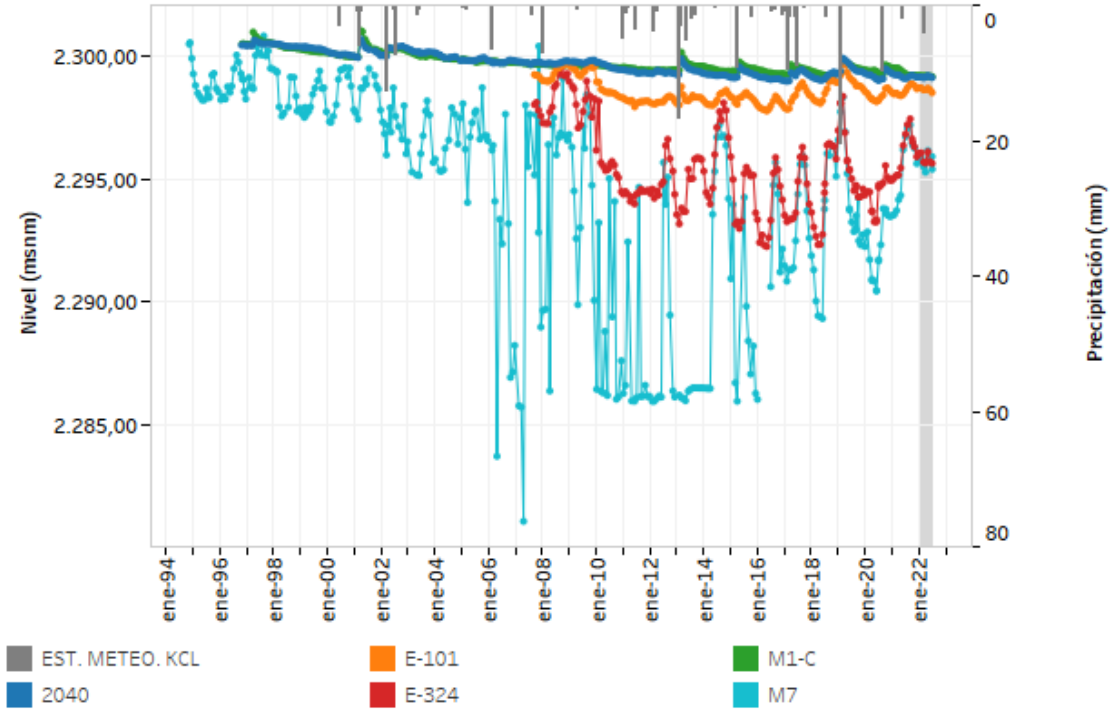
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 6-113, 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 6-114, 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.

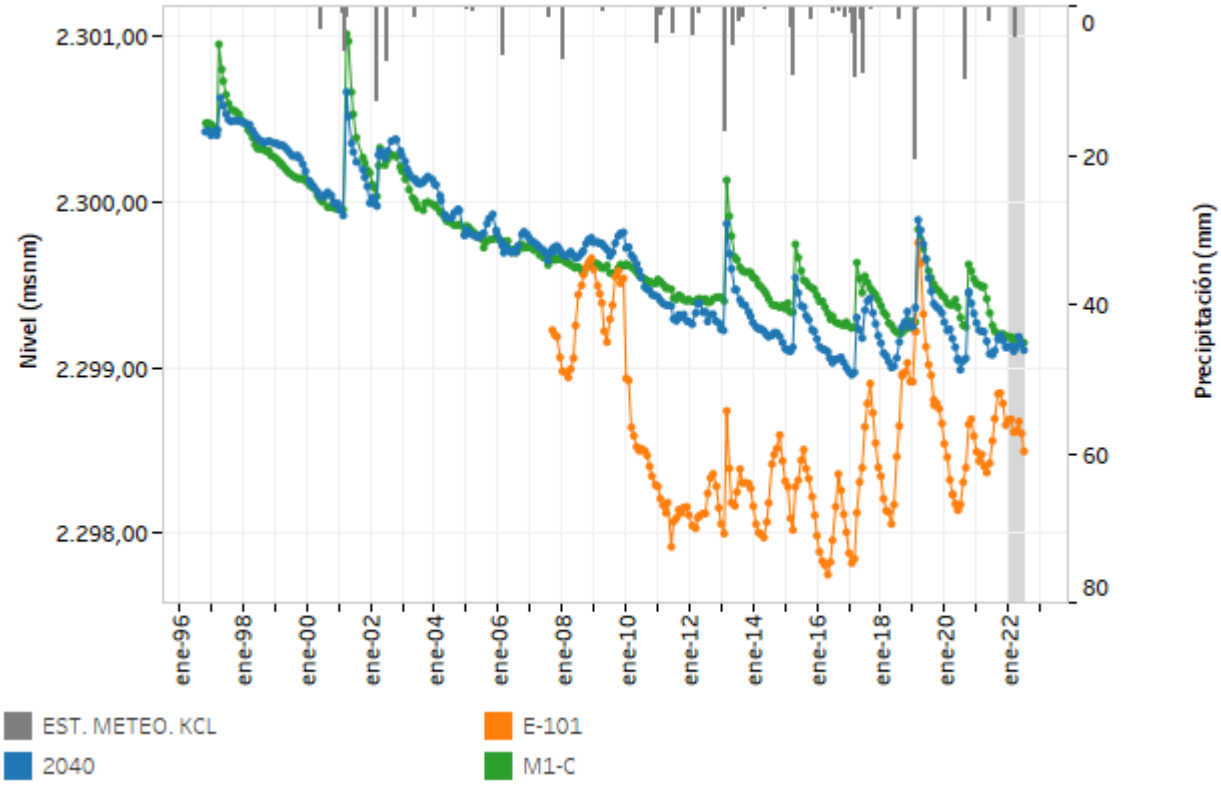
Las medidas para el primer semestre de 2022 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-113: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-114: 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.

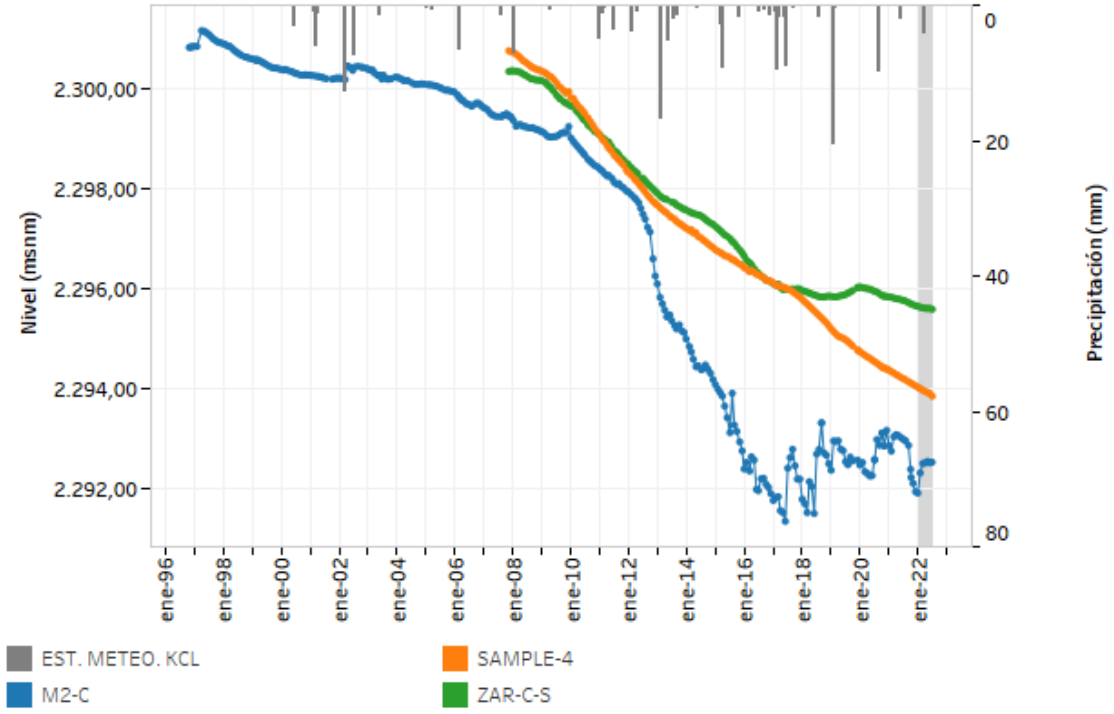
En el borde suroeste del núcleo, al oeste de la península de Chépica, se encuentran los puntos M2-C, Zar-C-S y Sample-4 (Figura 6-115). El M2-C es que se encuentra más cercano al campo de pozos, por lo que, como se puede ver en la Figura 6-115, muestra en sus niveles una fuerte pendiente de descenso (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 primer semestre de 2022 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-115: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

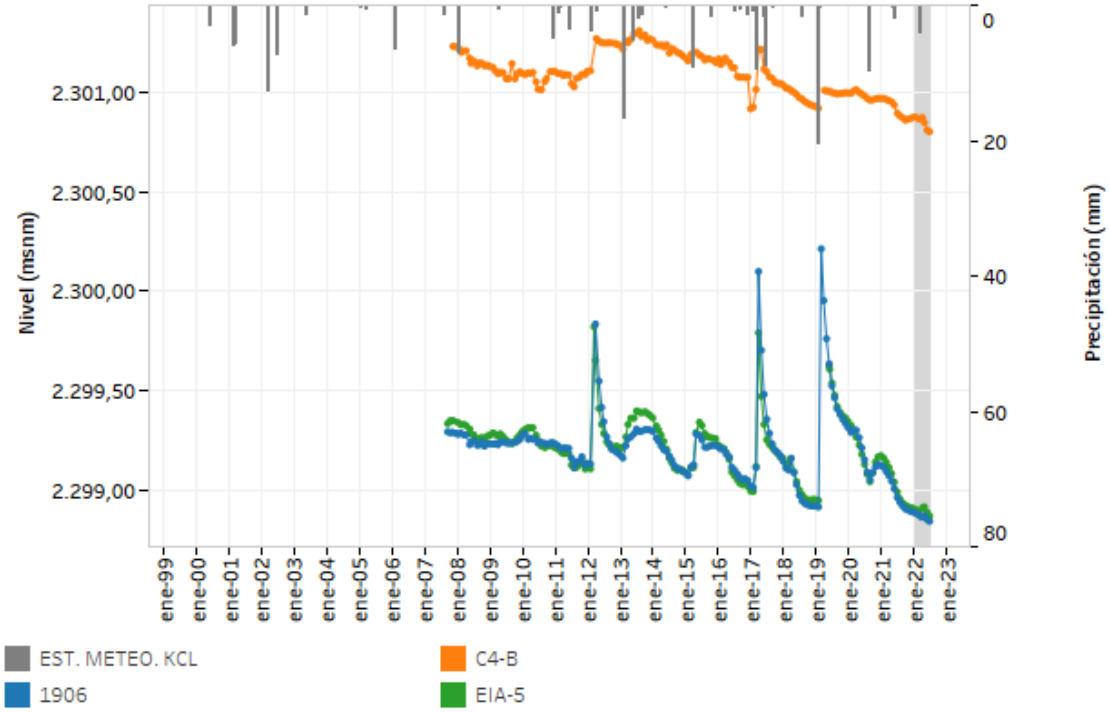
Por último, los tres puntos que restan y que se encuentran al norte del núcleo del salar son el 1906, EIA-5 (ambos al sur del delta de San Pedro) y el C4-B (más cercano a la estación de Chaxa). Los niveles se muestran en la Figura 6-116 y puede verse como es de esperar que existan diferencias entre las cotas del 1906 y el EIA-5 con respecto el C4-B. Por este motivo, se muestra también la Figura 6-117 con los descensos calculados, lo que facilita el análisis.

Al observar la Figura 6-116, 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).

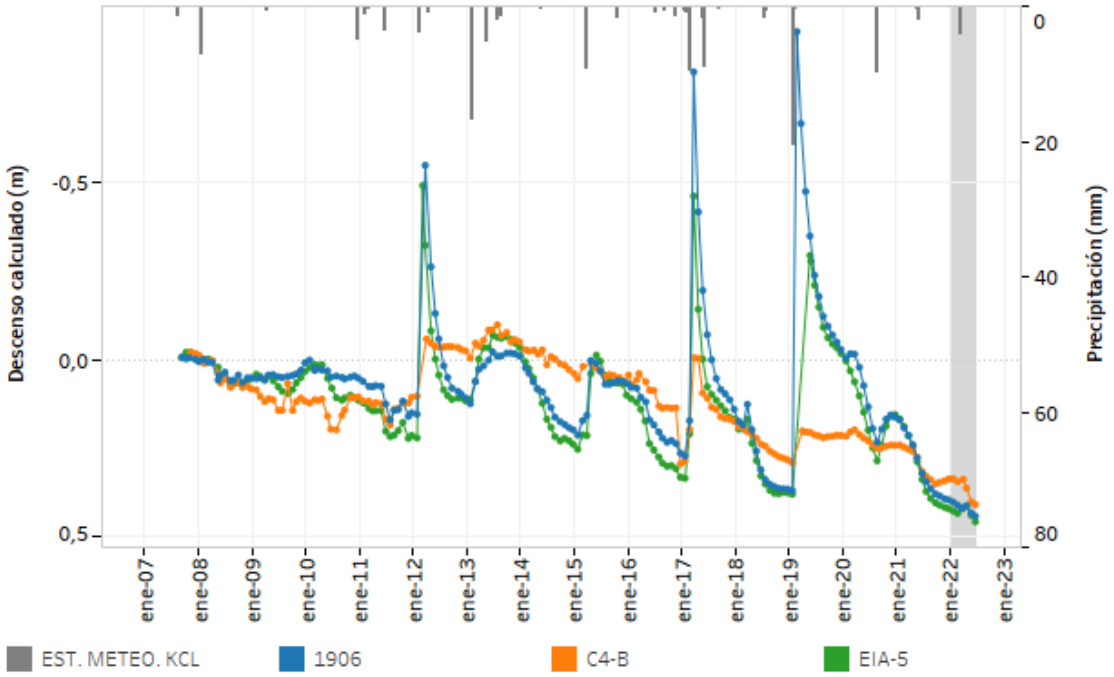
Las medidas para el primer semestre de 2022 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-116: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-117: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia.

6.1.6.2 Meteorología

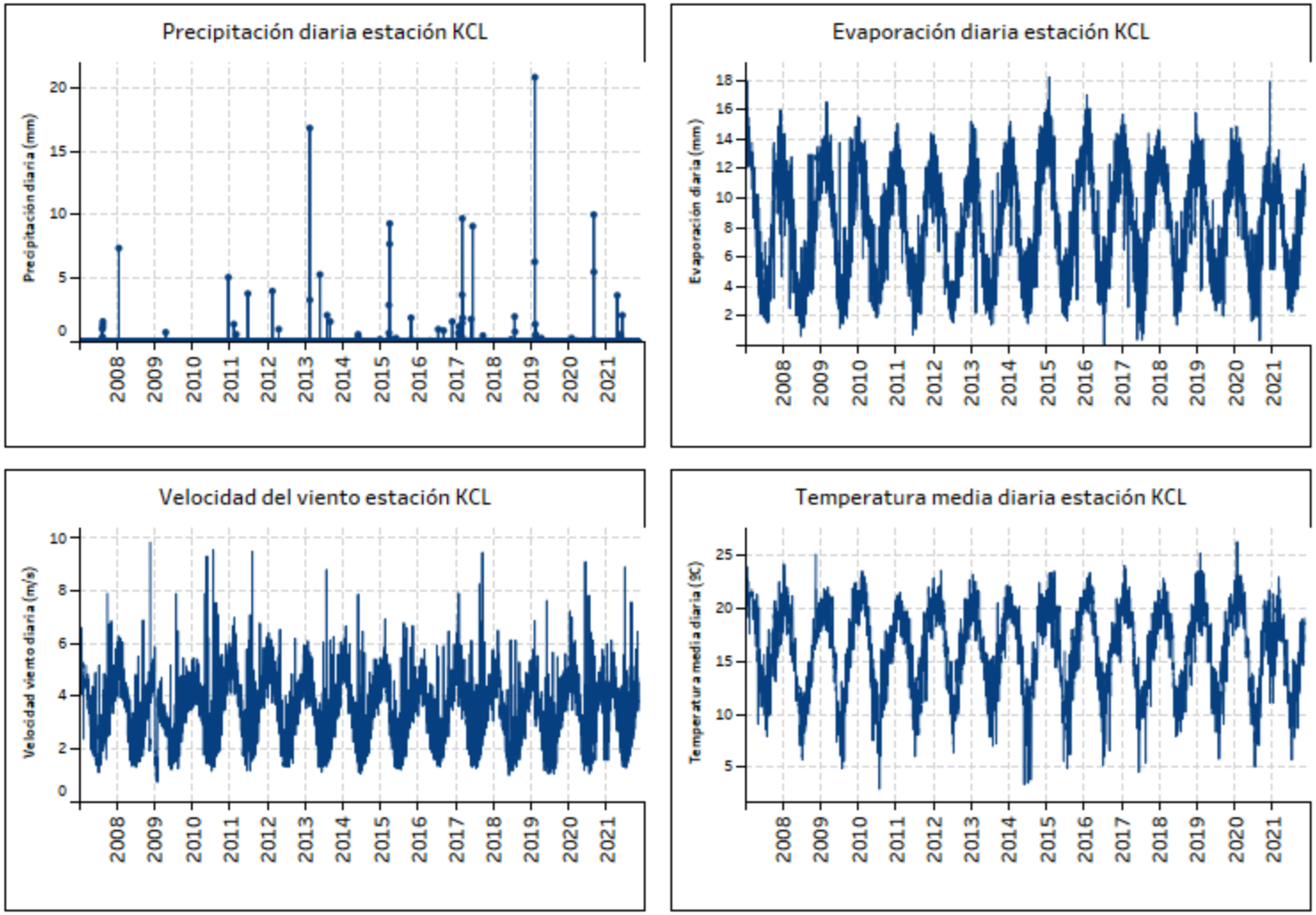
El análisis histórico de meteorología de la Estación KCL considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, desde el inicio del proyecto (Figura 6-118). Es importante mencionar que la precipitación, evaporación y temperatura son variables que condicionan el comportamiento 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. En el periodo a reportar, se registró un máximo de 4,22 mm el día 15 de marzo, acumulando un total de 7,23 mm con las lluvias del 15 al 16 de marzo y las registradas el 5 de junio.

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 6-118: Estación meteorológica KCL



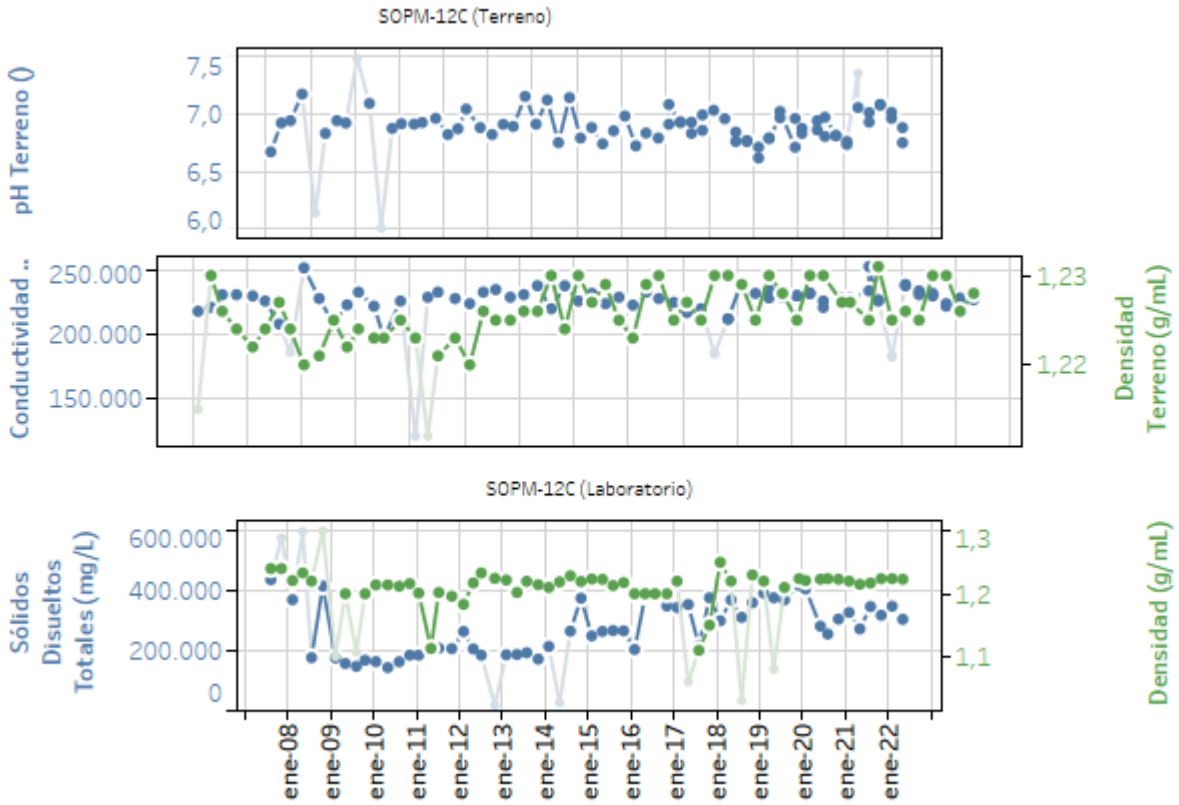
Fuente: Elaboración propia

6.1.6.3 Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el primer semestre de 2022 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 6-119 y Figura 6-120, respectivamente.

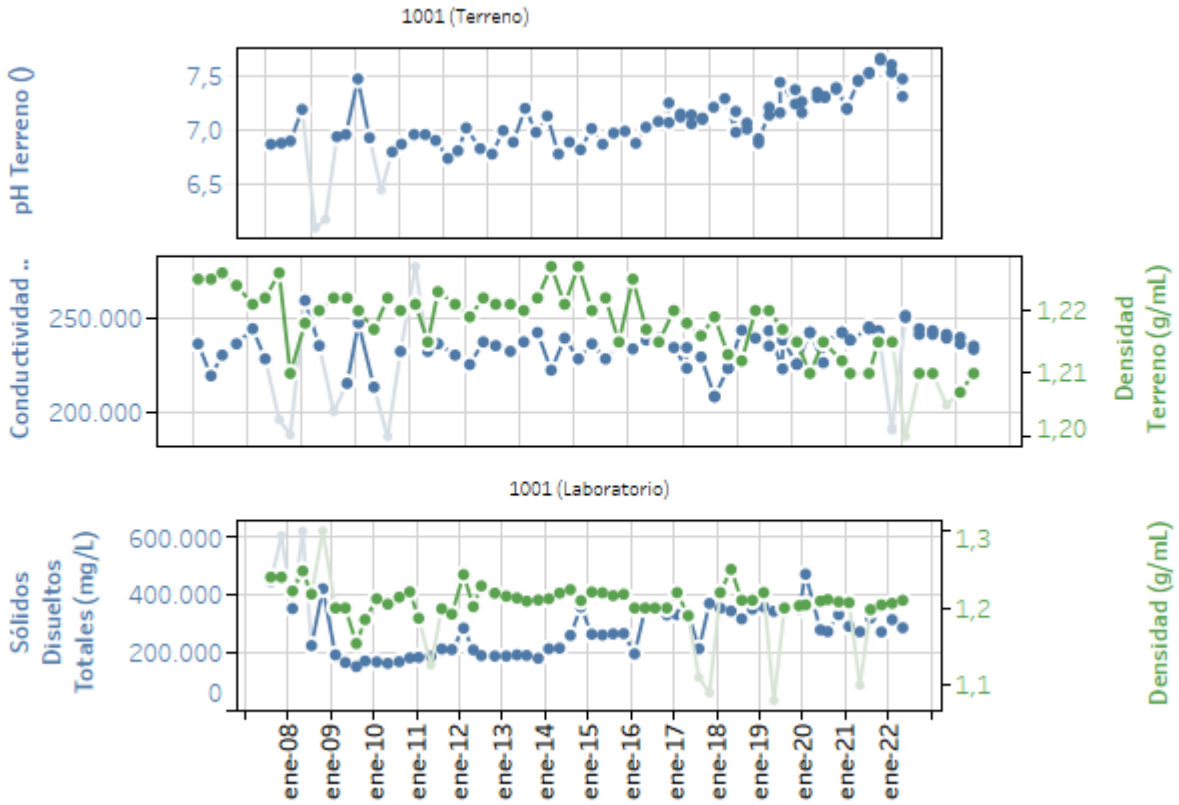
Para los puntos del Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo se ha registrado una CE en torno a 230.000 µS/cm (característico de salmueras), y pH neutro (cercano a 7 – 7,5). Los resultados del semestre se encuentran para todos los parámetros dentro del registro histórico

Figura 6-119: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-120: 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 6-121 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 6-122 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.

El pozo Cuña 1, desde el inicio de las mediciones y hasta 2011 presentaba un comportamiento oscilatorio con una tendencia descendente. Durante 2011 y ya con el evento de precipitación de 2012, se eleva los niveles alcanzando un primer máximo histórico en marzo de 2012. Posteriormente y de la misma que se ha descrito en los puntos situados en este entorno (6.1.1.1.5.3. Pozos influenciados por el sistema lagunar Soncor – sector este del canal Burro Muerto), los niveles se muestran con una tendencia promedio característica de este sector, sin oscilación estacional sino más bien respuestas rápidas a los eventos de lluvia. Es debido a la lluvia de 2019 que se produce un segundo máximo histórico, en el registro de marzo 2019. Posterior a este evento se registra un descenso bastante constante y con una pendiente elevada (9 cm/año). Los registros del primer semestre 2022 se mantienen mostrando la misma tendencia de descenso. Cabría esperar que, sin otro evento de precipitación intenso, los niveles mantendrán este descenso de forma estable.

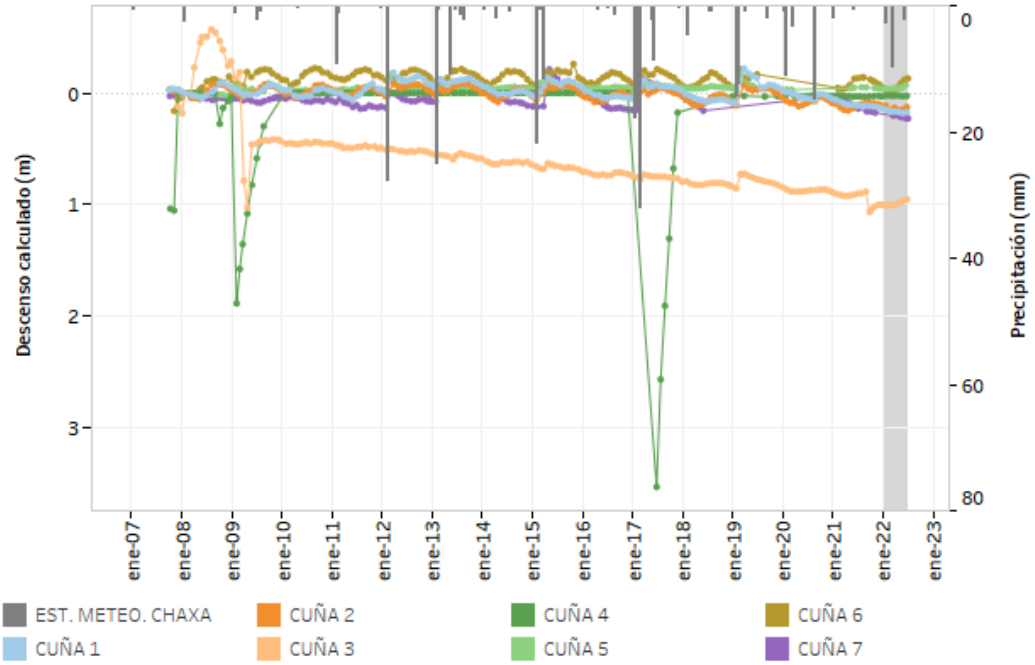
Por su lado, el pozo Cuña 2 se muestra con un comportamiento oscilatorio desde el inicio de los registros, con una tendencia poco clara, pero que podría interpretarse de ascenso hasta el máximo registrado en 2013 (septiembre). Al siguiente año, llama la atención un cambio en el patrón de este pozo, pues se observan mayores amplitudes en las oscilaciones, a la vez que el nivel promedio empieza a mostrarse descendente con una tasa de 1,6 cm/año. No obstante, llama la atención que durante el primer semestre 2022 se registra un mínimo estacional que se sitúa a una cota similar al mínimo del año anterior, dejando entrever quizás que el pozo pueda estar disminuyendo la tasa de descenso pasando incluso a estabilizarse. Esta conclusión es relevante y será necesario seguir revisando los niveles de los próximos meses, ya que

este punto se sitúa inmediatamente a continuación (en el sentido de las líneas de flujo) del L1-17, que ha sido analizado en al subapartado 6.1.1.1.5.2. Pozos característicos de la zona marginal, y en donde se ha identificado un cambio en el patrón de sus niveles que puede estar relacionado con la respuesta a la reducción de la extracción de agua desde los pozos Allana y Mullay-1. Así de esta forma, es posible que el efecto de esta reducción pueda estar llegando al entorno del pozo Cuña 2.

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 6-122). El Cuña 5 se muestra con una muy leve tasa de ascenso constante desde enero de 2009 (0,22 cm/año), con también leves respuestas frente los episodios de precipitación. Para este pozo estuvo sin ser visitado desde febrero 2020 y hasta mayo 2021, lo cual dejó un gap sin mediciones que no permitía el seguimiento de este punto. Posteriormente, se ha mantenido una medición regular, lo que deja ver que en el primer semestre 2022 se mantendría estable la tendencia de ascenso.

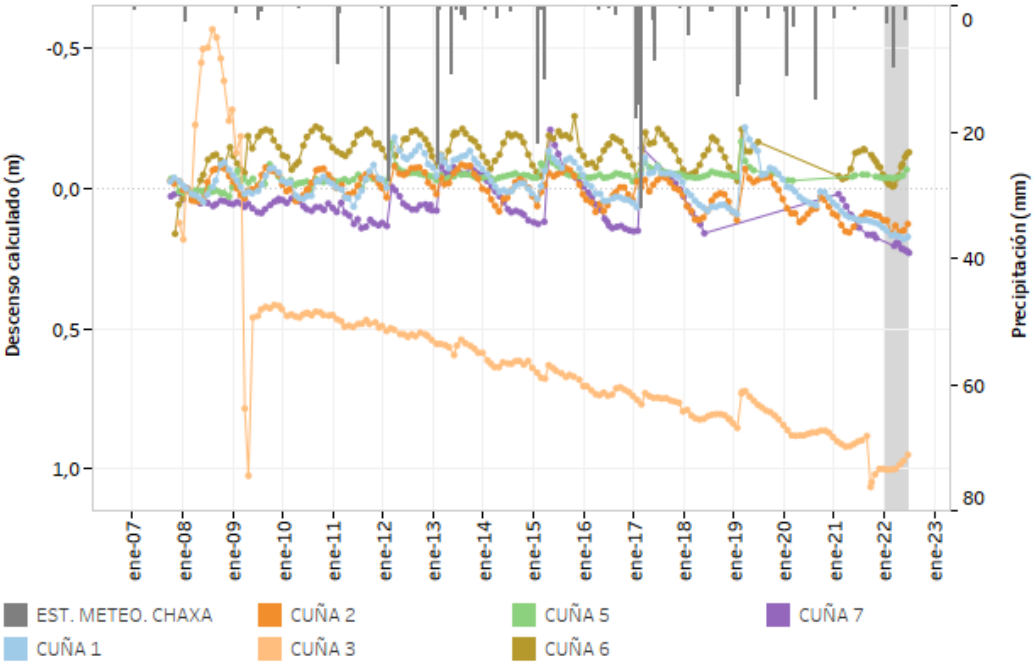
En el sistema Peine los pozos cuña presentes son el Cuña 6 y Cuña 7. El primero se encuentra al borde este del acuífero aluvial, muy próximo a la zona marginal. Los niveles se ven oscilantes y sin una clara tendencia de ascenso o descenso (ver Figura 6-122). El Cuña 7 se encuentra en el extremo de la 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”). Las mediciones obtenidas durante el primer semestre 2022 se encuentran dentro del rango de cotas del registro histórico de estos puntos, por lo que se mantienen estables en el comportamiento recién descrito.

Figura 6-121: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-122: 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). De acuerdo con la ubicación de los pozos en los distintos sistemas se van a agrupar para el análisis de la siguiente manera:

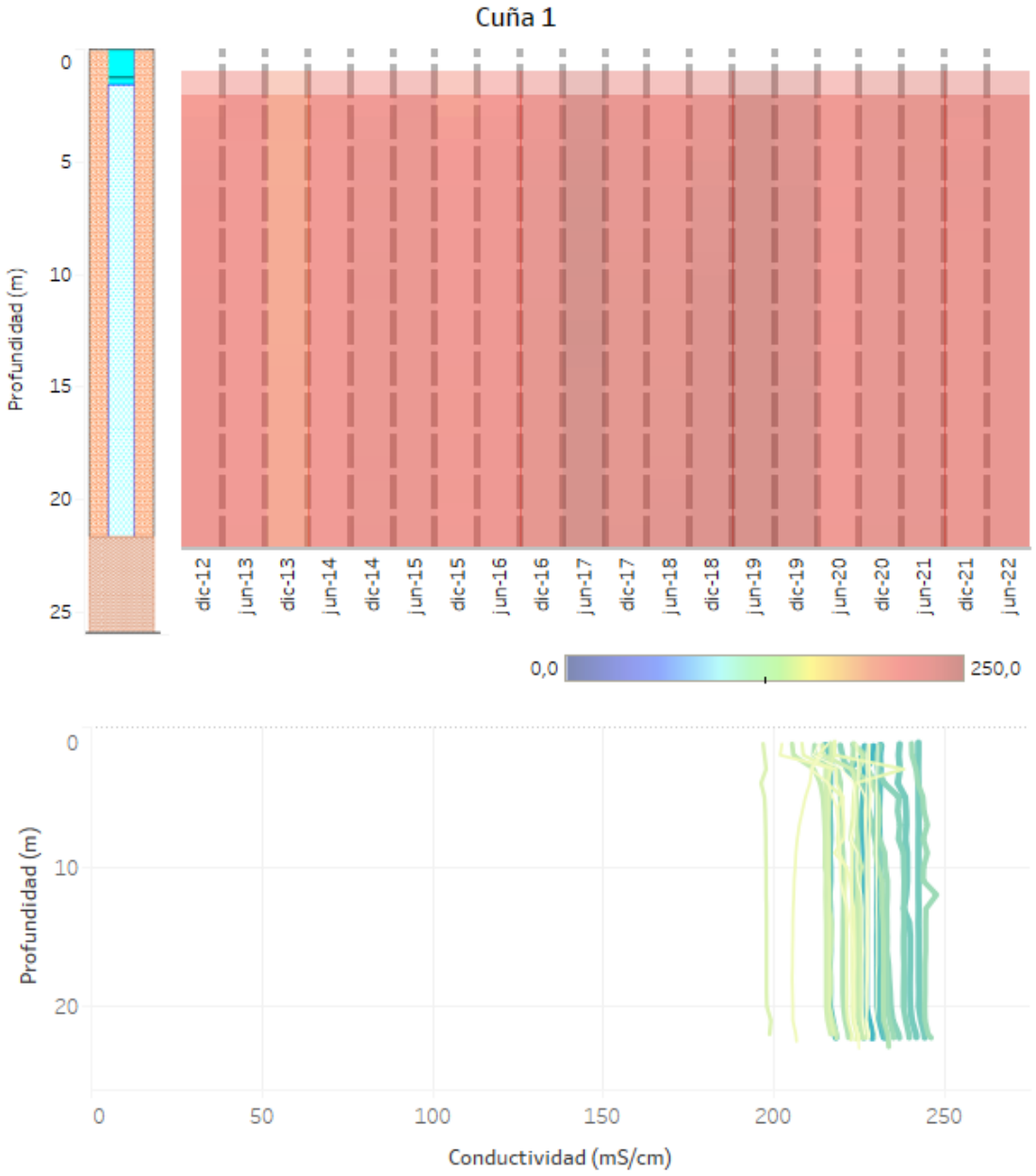
1. Pozos Soncor (borde norte de la interfaz): Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3.
2. Pozos Aguas de Quelana (borde central de la interfaz): Cuña 4, Cuña 5 y L4-3.
3. Pozos Peine (borde sur de la interfaz): Cuña 6, Cuña 7 y L10-1.

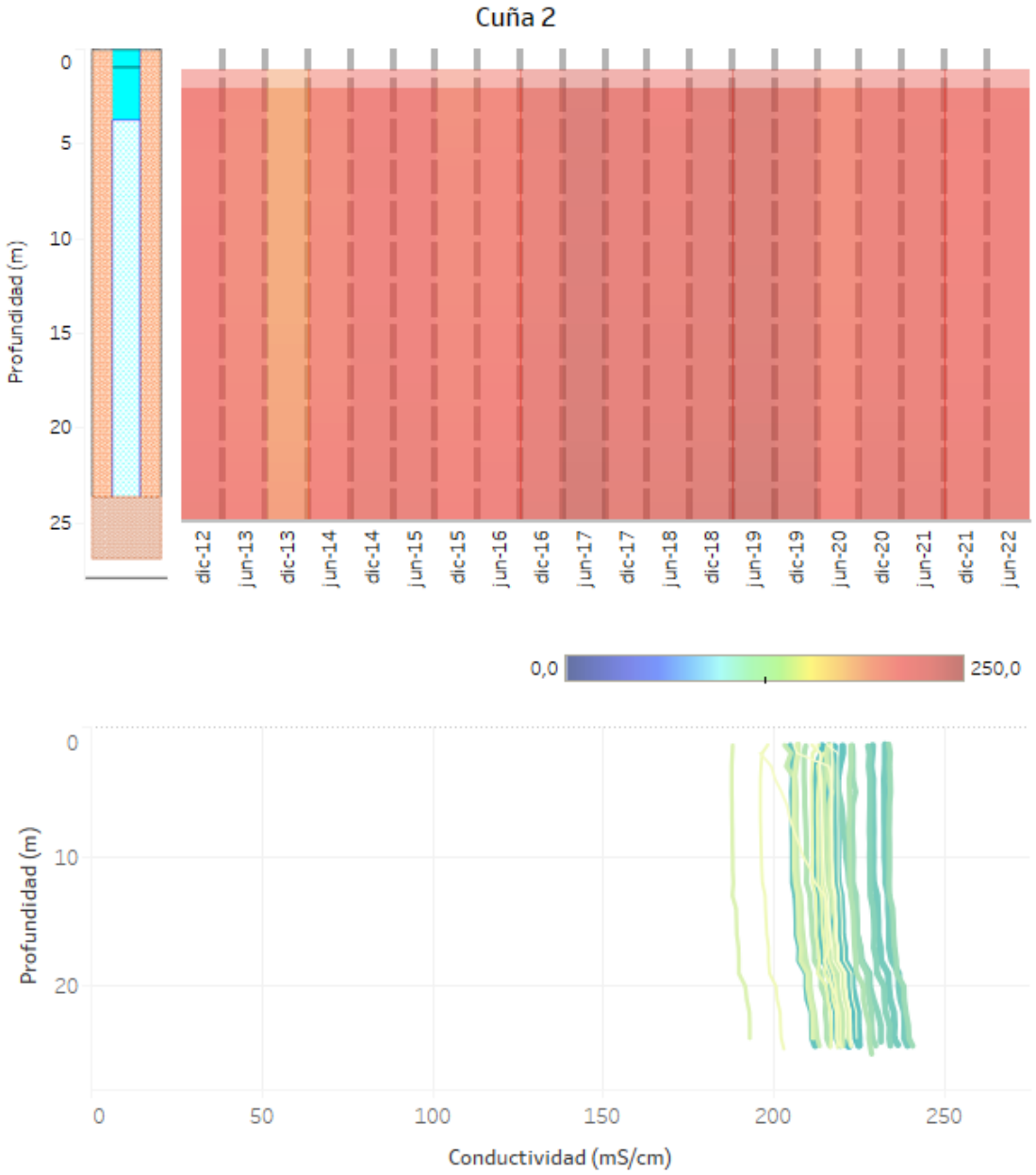
La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6-123. En ella se observa que el punto Cuña 1 (ranurado entre 2-22 m) y Cuña 2 (ranurado entre 4-22 m), que se encuentran al oeste de la zona donde afora la interfaz salina, presentan valores generales de conductividad superiores al entorno de los 200 mS/cm. Esto indica que los flujos subterráneos en el área provendrían del núcleo del salar, sin 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, a excepción durante diciembre 2013, sin embargo, en términos generales 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 la interfaz como tal, encontrándose predominantemente el afloramiento de la interfaz al Este de Cuña 2.

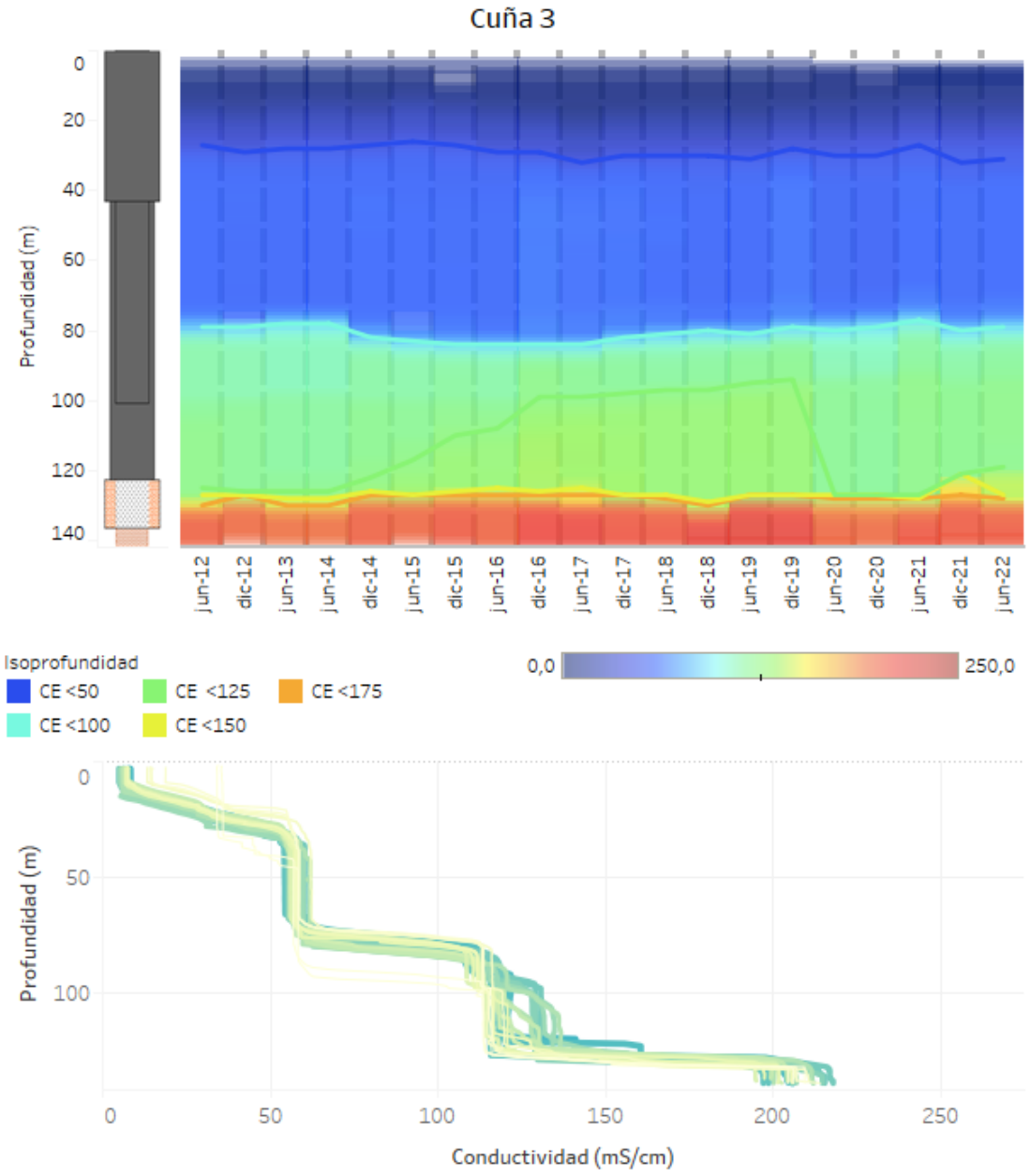
En el punto Cuña 3 se observan aguas de baja CE lo que indicaría que el inicio de la interfaz se encuentra entre los pozos Cuña 2 y Cuña 3. Este punto presenta su ranurado por debajo de los 120. Respecto a su evolución temporal, no se observan variaciones durante el periodo medido, solo se observa un 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.

Figura 6-123: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)




Cuña 2
Profundidad (m)
0
5
10
15
20
25
dic-12
jun-13
dic-13
jun-14
dic-14
jun-15
dic-15
jun-16
dic-16
jun-17
dic-17
jun-18
dic-18
jun-19
dic-19
jun-20
dic-20
jun-21
dic-21
jun-22
0,0
250,0
Profundidad (m)
0
10
20
0
50
100
150
200
250
Conductividad (mS/cm)



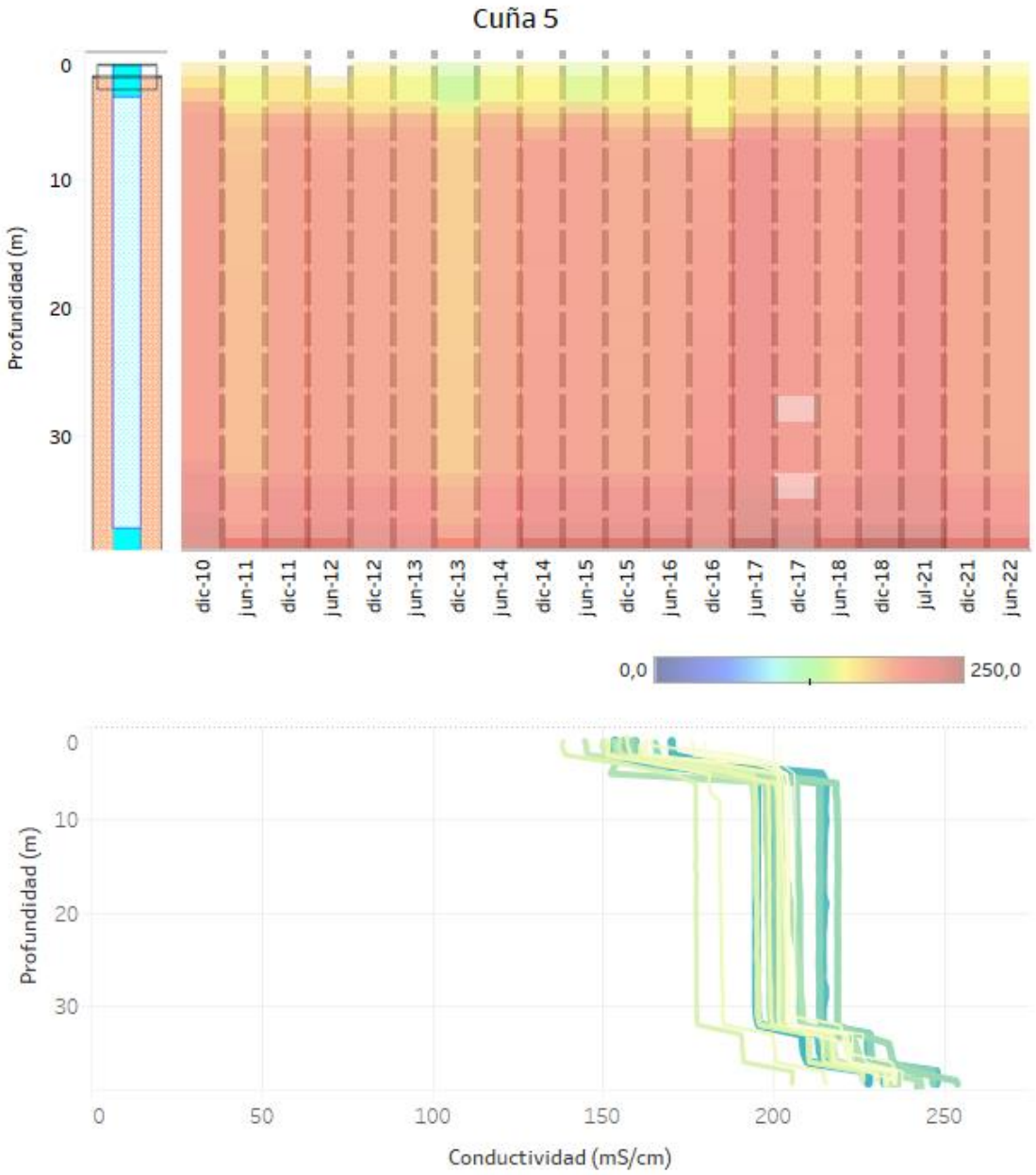
Fuente: Elaboración propia

La evolución histórica de los pozos en el sector de Aguas de Quelana se muestra en la Figura 6-125, Figura 6-124. 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 (~ 150.000 mS/cm) 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 históricamente estable en torno a los 55 m, sin mostrar tendencias al alza o a la baja.

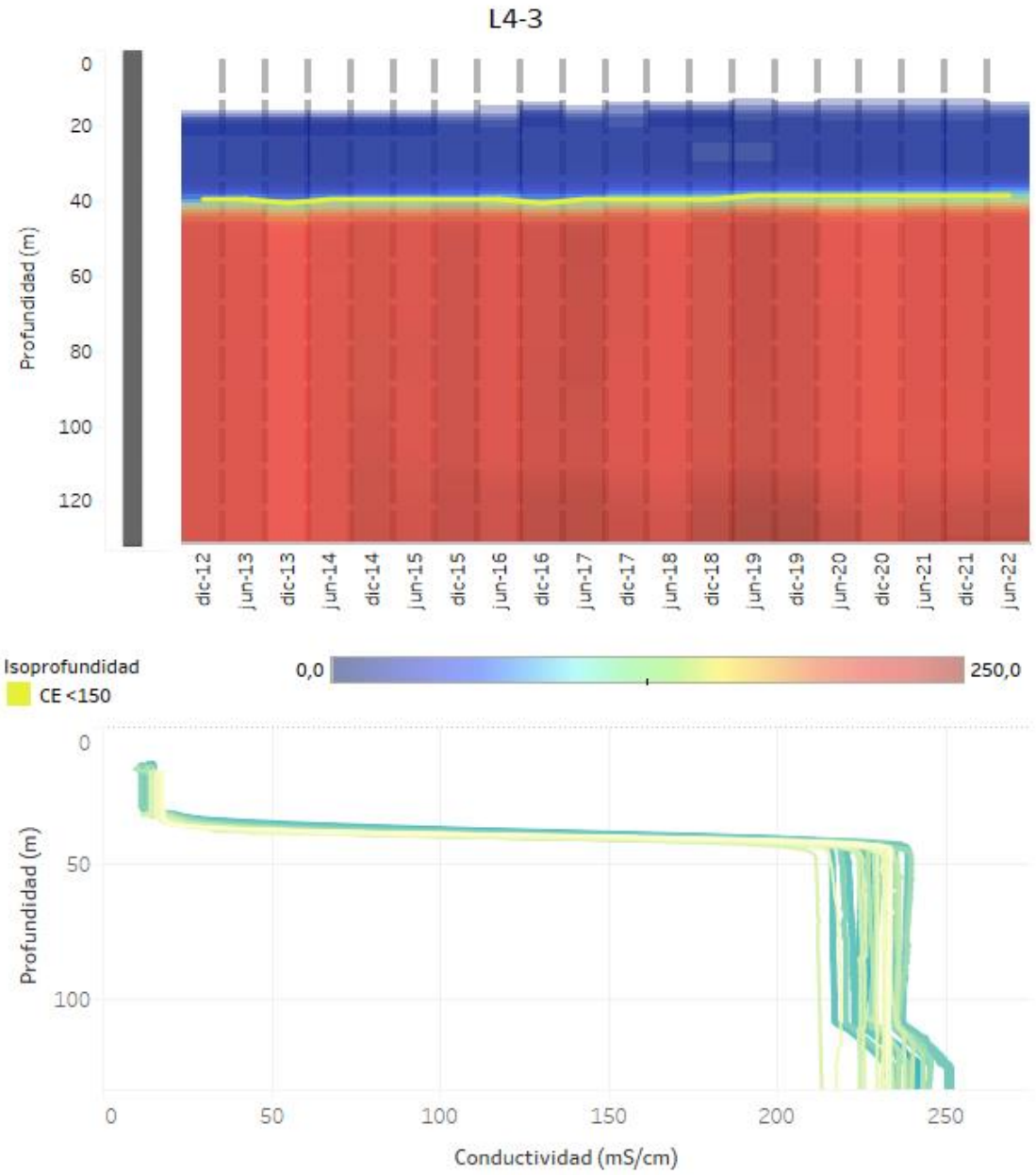
En el punto más al este de Aguas de Quelana, L4-3, existe una interfaz definida, ubicada aproximadamente a 40 m de profundidad. El equilibrio de la interfaz se mantiene en el tiempo, con oscilaciones menores entre campañas, pero sin mostrar un comportamiento de tendencia.

Figura 6-124: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)





Fuente: Elaboración propia



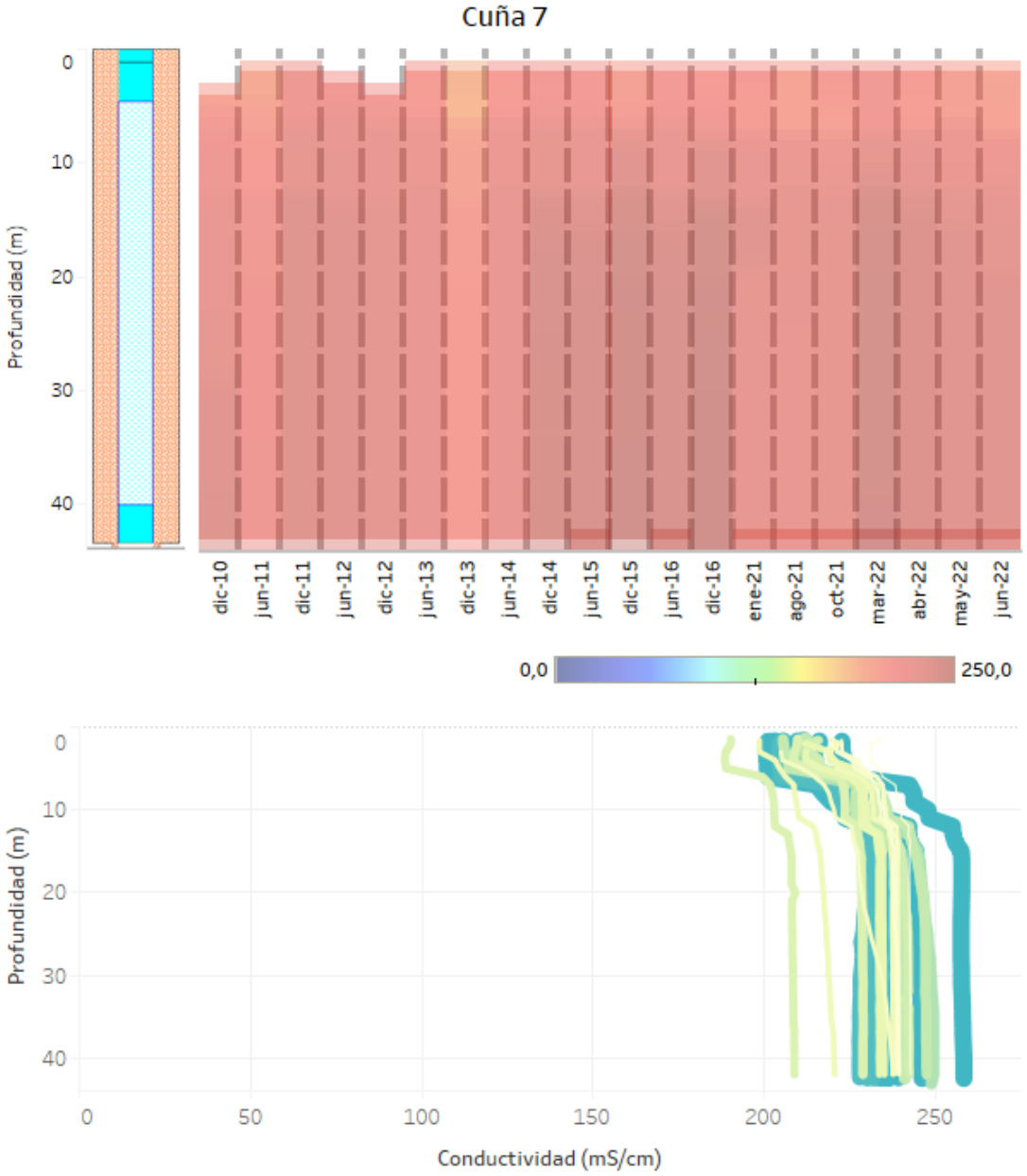
Fuente: Elaboración propia. Se quitan del gráfico algunos valores *outliers* y el perfil de junio 2008 por presentar anomalía en todo su desarrollo en L4-3.

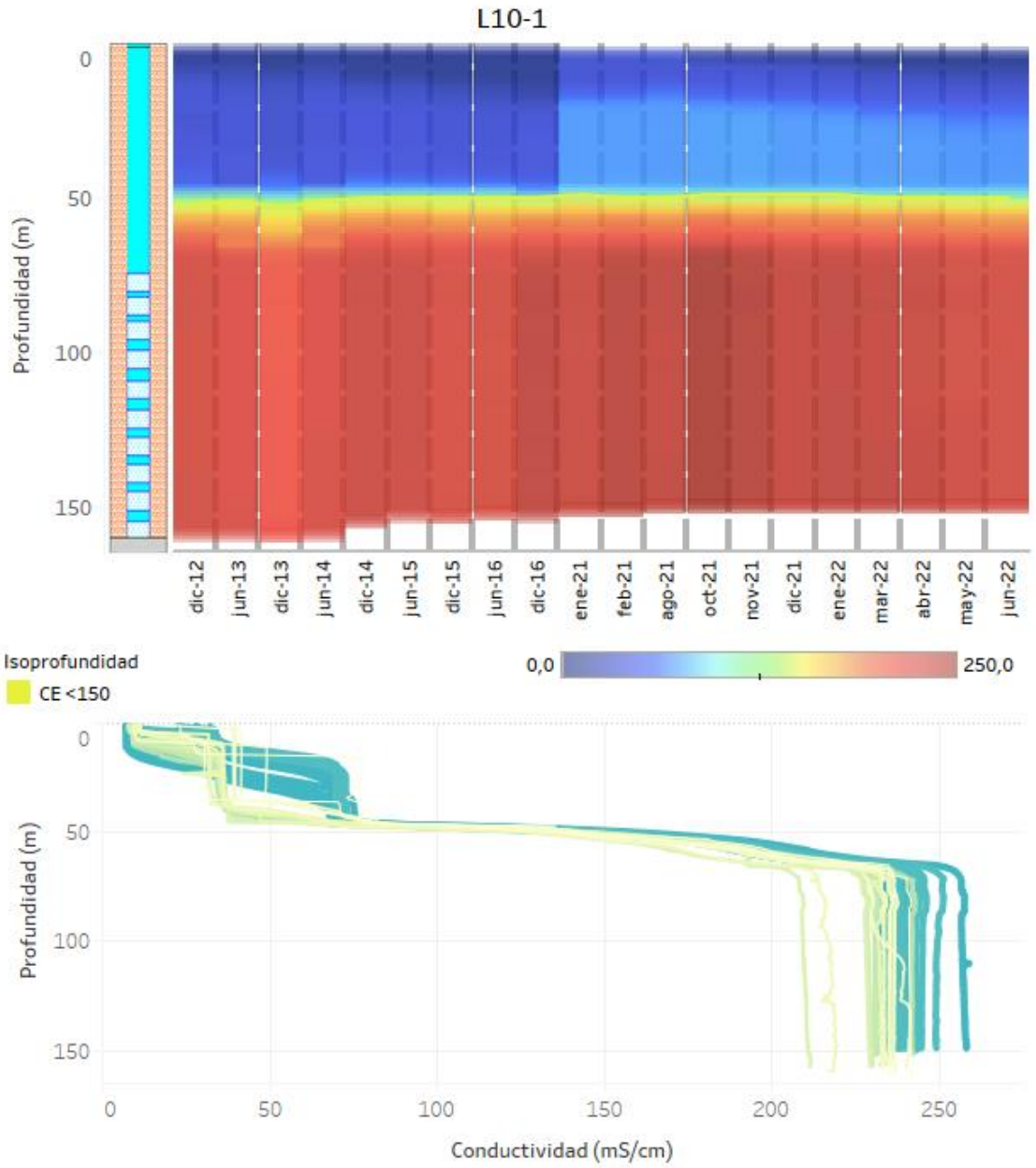
Finalmente, la evolución histórica de los pozos del sur se muestra en la Figura 6-125. En ella se observa que en el pozo Cuña 7 el final del quiebre se encuentra cercano a la superficie. Siguiendo hacia el sureste, el pozo L10-1 es conocido que ha tenido características surgentes y con un ranurado comenzando 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 mencionar, 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 se observan variaciones significativas en los perfiles de CE.

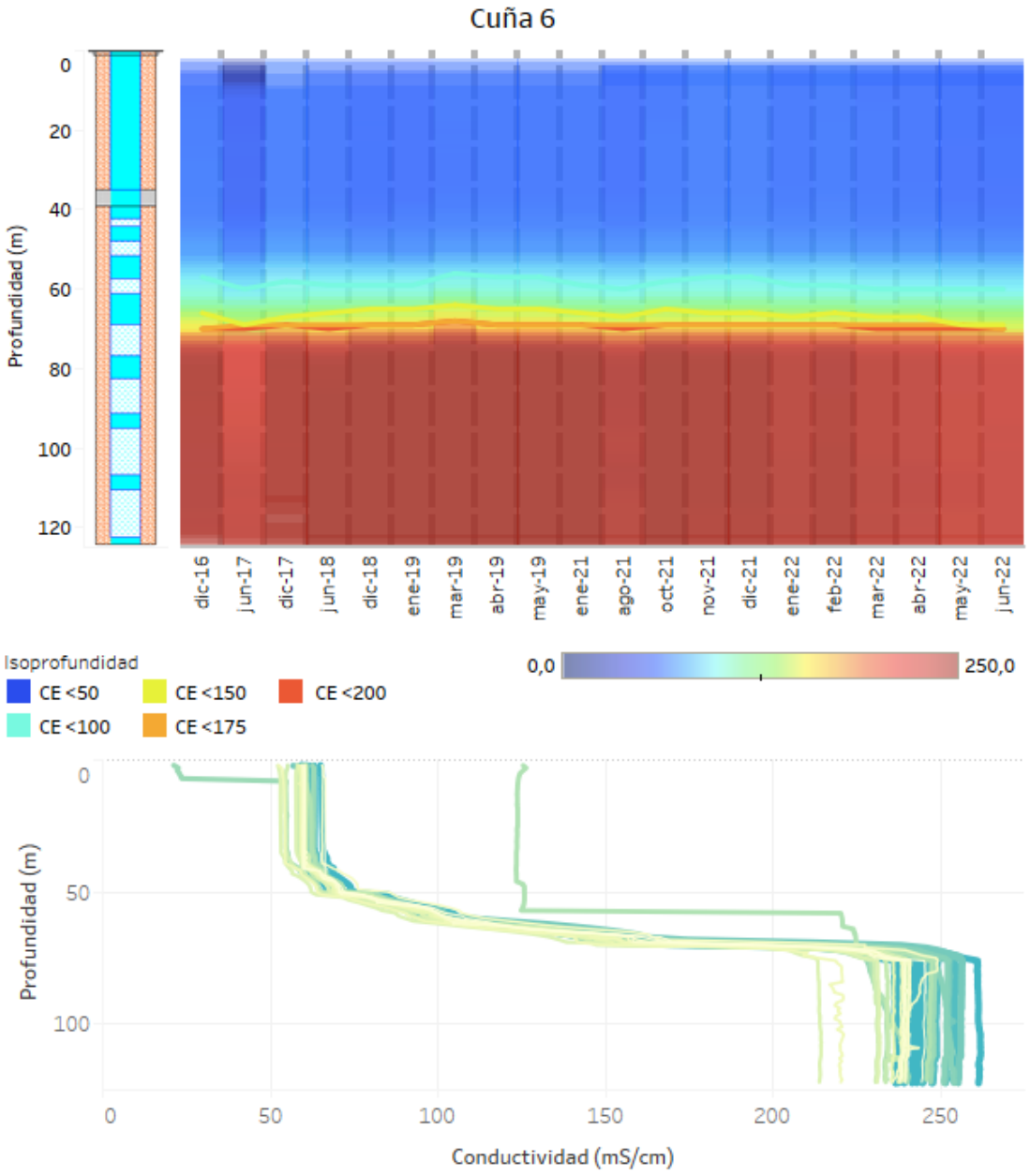
Figura 6-125: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)





Fuente: Elaboración propia

(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.

En el presente apartado se ha presentado 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 mencionarse 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 primer 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 6-126) y el L1-5 (Figura 6-127) se han descrito en el apartado *6.1.1. Sistema Soncor – Vegetación Borde Este* 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.

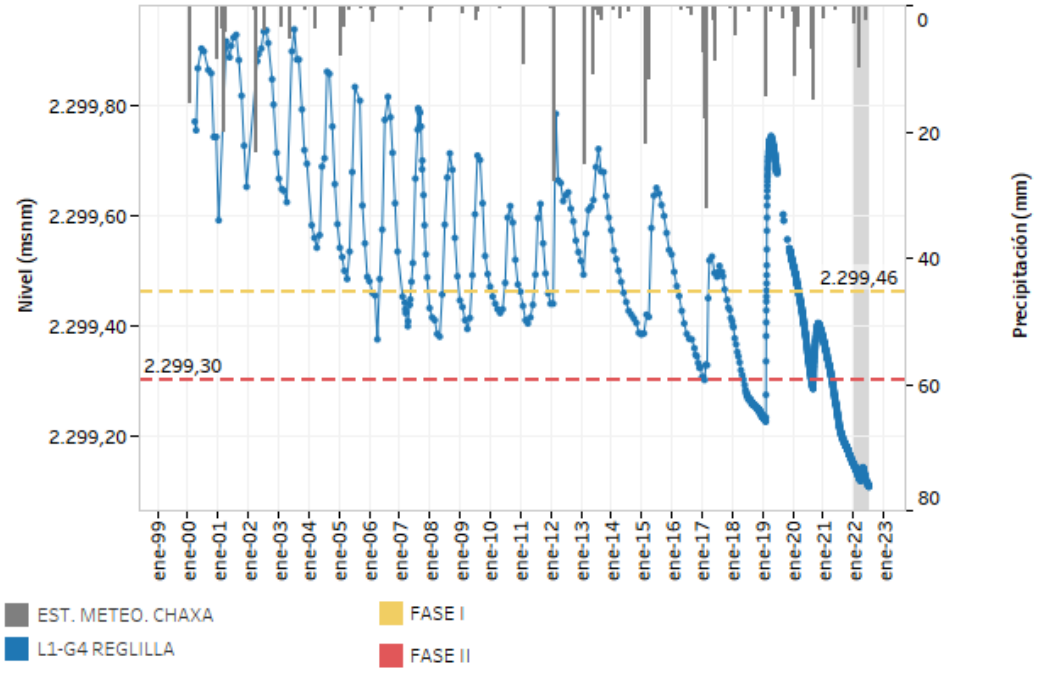
Tal y como se describe en el apartado de resultados del Plan de Contingencias (5.2) se activó la Fase II de los indicadores L1-G4 Reglilla el 10 de abril (2021) y del L1-5 el día 23 de abril (2021). Tal y como se concluyó en el primer informe de investigación que se realizó en 2018 (IDAEA-CSIC, 2018) y que se ha ido reafirmando en los sucesivos informes de investigación y de efectividad de la medida, el motivo que ha llevado a la activación en estos casos responde a que estos pozos vienen comportándose como más similar a un pozo del tipo núcleo desde que no están recibiendo los aportes del desborde de la laguna Barros

Negros a través del sector de Cola de Pez. Esto debido 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.

Con ello se dedujo 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 establecer una optimización de los indicadores de estado considerando puntos más idóneos para estos efectos. 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 estimó que estos pozos reproducían la dinámica propia del cuerpo lagunar. Es mediante el EIA del proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama", presentado en enero 2022, que se ha presentado un PAT alternativo que propone una mejora en el seguimiento del objeto de protección en base a los actuales análisis realizados con una serie de tiempo sustancialmente mayor con respecto el diseño de la RCA Nº 226/2006.

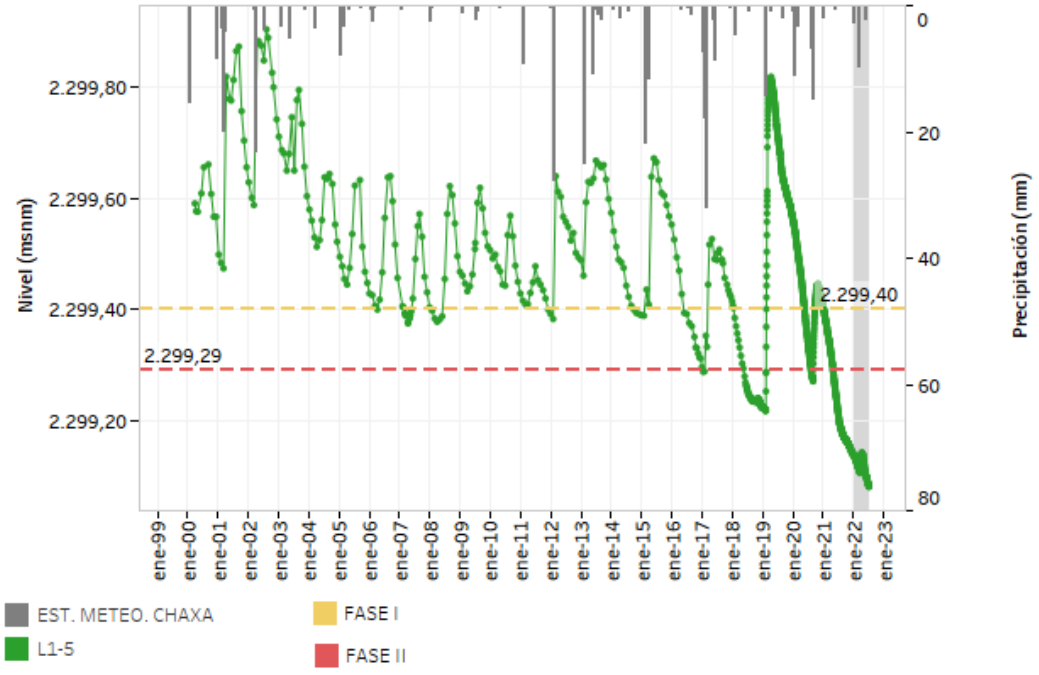
Durante el primer semestre de 2022, así como también hasta la fecha de la elaboración de este informe, ambos indicadores se mantienen con la Fase II activada, y no es previsible que puedan llegar a desactivar hasta que no se produzca un nuevo evento de precipitación.

Figura 6-126: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-127: 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 6-128) se ha analizado en el apartado *6.1.1.1.5.5. Pozos influenciados por el sistema lagunar Soncor – sector desborde Sur*, en donde 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.

El L1-4, que tiene registros desde el año 2000, tenía una tendencia de descenso que duró hasta mayo de 2007 (3,7 cm/año), para posteriormente mostrar una tendencia de ascenso (1 cm/año). Debido a la lluvia de 2012 se produce el fuerte escalón de nivel, en forma de ascenso que, en el caso de este punto, fue de 23 cm calculado entre la medición de diciembre 2011 y febrero de 2012, y posteriormente se produce una tendencia de descenso promedio de 3,2 cm/año. Esta tasa se observa elevada debido a la reducción de precipitaciones del periodo 2020-2022.

En el entorno de este punto, se encuentran los pozos L1-6, L1-7 y L2-5 (descritos en el mismo apartado 6.1.1.1.5.5), el análisis conjunto de todos los puntos da cuenta de que, el mayor efecto sobre estos puntos no es tanto la recarga directa de la lluvia en sí, sino más bien, el efecto de la laguna (o el desborde sur en este caso) que responde al evento y consecuentemente, produce una recarga hacia esta área. Posterior a la lluvia citada de 2012, todos los pozos de este grupo, incluyendo el L1-4, muestran un aumento en la respuesta de las subsiguientes lluvias y una marcada tendencia de descenso similar en todos los casos. Así, de esta forma, todos los puntos pasan a asimilarse en comportamiento desde entonces, cuando previamente cada uno tenía su tendencia característica.

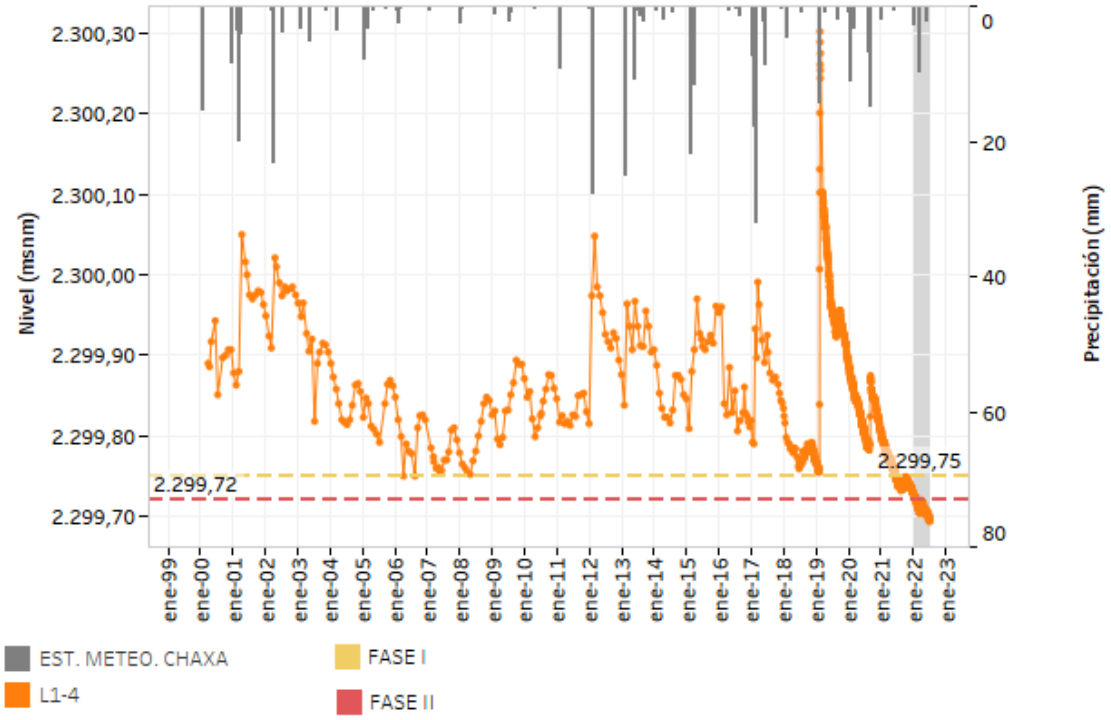
Dado el comportamiento descendiente del indicador, los niveles sobrepasaron el umbral de Fase I el 5 de junio de 2021 y finalmente, el 20 de enero de 2022 (fecha dentro del actual periodo reportado) se produjo la activación de la Fase II. Como no se ha producido ningún evento de recarga, ni en forma de lluvia ni un pulso de recarga proveniente del sistema lagunar de Barros Negros, esta situación se mantiene incluso hasta el cierre de la elaboración del presente informe.

Tal y como establece la RCA Nº 226/2006, se elaboró el informe de investigación asociado y posteriormente, el informe de efectividad de la medida. Lo más relevante en este caso es que este indicador se definió para la oportuna alerta temprana de la actividad extractiva de agua en el acuífero aluvial sobre la laguna de Barros Negros. No obstante, el actual modelo conceptual del sistema, basado en los nuevos datos recopilados durante toda la vigencia de la RCA y otros proyectos adicionales desarrollados

para la mejora del entendimiento del sistema, llevan a que la interfaz salina genera una barrera hidráulica entre el acuífero aluvial y el sector en donde se encuentra el L1-4.

Así de esta forma, por un lado, los umbrales definidos y el mero hecho de que hayan sido sobrepasados no define por sí solo una situación riesgosa en cuanto al estado del objeto de protección. De esta forma, la medida de reducción aplicada no se espera observar en el nivel del L1-4. No obstante, esta reducción sí ha sido efectiva en el Sistema del Borde Este, en donde, cómo se ha visto en el subapartado 6.1.1.1.5, los niveles en este sector están mostrando estabilización de las tendencias e incluso recuperación (ascenso), lo que también se identificado en otros indicadores de estado como el L2-27 y L1-17.

Figura 6-128: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

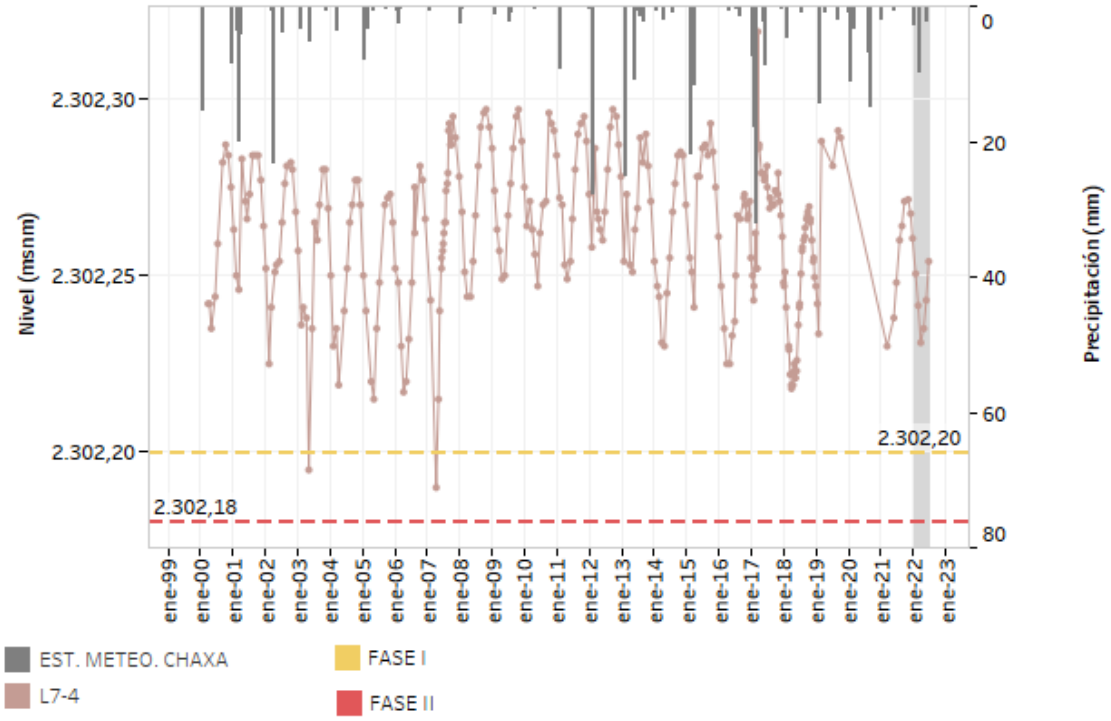
El L7-4 (Figura 6-129), que es el indicador de estado de la laguna Puilar, en el apartado *6.1.1.1.5.2. Pozos característicos de la zona marginal*, se ha podido comprobar que muestra un comportamiento influenciado por los ciclos de evaporación (propio de los puntos próximos a la interfaz salina) y relacionado con la recarga proveniente del borde este y los episodios de lluvia más intensos.

Si bien, las mediciones debieran ser diarias, esta frecuencia no es posible mantener debido a que se encuentra su acceso restringido por el ingreso a la reserva nacional. Por este motivo, desde septiembre de 2019 este punto estuvo sin ser visitado, hasta marzo de 2021 que se retomaron las visitas y se han estado manteniendo de forma mensual, incluyendo el primer semestre 2022.

Durante el presente periodo reportado, se ha registrado el mínimo estacional esperado para esta época del año en este sector. Destaca que, si bien el pozo mostraba una tendencia general de descenso (desde después de las lluvias de 2012), este mínimo se ha registrado levemente por sobre el mínimo del último año de datos completos (1,3 cm respecto del mínimo de 2017). Lo cual podría estar indicando una

estabilización de los niveles en este sector. Este mínimo descrito para el primer semestre de 2022 se mantiene 3 cm por sobre el umbral de Fase I.

Figura 6-129: 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 cuerpos de agua dispersos de norte a sur 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 desde el acuífero aluvial. 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[48] y Socaire-5, se monitorea el nivel de los pozos L3-5, L4-8 y L5-8.

6.2.2.1 Indicadores de agua

Respecto los indicadores de estado del bombeo de los pozos de agua industrial (L3-5, L4-8 y L5-8), los descensos calculados[49] se muestran en la Figura 6-130 junto los umbrales correspondientes. En el análisis efectuado en el apartado 6.1.2.1.3.3, 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 ha llevado a un substancial cambio en el comportamiento de este punto, ya que previamente se mostraba sin una tendencia de ascenso o descenso, y desde entonces, el pozo está reproduciendo un claro ascenso promedio de los niveles (tasa de 3 cm/año), a la vez que se mantiene la oscilación estacional de amplitud muy regular.

Durante el primer semestre 2022 se registra un mínimo estacional, por sobre el mínimo del año anterior, lo que mantendría vigente el anterior análisis.

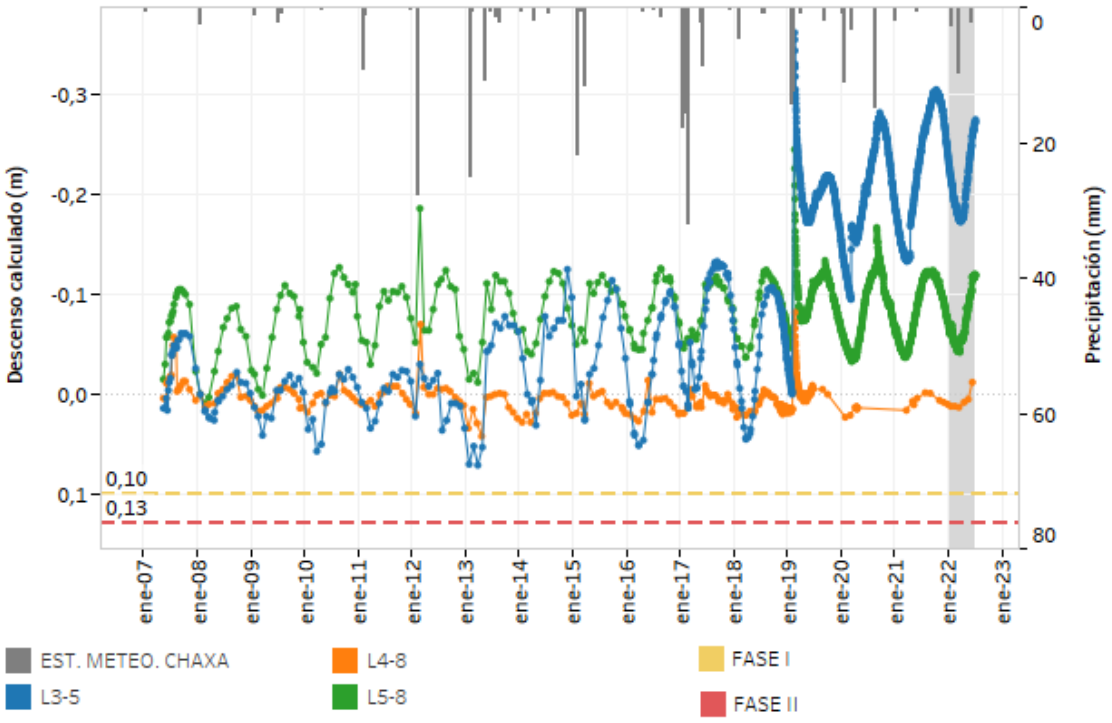
El L5-8 se mantiene oscilante, aunque como se ha analizado en los capítulos previos, se observa una leve tasa de ascenso promedio durante el registro histórico de este pozo. Posterior al evento de lluvia de 2019, el indicador ha mantenido una oscilación de amplitud regular y con una tendencia aparentemente estable. Sin embargo, el mínimo estacional registrado en este primer semestre 2022 se encuentra muy levemente por sobre el mínimo del año anterior (0,5 cm).

[48] Detenido en 2018 y desmantelada su infraestructura de bombeo en 2021, acción incorporada en programa de cumplimiento, 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 (PdC aprobado mediante Res. Ex N°38/Rol F-041-2016)

[49] Para este apartado, la fecha de inicio que permite el cálculo del descenso se basa en lo estipulado según la RCA Nº226/2006.

Finalmente, respecto del L4-8 este punto se encuentra en la transecta de referencia del Socaire-5. Oscila de forma estable y sin tendencia (de ascenso o descenso). Las mediciones del primer semestre de 2022 se encuentran dentro del rango de variación histórico.

Figura 6-130: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de los pozos de agua industrial junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2 Por Indicadores de salmuera

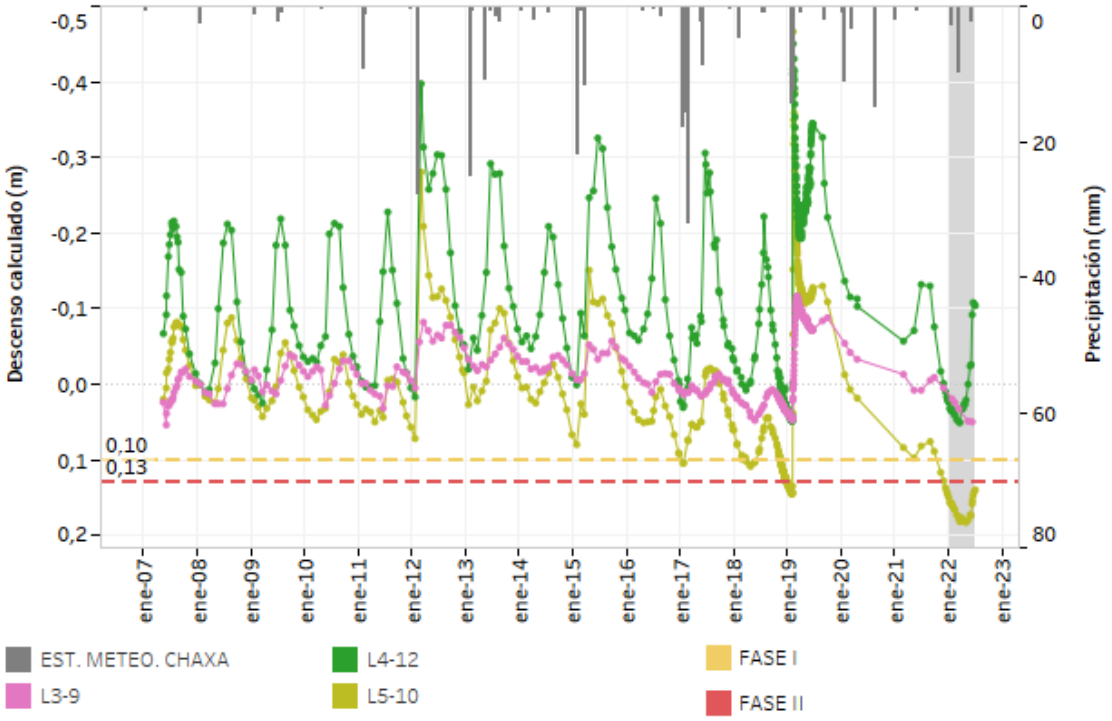
Los indicadores de estado para determinar la influencia de las extracciones del núcleo (L3-9, L4-12 y L5-10) se muestran en la Figura 6-131 junto con los umbrales de la Fase I y Fase II. En el apartado de análisis de estos puntos (6.1.2.1.3.4) se ha podido determinar que estos puntos muestran un comportamiento 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.

En este caso, el L5-10 partió con la Fase II activada al inicio de este periodo reportado; fue durante el mes de diciembre 2021 que se dio esta situación, lo que se reportó en el anterior informe PSAH Nº 30. Ha sido durante el presente semestre reportado que se produce un ascenso temporal de los niveles, que lleva a la desactivación de la Fase II en el mes de junio (2022). No obstante, lo anterior, ya durante el segundo semestre de 2022, periodo que queda fuera del análisis de este reporte, el pozo recupera la tendencia de descenso sobrepasando de nuevo el umbral de Fase II el día 26 de septiembre (2022) y produciéndose de nuevo la activación de esta fase.

Según el informe de investigación presentado a los 30 días de la activación, se extrae que el descenso en este punto se ve afectado por las extracciones de salmuera por parte de SQM y, en menor magnitud, por el aumento del bombeo de Albemarle a partir de la aprobación de la RCA de 2016. Lo que se considera un resultado razonable considerando la distancia de su campo de pozos al Sistema Aguas de Quelana y por tanto es esperable que su efecto vaya aumentando en el tiempo. Por su parte, la ocurrencia de mayores eventos de precipitación favorece el ascenso de niveles pudiendo alterar la ocurrencia de la superación del umbral de activación de este indicador.

Figura 6-131: 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 6.1.1.1.5.2) y el punto L3-5 y la reglilla L4-10 en el sistema de Aguas de Quelana (apartado 6.1.2.1.3.3). 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. Los descensos calculados para estos puntos con respecto los umbrales de Fase I y Fase II se muestran en la Figura 6-132.

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. Debe destacarse que en el primer semestre 2022, el mínimo registrado en marzo se encuentra a 1,6 cm respecto del mínimo del año anterior, lo que podría llevar a conducir en un cambio en la tenencia de esto punto, pasando de una tendencia histórica de descenso a reproducir un ascenso en los niveles. De esta forma, es posible que la reducción del caudal de extracción de los pozos de agua Allana y Mullay-1, de 80 L/s a 20 L/s entre ambos en febrero de 2020, haya alcanzado el área de este punto. Será necesario ver cómo siguen los registros de los próximos meses para validar esta tendencia.

El punto L1-17 es indicador de estado del sistema Vegetación Borde Este. Los niveles históricos en este punto se caracterizan por mostrar una oscilación estacional muy estable, pero con amplitudes variables según el año hidrológico, ya que los máximos se han ido registrando a cotas muy similares todos los años, pero los mínimos estacionales han resultados más bajos en los años secos. No obstante, se identificó que a partir de 2019, el pozo registró mínimos históricos; respecto del mínimo de abril 2018, el correspondiente a 2020 se situó casi 17 cm por debajo y el de 2021 fueron 21 cm. No obstante, llama la atención que los máximos estacionales han seguido manteniéndose estables en la misma cota, haciendo por tanto que aumentara la amplitud de la oscilación (la máxima amplitud se alcanzó precisamente en 2021, alcanzado los 58 cm).

Fue precisamente durante el año 2021, que este descenso estacional, en marzo se produjo la activación de la Fase II de este indicador; esto fue descrito en el informe PSAH Nº 29. Los análisis presentados en el informe de investigación asociado, permitió concluir que el cambio en el comportamiento del pozo desde 2019 ha sido producto de las extracciones de agua industrial en el acuífero aluvial. Pues bien, en el primer semestre de 2022 (marzo) se ha registrado un mínimo a una mayor cota respecto del mínimo de marzo 2021 (10 cm por encima). Este punto se encuentra próximo a las vegas de Carvajal, lo que le lleva a estar ubicado al sur de la transecta L7 (pozo de agua Mullay-1) y al norte de la transecta L2 (pozo de agua Allana). Podría concluirse, por tanto, que la reducción de la extracción en estos pozos (de 80 L/s a 20 L/s entre ambos) desde febrero de 2020, ya ha generado una respuesta en este punto favorable, desde el punto de vista del mantenimiento de las condiciones naturales de este sector.

El punto L2-27 que ha venido registrando mínimos históricos consecutivamente los años 2020, 2021 y 2022. Para el primer semestre de 2022, los niveles reprodujeron el mínimo estacional esperado para esta época del año y que resultó en una cota similar al mínimo del año anterior. Lo que podría llegar a pensar en una estabilización del nivel con este nuevo patrón de oscilación que se viene observando después del evento de 2019, en donde la amplitud ha aumentado respecto del periodo anterior.

No obstante, este nuevo patrón genera que todos los años se venga produciendo la activación de las Fase I y posteriormente la Fase II. Respecto del primer semestre 2022, el día 29 de enero (2022) el nivel sobrepasó el umbral de Fase I y a los pocos días, el nivel mantuvo la tendencia de descenso hasta que el día 7 de febrero activó también la Fase II del PC. Tal y como está estipulado, se generó el informe de investigación asociado.

Los análisis presentados, asocian este comportamiento al efecto de la extracción de agua desde los pozos de bombeo. El hecho de que haya pozos que hayan empezado a mostrar una respuesta delante del paro del Camar-2, mientras que otros pozos no como podría ser el caso del L2-27, da cuenta precisamente de la alta heterogeneidad del medio. 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.

A consecuencia del comportamiento oscilatorio estacional del nivel, es durante el mismo primer trimestre de 2022 que se registra la desactivación de las fases; primero, el día 4 de junio (2022) desactiva la Fase II y más tarde el día 12 de junio (2022) la Fase I.

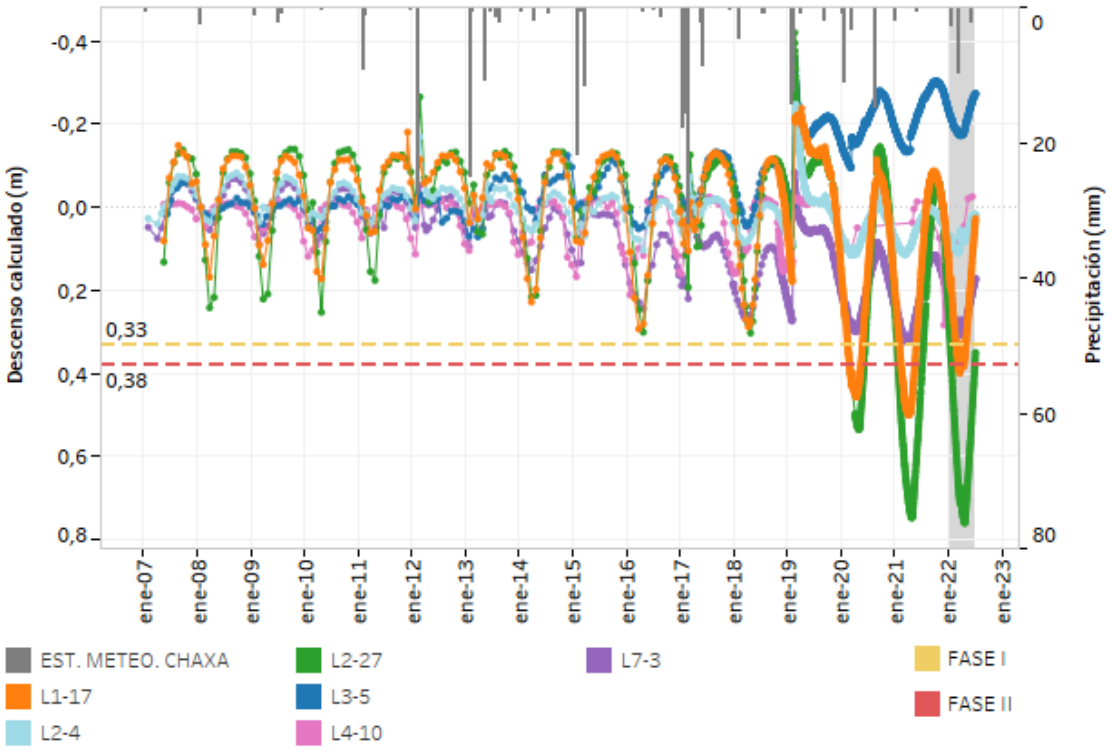
Por su lado, el indicador L3-5 cambió la tendencia de los niveles a partir de la lluvia de 2019, volviéndose ascendente. Lo que hace que cada año el mínimo estacional se encuentre más alejado de las fases el PC.

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 22 cm. En el primer semestre 2022 ha resultado un mínimo estacional a una elevación levemente por encima del mínimo del año anterior, de 0,4 cm en este caso. Estas mediciones podrían estar dando cuenta de la respuesta a la reducción de extracción en el Mullay-1 y el Allana, ya que esto se ha observado en los otros pozos del anteriormente descritos de la zona marginal y aluvial. No obstante, dado que el cambio ha sido

leve, debería esperarse unos meses más para poder afirmar que el efecto de la reducción de extracción en el acuífero aluvial de este sector ha alcanzado esta área.

Finalmente, el L4-10 que es una reglilla del sistema Aguas de Quelana, muestra una oscilación de amplitud mayor respecto de los otros puntos de la serie L4 (unos 7 cm). Por otro lado, mientras que los máximos estacionales de este punto 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 reglilla L14-4 situada más al norte y también en los mismos indicadores de este grupo L1-17 y L2-27 (al menos hasta antes de la lluvia de 2019), lo que llama la atención porque estos puntos se encuentran en el entorno de las vegas de Carvajal y de Quelana.

Figura 6-132: 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.

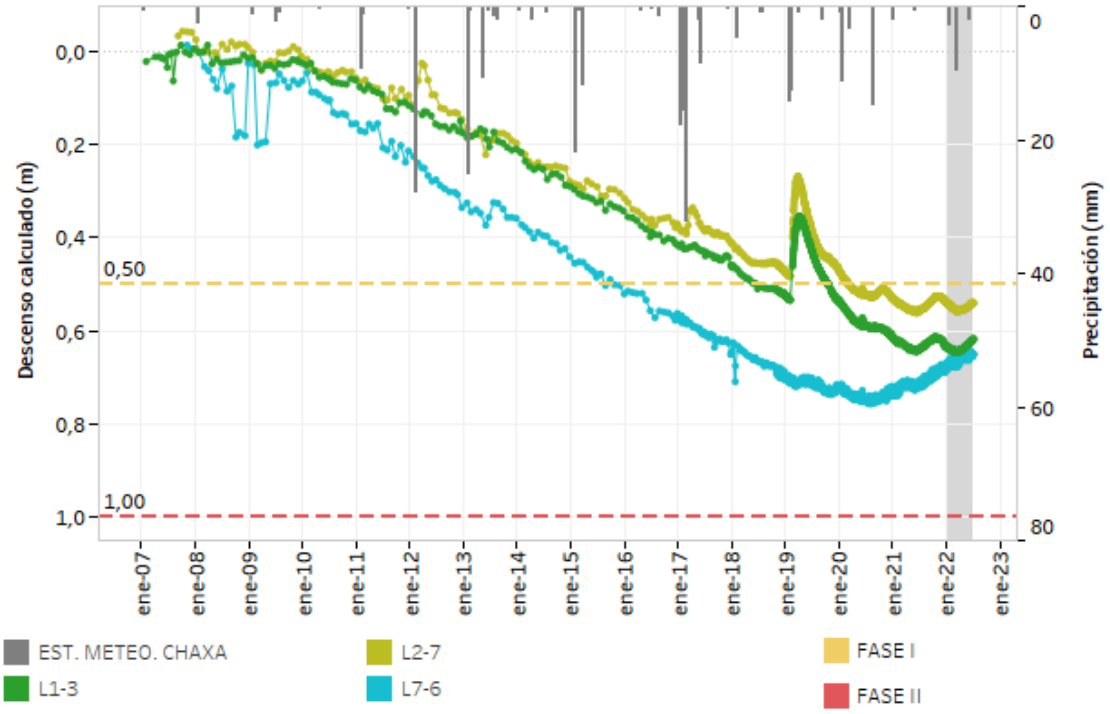
Estos indicadores se han analizado juntamente con los otros puntos del PSAH según el sistema hidrogeológico en el que se encuentran; en el Sistema Soncor – Vegetación Borde Este (6.1.1) se encuentra el análisis de los puntos, L1-3, L2-7 y L2-28 y en el Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este (6.1.2) el análisis de los L3-3 y L4-7. Por último, el L9-1 se ha analizado en el Sistema Vegetación Borde Este – Sector pozo CA-2015 (6.1.3).

Según lo observado, los puntos L7-6, L1-3 y L2-7 muestran un comportamiento relacionado con el acuífero aluvial (Figura 6-133); 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 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 6-133: 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 6-134). Se caracterizan por presentar oscilaciones estacionales junto con un descenso promedio de los niveles.

El L2-28 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, puede verse que se ha mantenido la pendiente de descenso, no obstante, la amplitud de la oscilación ha sido notoriamente mayor respecto de las oscilaciones previas a este evento, a la vez que se observa que ha aumentado la amplitud de la oscilación. Dado este comportamiento, entre 2016 y 2020 el indicador estuvo activando Fase I durante los descensos estacionales y posteriormente, desactivando la Fase durante el ascenso. Pero, puesto que el pozo ha mantenido la tendencia promedio de descenso, el máximo estacional cada ha estado más próximo al umbral de Fase I, lo que ha llevado que finalmente, en 2021 no se haya producido la desactivación de la Fase I todavía, incluso al cierre del periodo reportado (junio 2022).

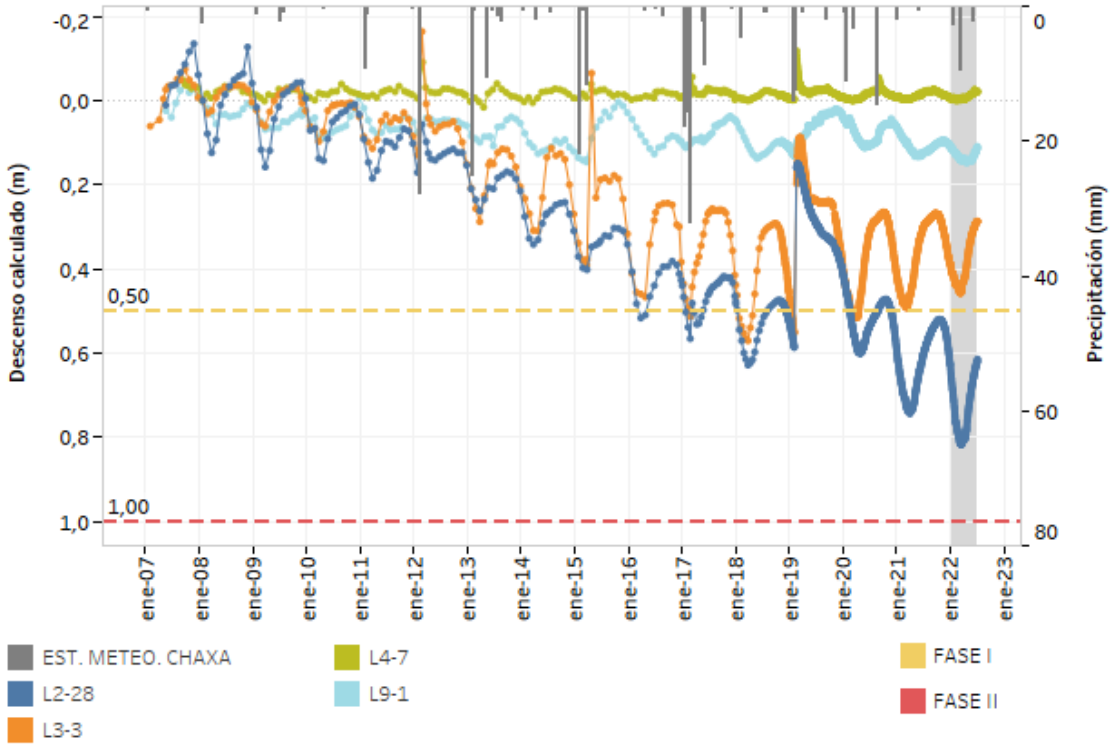
El L3-3 por su parte, se sitúa sobre la transecta L3 que queda a la misma altura que el pozo Camar-2. Los puntos del entorno han a este indicador han mostrado una respuesta al paro del Camar-2, aunque en función del punto la forma ha sido distinta; teniendo en cuenta el registro histórico e incluyendo 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, como ha sido el caso del L3-3, pero otros puntos se han estabilizado (pendiente nula) y otros han disminuido la pendiente de descenso. No obstante, el grado de efecto no es proporcional a la distancia con respecto el pozo Camar, lo que lleva de nuevo a que la heterogeneidad de los materiales en este sector condiciona los tiempos y la forma de responder a los eventos en el acuífero.

Dado el comportamiento del L3-3 descrito, este indicador estuvo activando y desactivando de nuevo la Fase I durante los ciclos estacionales de entre 2017 y hasta 2021. No obstante, debido al cambio de la tendencia, en 2022 no se ha producido de nuevo la activación ya que el mínimo estacional de este año se ha situado levemente por encima del mínimo al año anterior, evitando así la activación del PAT.

El L9-1 muestra 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 1,3 cm/año. A partir de marzo 2015, empieza 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

.

Figura 6-134: 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 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 N.º 21/16.

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 primer 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 reportado no hay cambio de escalón.

Los indicadores L10-11 y 1028 se han descrito en el apartado *6.1.4.1.4. Pozos en zona núcleo*, ya que, dada su ubicación y el patrón de comportamiento de sus niveles, corresponden a una clasificación del tipo núcleo; no presentan estacionalidad, responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso característica del acuífero de salmuera en esta zona y finalmente, existe un bajo gradiente hidráulico dando cuenta de lo plana que se encuentra la superficie piezométrica en este sector.

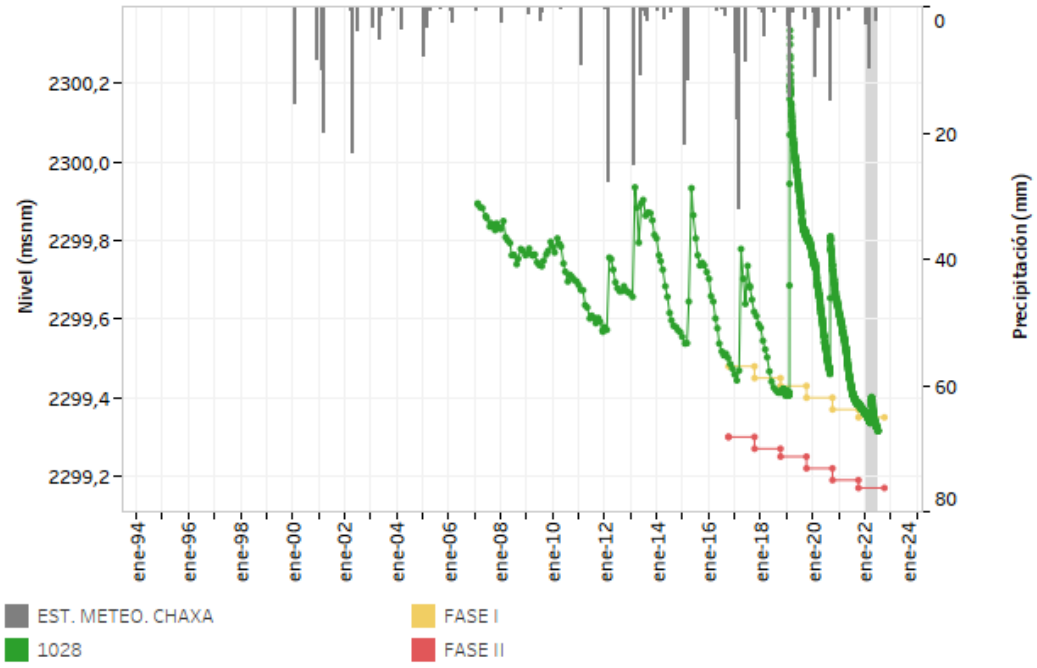
Por su parte, el indicador L10-4 se ha descrito en el apartado *6.1.4.1.2. Pozos en zona marginal,* en donde los pozos no muestran la particular oscilación regular propia de los ciclos estacionales de evaporación, y se observa que mantienen un comportamiento transicional; los puntos más cercanos al aluvial presentan algunos rasgos característicos del acuífero aluvial de este sector (representado por el L10-1) y 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. En el caso del L10-4, este punto se encuentra más cercano al núcleo, con una tasa de descenso ya más similar a los puntos del núcleo.

Durante el primer semestre de 2022 se producen varias activaciones de Fase I, que han sido descritas con detalle en el apartado *5.2.6. Sistema Peine*. Esto es debido a que en septiembre (2021) se produjo la primera activación del sistema, en el indicador L10-11. Posteriormente, en febrero (2022) ya dentro del presente semestre reportado, se produjo la activación de un segundo indicador en este caso el 1028. Durante el mes de marzo se produjeron una serie de pequeños eventos de lluvia que produjeron un aumento de los niveles en estos indicadores, lo que supuso que, de forma temporal, los niveles ascendieran sobrepasando el umbral de Fase I y posteriormente retomar la pendiente de descenso, volviendo entonces a sobrepasar el umbral. Finalmente, en el mes mayo (2022) se produjo también la activación del tercer indicador, el L10-4.

Para todos las activaciones y sucesivas reactivaciones de fase, se ha generado un informe implementando la Herramienta de Verificación de Esta Sinérgico. El propósito, tal y como establece el PAT de Peine, es determinar el % de contribución entre el efecto de la extracción de salmuera por parte de SQM y por parte

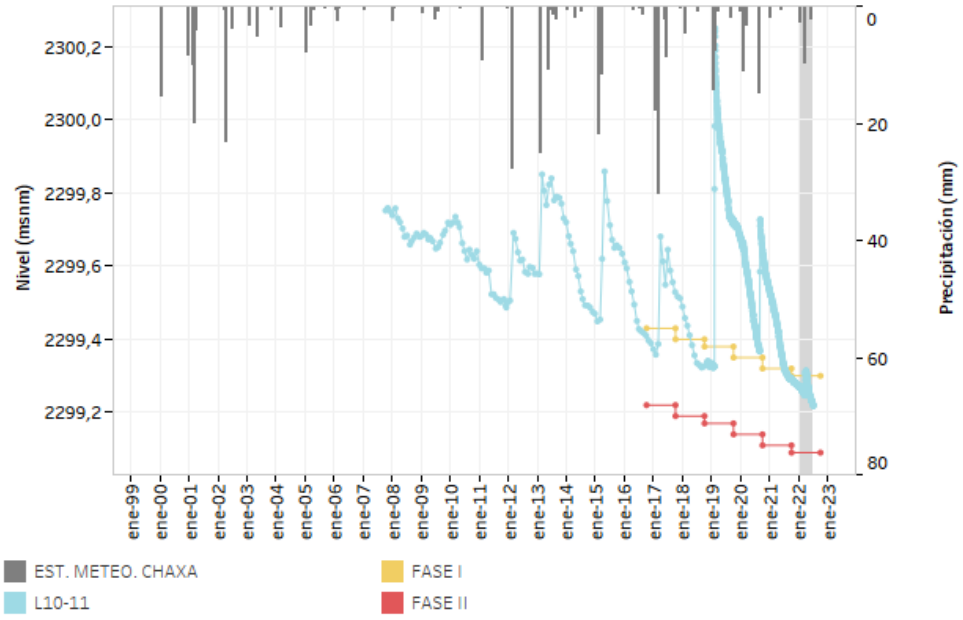
de Albermarle, así como también la contribución del efecto climático. En resumen, se ha obtenido que la mayor parte de la contribución vendría por parte de la extracción de SQM, alrededor del 80%. Mientras que el resto (alrededor del 20%) sería producto de la extracción de Albermale.

Figura 6-135: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



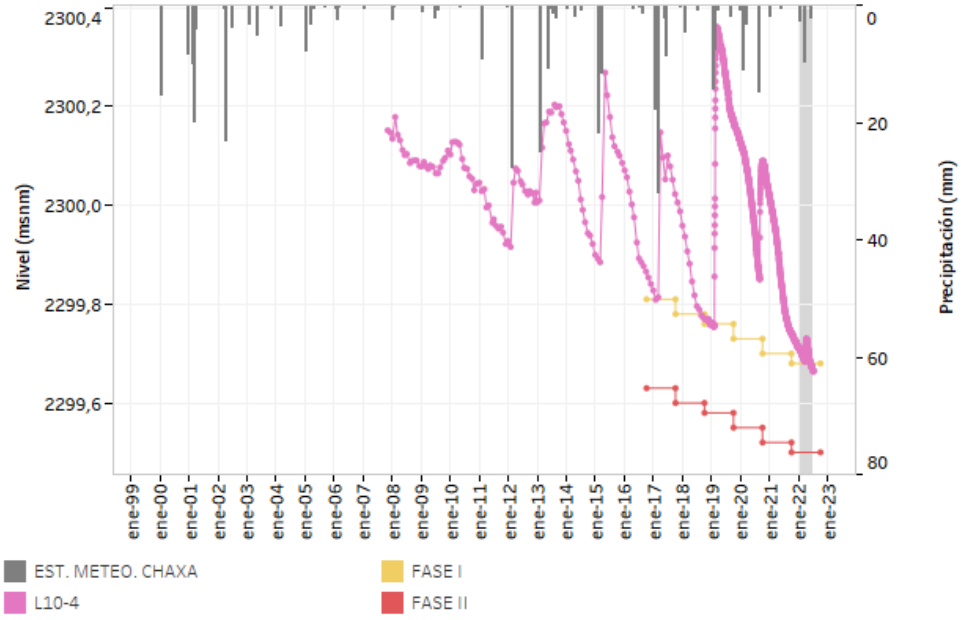
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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.

6.2.6 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 (apartado *6.1.1*), en el sistema Aguas de Quelana el L4-3 y L3-11 (apartado 6.1.2) y en el sistema Vegetación Borde Este el L9-1.

A su vez, dentro de este capítulo Análisis del Plan de Contingencias, el L2-25 y el L9-1 ya han sido descritos en el apartado de Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex (6.2.4).

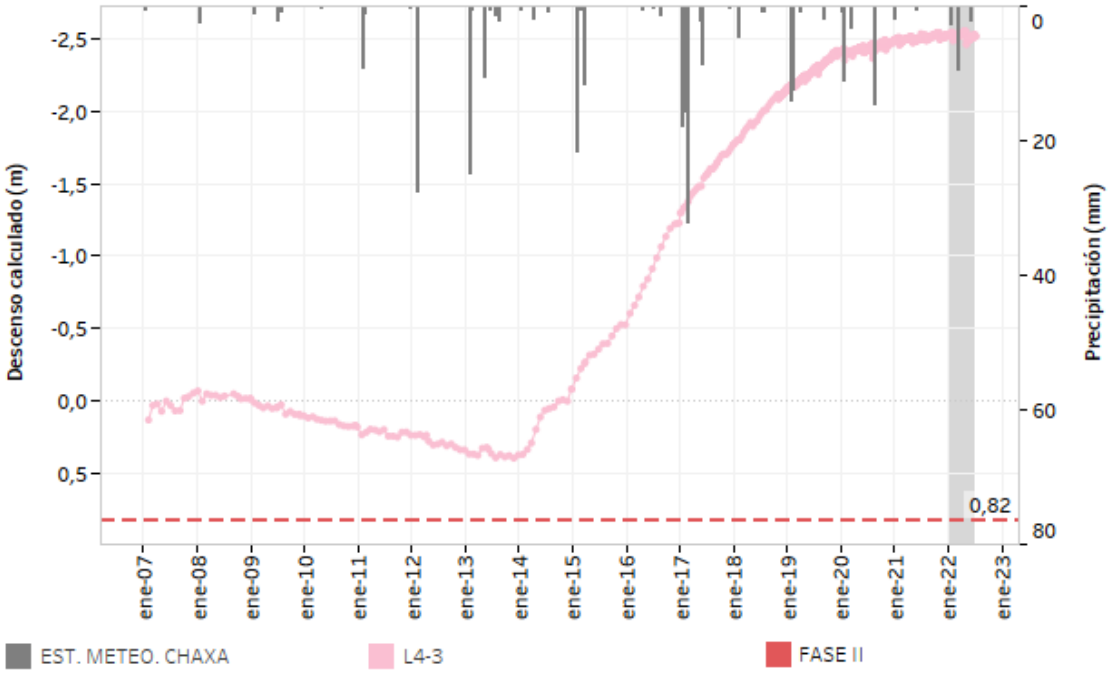
El pozo L4-3 (Figura 6-138) es un pozo singular, pues tal y como se ha descrito, éste cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular sin todavía comprender bien el motivo de este cambio, ya que este patrón no se ha reconocido en los pozos de alrededor. Con el tiempo la pendiente ha ido disminuyendo; para el periodo entre enero 2020 y junio 2022 por ejemplo, la pendiente es de 4 cm/año.

Por su parte, el L7-13 (Figura 6-140) se encuentra en el acuífero aluvial del sistema Soncor, en la parte más distal y muestra el comportamiento asociado a esta zona; una tasa de descenso constante sin oscilaciones estacionales. No obstante, de la misma forma que se ha observado en varios otros puntos del sector, este punto ha cambiado la tendencia y ha pasado a reproducir un comportamiento ascendente, desde aproximadamente mayo de 2021. La actual tasa de ascenso es de 4,7 cm.

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 6-141); 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

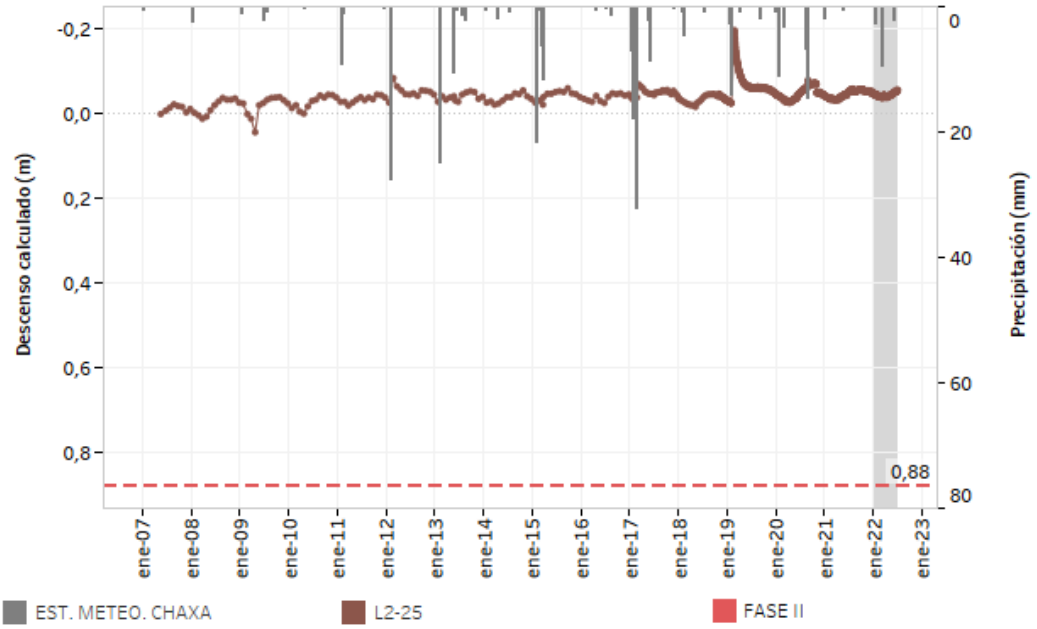
no es representativo como indicador de estado de la vegetación del borde Este. De todas formas, como compromiso adquirido en la RCA se mantiene este punto dentro del PC.

Figura 6-138: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



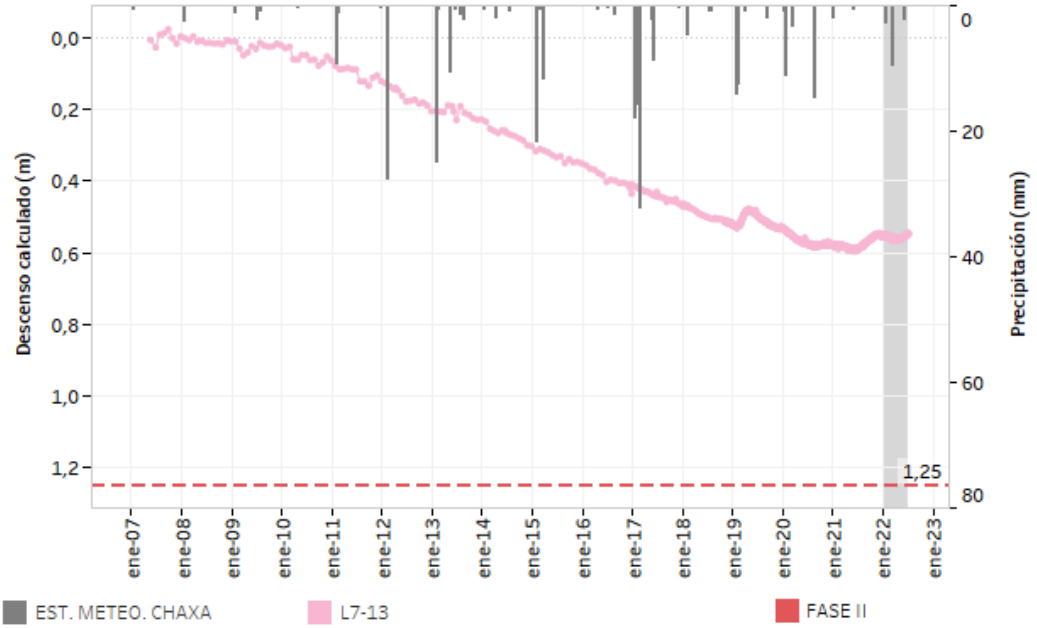
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-139: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



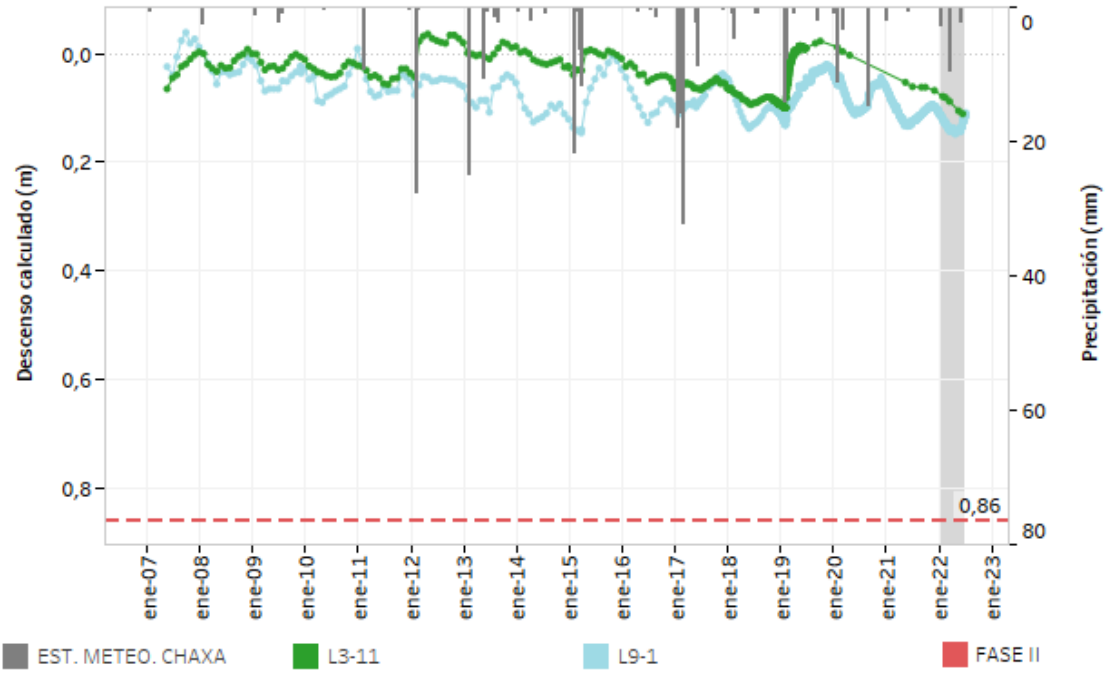
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-140: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-141: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia

6.2.7 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIA

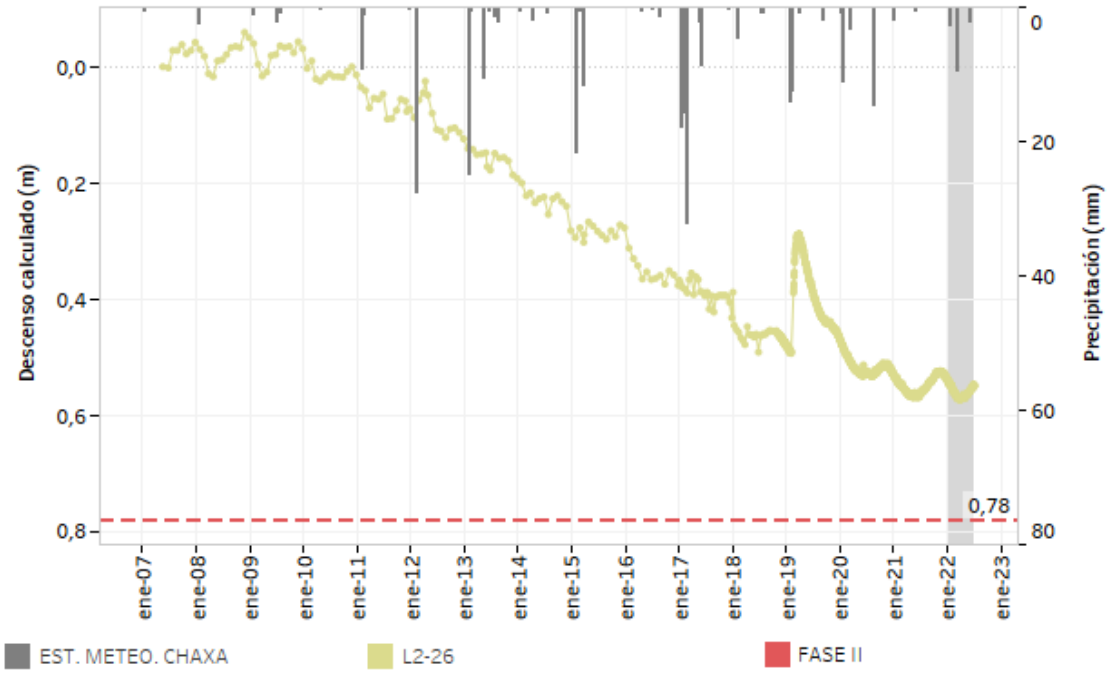
Tal como se mencionó en la sección 4.4.8, con el fin de incrementar los resguardos sobre el Sistema Borde Este, SQM ha incluido en forma complementaria al Plan de Contingencia, mediante la misma metodología utilizada en la definición del resto de los pozos que conforman el PC, seis pozos de monitoreo 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).

De esta forma, dentro de este capítulo *6.2. Análisis del Plan de Contingencias*, el L2-25, L7-14, L4-17 y el L9-1 ya han sido descritos en el apartado de Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex (6.2.4).

El L2-26 se encuentra en la parte distal del acuífero aluvial del acuífero aluvial del sistema Soncor. Este indicador, igual que se ha descrito para el L7-13, muestra el comportamiento asociado a esta zona; una tasa de descenso constante sin oscilaciones estacionales. No obstante, de la misma forma que se ha observado en varios otros puntos del sector, este punto ha cambiado la tendencia y ha pasado a reproducir

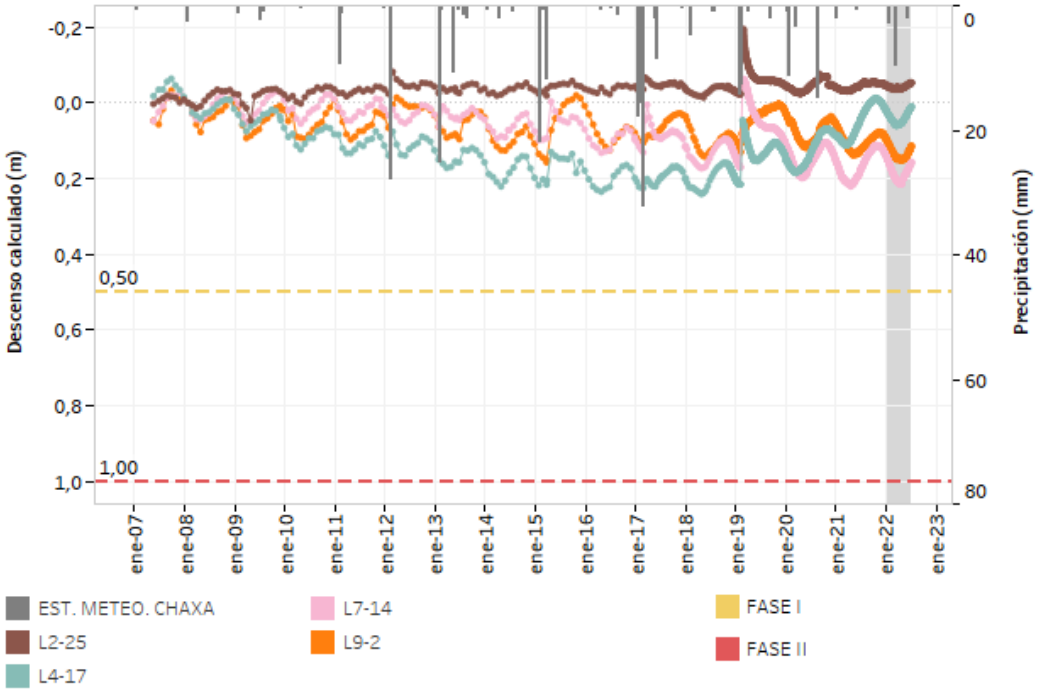
un comportamiento estable (descenso nulo), desde aproximadamente mayo de 2021, a la vez que ha empezado a reproducir oscilaciones estacionales, que previamente no se veían. Así de esta forma, se estima que estos cambios sean debidos a la reducción de la extracción de los pozos Allana y Mullay-1.

Figura 6-142: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC



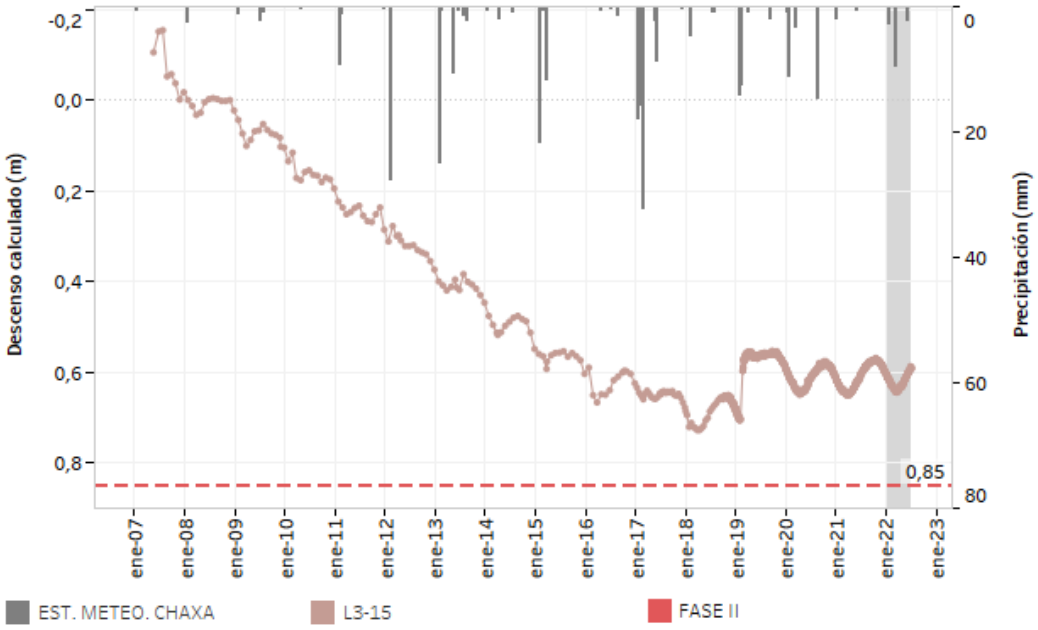
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-143: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-144: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

7 CONCLUSIONES

El PSAH del proyecto "Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama" calificado favorablemente mediante la RCA N°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 enero y el 30 de junio del año 2022 se efectuaron campañas de monitoreo de todos los puntos incluidos en el PSAH. No obstante, no fue posible obtener resultados en la red completa de puntos de control, y en ocasiones no se pudo monitorear según la frecuencia establecida, todo 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 primer semestre de 2022 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 mostrado durante este semestre la tendencia esperada de descenso, con algún leve pulso de ascenso producto de la precipitación

del mes de marzo (2022). Los de Tipo Aluvial, influenciados por la extracción de agua industrial, han mantenido las tasas de descenso con respecto el anterior semestre, no obstante, en numerosos puntos se están mostrando respuestas a la detención o disminución de la extracción de los pozos de agua industrial Allana, Mullay-1 y Camar-2. Las respuestas observadas han sido en forma de disminución de las tasas de descenso, en algunos casos de estabilización (descenso nulo) y en otros en forma de ascenso promedio de los niveles. Se ha observado incluso que algunos puntos han empezado a mostrar oscilación estacional cuando previamente no se había registrado. Estas respuestas se han observado incluso en puntos clasificados como transicionales aluvial-marginal.

De los puntos influenciados por los cuerpos de agua superficiales (sistema Soncor y Peine) 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 mínimo 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 activa la Fase II por primera vez en este punto, en enero (2022). Destaca que este punto se encuentra desconectado hidráulicamente del acuífero aluvial, por lo que no se considera un buen indicador de estado para el seguimiento de los efectos provenientes de la extracción de agua. Por otro lado, el informe de efectividad de la medida da cuenta de que los pozos del acuífero aluvial y aquellos que se encuentran cercanos sí están mostrando respuesta a la reducción de extracción de agua.

En el Sistema Aguas de Quelana se produjo la activación de Fase II del indicador L5-10 durante el semestre pasado, en diciembre 2021, lo cual fue reportado en el informe PSAH Nº 30. Próximo al cierre del informe el nivel ascendió, desactivando temporalmente la Fase II. Es en septiembre (2022) que se produce de

nuevo la activación del indicador. Los informes de investigación elaborados llevan a que las causas de este descenso son producto del efecto de las extracciones de salmuera de SQM y en menor medida las extracciones de Albermale, junto con el agravante del periodo de escasas lluvias en el cuenca que se viene dando entre 2020 y 2022. Los informes de efectividad de la medida dan cuenta de que se requiere de un mayor tiempo para comprobar los efectos de la reducción de salmuera sobre el entorno del indicador.

Del sistema de Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa, el indicador L2-27 activa la Fase I en enero (2022) y luego, en febrero (2022) la Fase II. Esta situación se da producto de que en esta época del año, el pozo reproduce su mínimo estacional. Posteriormente, durante la recuperación hacia el máximo estacional, en junio sale de Fase I y Fase II cerrando así el semestre sin ninguna de las fases activadas. Los análisis presentados, asocian este comportamiento al efecto de la extracción de agua desde los pozos de bombeo. No obstante, es posible que el pozo indicador pueda estar ya mostrando una respuesta frente a la disminución de la extracción en el acuífero aluvial.

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, en septiembre (2021) se produjo la primera activación del sistema, en el indicador L10-11. Posteriormente, en febrero (2022) ya dentro del presente semestre reportado, se produjo la activación de un segundo indicador en este caso el 1028. Durante el mes de marzo se produjeron una serie de pequeños eventos de lluvia que produjeron un aumento de los niveles en estos indicadores, lo que supuso que, de forma temporal, los niveles ascendieran sobrepasando el umbral de Fase I y posteriormente retomar la pendiente de descenso, volviendo entonces a sobrepasar el umbral. Finalmente, en el mes mayo (2022) se produjo también la activación del tercer indicador, el L10-4.

Respecto los indicadores de estado PN-05B y PN-08 del PAT Sector Alerta Núcleo de Albermarle[50], SQM no ha recibido ninguna notificación por parte de la SMA sobre la activación de alguno de ellos.

De las variables meteorológicas

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. Sin embargo, durante los años 2012, 2015, 2017, 2019 se observan lluvias puntuales pero intensas. Durante el periodo a reportar, se han registrado eventos de precipitación en las estaciones Chaxa y KCL, estas son de mayor magnitud durante marzo registrando un máximo de 9,80 mm y 4,22 mm respectivamente. Por otro lado, se registraron precipitaciones de menores magnitudes durante los días 5 y 6 de junio de 2,30 mm y 0,10 mm para estación Chaxa y de 0,20 mm durante el 5 de junio en KCL. Las temperaturas promedio entre Chaxa y KCL para los últimos 12 años hidrológicos rodean los 15°C pese a que en estación Chaxa se note un leve aumento en las temperaturas, esta situación no ocurre en KCL, en sentido contrario se ve una disminución de sus magnitudes en los últimos tres años de un 1,55%, vale decir, uso 0,25°C menor al promedio histórico. La velocidad del viento y la evaporación se mantienen dentro de sus rangos históricos.

De la extensión lagunar

Si bien es cierto no se pudo realizar levantamiento de extensión lacustre por medio de estacas perimetrales para enero 2022 por periodo reproductivo de Flamencos, sí se realizó el cálculo de superficies vía imagen satelital de alta resolución.

[50] 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

Por otro lado, para abril 2022, ocurren simultáneamente mediciones de estacas perimetrales, levantamiento de perímetro lagunar mediante topografía de alta precisión (RTK) y recuperación de extensión lagunar vía imagen satelital, lo que ha permitido comparar resultados obtenidos. Los valores obtenidos son similares para el método con imagen de alta resolución y el levantamiento perimetral con RTK, mientras que la metodología de estacas perimetrales es la que ofrece resultados más distantes, lo que se considera menos representativos dada la imprecisión asociada a la propia metodología.

Debido al aumento de frecuencia de monitoreo de extensión lagunar de anual a trimestral (PdC, 2022), se han logrado establecer aumentos de superficie lacustre entre enero y abril del 2022, lo que da cuenta de la variabilidad intranual-estacional, y en donde el potencial de evaporación es el aparente factor de primer orden que influye en la extensión lacustre. Así de esta forma, se espera que con la nueva información capturada satelitalmente más las metodologías *in situ*, se pueda entender de mejor manera los factores controladores de los sistemas lacustres.

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. Con respecto a sus caudales, aforo Puente San Luis revelo su comportamiento estacional, destacando su aumento de caudal durante invierno y coincidiendo a su vez con las precipitaciones registradas el 05 y 06 de junio. En sentido opuesto, aforo Salada y Saladita solo fueron posible de medir durante abril a junio, por lo que, el limitado registro no permite evaluar el comportamiento para asignar estacionalidad o influencia en flujos superficiales debido a escorrentía por precipitación.

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 primer semestre de 2022 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 CA-2015 (Sistema Vegetación Borde Este) y el Socaire-5 (Sistema Aguas de Quelana). Durante el primer semestre de 2022 se han mantenido por debajo de los límites ambientalmente aprobados, donde el pozo CA-2015 registro un promedio de caudal de 31,20 L/s, donde el mayor volumen de caudal se registró durante febrero y el menor durante junio. En el mismo sentido el pozo Socaire 5, registro un caudal promedio durante este semestre de 56,14 L/s es decir un 13,63% de volumen menos del máximo permitido.

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 y solo se hace uso de su infraestructura para muestras y análisis de calidad química.

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. Se considera por tanto que no ha habido variación en cuanto a la profundidad, forma y pendiente de la interfaz durante el semestre reportado.

8 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 medidición (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.