SQM SALAR S.A.

INFORME Nº32 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A DICIEMBRE DE 2022

ÍNDICE

1 RESUMEN 22

2 INTRODUCCIÓN 30

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 35

4 MATERIALES Y MÉTODOS 36

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 36

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS OBJETO DEL PSAH 36

4.3 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES 42

4.4 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO 45

4.4.1 Sistema Soncor 48

4.4.2 Sistema Aguas de Quelana 59

4.4.3 Sistema Vegetación Borde Este 64

4.4.4 Sistema Peine 68

4.4.5 Sector Vegas de Tilopozo 72

4.4.6 Núcleo del Salar de Atacama 75

4.4.7 Cuña Salina 79

4.4.8 Plan de Contingencias 82

4.5 MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO 87

4.5.1 Monitoreo manual de nivel de agua y salmuera subterránea en piezómetros y pozos 88

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 97

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

4.5.6 Monitoreo manual de caudal superficial (aforos) 105

4.5.7 Monitoreo continuo de caudal superficial (aforos) 106

4.5.8 Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas 107

4.5.9 Perfilaje de conductividad eléctrica en pozos 116

4.6 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS 117

4.7 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS 117

5 RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE 2022 122

5.1 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO 124

5.1.1 Resumen de puntos no visitados 127

5.1.2 Sistema Soncor 132

5.1.3 Sistema Aguas de Quelana 190

5.1.4 Sistema Vegetación Borde Este 226

5.1.5 Sistema Peine 241

5.1.6 Sector Vegas de Tilopozo 270

5.1.7 Núcleo del Salar de Atacama 275

5.1.8 Cuña Salina 291

5.2 MONITOREO Y ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 299

5.2.1 Sistema Soncor 302

5.2.2 Sistema Aguas de Quelana 309

5.2.3 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa 313

5.2.4 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex 316

5.2.5 Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana 320

5.2.6 Sistema Peine 326

5.2.7 Pozos adicionales al Plan de Contingencias 333

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 339

6.1 ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL 339

6.1.1 Sistema Soncor – Vegetación Borde Este 343

6.1.2 Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este 420

6.1.3 Sistema Vegetación Borde Este – Sector pozo CA-2015 464

6.1.4 Sistema Peine 475

6.1.5 Sector Vegas de Tilopozo 502

6.1.6 Núcleo del Salar de Atacama 506

6.1.7 Cuña Salina 518

6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 534

6.2.1 Sistema Soncor 535

6.2.2 Sistema Aguas de Quelana 541

6.2.3 Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa 545

6.2.4 Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex 548

6.2.5 Indicadores de estado Sistema Peine 552

6.2.6 Sistema Borde Este - Alerta Temprana 556

6.2.7 Pozos Adicionales al Plan de Contingencia 561

7 CONCLUSIONES 565

8 REFERENCIAS 570

9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES 572

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSA Hidrogeológico . 39
Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama basado en la delimitación de las unidades hidrogeológicas (UH) 41
Figura 4-3: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH 47
Figura 4-4: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor..... 49
Figura 4-5: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente San Luis 56
Figura 4-6: Registro fotografico de Reglilla L7-G2 56
Figura 4-7: Diferencia de niveles de pozo y reglilla L7-G2 58
Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 60
Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este 65
Figura 4-10: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine..... 69
Figura 4-11: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo 73
Figura 4-12: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama 76
Figura 4-13: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 80
Figura 4-14: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este..... 85
Figura 4-15: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine..... 86
Figura 4-16: Esquema conceptual de pozos de monitoreo..... 90
Figura 4-17: Metodología para recuperación de extensión lacustre mediante imágenes satelitales de alta resolución. 100
Figura 4-18: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016..... 114
Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor..... 137
Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial 138
Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 141
Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros..... 144
Figura 5-5: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector oeste y sur de la laguna Chaxa 146

Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros 152
Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 156
Figura 5-8: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor 159
Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor 162
Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis 165
Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – niveles en las lagunas 167
Figura 5-12: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa 169
Figura 5-13: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 171
Figura 5-14: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor 174
Figura 5-15: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay-1 y Allana 176
Figura 5-16: Resultados de calidad del agua en agua superficial 179
Figura 5-17: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor 183
Figura 5-18: Caudales medidos en el punto Puente San Luis Aforo, del sistema Soncor 185
Figura 5-19: Mapa delimitación lacustre, sector Puilar. 187
Figura 5-20: Mapa delimitación lacustre, sector Chaxa. 188
Figura 5-21: Mapa delimitación lacustre, sector Barros Negros. 189
Figura 5-22: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 193
Figura 5-23: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 196
Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 200
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 204
Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas 208
Figura 5-27: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 211
Figura 5-28: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Aguas de Quelana 214

Figura 5-29: Mapas de extensión lagunar en Aguas de Quelana en julio (izquierda) y octubre (derecha) a misma escala gráfica..... 216
Figura 5-30: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 217
Figura 5-31: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 220
Figura 5-32: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2 , L4-10 y Socaire-5 222
Figura 5-33: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana 225
Figura 5-34: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este..... 230
Figura 5-35: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 234
Figura 5-36: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 235
Figura 5-37: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015..... 238
Figura 5-38: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este 240
Figura 5-39: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 244
Figura 5-40: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine..... 248
Figura 5-41: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 250
Figura 5-42: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine 254
Figura 5-43: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine 263
Figura 5-44: Aforos manuales Saladita y Salada..... 266
Figura 5-45: Mapa delimitación lacustre, laguna Salada, sector Peine..... 267
Figura 5-46: Mapa delimitación lacustre, laguna Saladita, sector Peine. 268
Figura 5-47: Mapa delimitación lacustre, laguna Interna, sector Peine. 269
Figura 5-48: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo..... 272
Figura 5-49: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo..... 274
Figura 5-50: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo 278
Figura 5-51: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo..... 282
Figura 5-52: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo 284
Figura 5-53: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL 286
Figura 5-54: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama 289

Figura 5-55: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo 290
Figura 5-56: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina 293
Figura 5-57: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2022..... 296
Figura 5-58: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a Diciembre de 2022..... 297
Figura 5-59: Registro de CE para los pozos L10-1, Cuña 6 y Cuña 7 a junio 2022 298
Figura 5-60: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes..... 305
Figura 5-61: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes..... 306
Figura 5-62: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes..... 308
Figura 5-63: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 312
Figura 5-64: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa 315
Figura 5-65: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex 319
Figura 5-66: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 322
Figura 5-67: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 323
Figura 5-68: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 324
Figura 5-69: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente..... 325
Figura 5-70: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine 330
Figura 5-71: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine 331
Figura 5-72: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine 332
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..... 336

Figura 5-74: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 337
Figura 5-75: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 338
Figura 6-1: Infraestructura englobada en el sistema Soncor – Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 344
Figura 6-2: Niveles medidos en los puntos del sector Tambillo 346
Figura 6-3: Descensos calculados de los puntos del sector de Tambillo 347
Figura 6-4: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor 348
Figura 6-5: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 351
Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar 353
Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís 355
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa 356
Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros 357
Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros 359
Figura 6-11: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial 361
Figura 6-12: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal 363
Figura 6-13: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15, L1-16, L7-10 y L7-11) 365
Figura 6-14: Detalle de los niveles medidos en los puntos L1-16, RC-1 y la Reglilla Chaxa 366
Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10) 367
Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-6, L1-7 y L2-5) 368
Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez 370
Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez 371

Figura 6-19: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1)..... 373
Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2)..... 374
Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor..... 375
Figura 6-22: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor 377
Figura 6-23: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en el cuerpo principal de Barros Negros – Soncor..... 378
Figura 6-24: Superficie histórica de laguna Chaxa – Soncor 378
Figura 6-25: Superficie histórica de superficie lacustre en laguna Puilar – Soncor 379
Figura 6-26: Meteorología Estación Chaxa..... 382
Figura 6-27: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)..... 383
Figura 6-28: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4 385
Figura 6-29: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4 386
Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5 387
Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6 388
Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3 389
Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5 390
Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3 391
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6)..... 392
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14..... 393
Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla..... 394
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1..... 395
Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1..... 398
Figura 6-40: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana 401
Figura 6-41: Diagrama de Piper para los puntos Mullay-1 y Allana 404
Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto..... 406
Figura 6-43: (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto .. 407
Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa 408
Figura 6-45 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa 409
Figura 6-46 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa 410
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros..... 411

Figura 6-48: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar 414
Figura 6-49: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor 416
Figura 6-50: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros 417
Figura 6-51: Registro de mediciones en el aforo de Puente San Luis 419
Figura 6-52: Registro de mediciones en el aforo de Barros Negros 419
Figura 6-53: Infraestructura englobada en el sistema Aguas de Quelana y clasificada según comportamiento de los niveles 421
Figura 6-54: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana 423
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 425
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 428
Figura 6-57: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana 429
Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13) 432
Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3) 433
Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L14) 434
Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L4) 435
Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5) 437
Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13) 438
Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3) 439
Figura 6-65: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14) 439
Figura 6-66: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4) 440

Figura 6-67: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5) 440
Figura 6-68: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana 442
Figura 6-69: Comparación de superficie lagunar con datos de evaporación, estación Chaxa. 443
Figura 6-70: Comparación entre extensión lacustre y datos de precipitación entre años 2005 y 2022. 443
Figura 6-71: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial) 444
Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3 446
Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6 447
Figura 6-74: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8 448
Figura 6-75: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9 449
Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12 450
Figura 6-77: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3 451
Figura 6-78: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 452
Figura 6-79: (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 453
Figura 6-80: (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 454
Figura 6-81: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10 456
Figura 6-82: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2 457
Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B 460
Figura 6-84: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5 . 463
Figura 6-85: Infraestructura englobada en el sistema Vegetación Borde Este y clasificada según comportamiento de los niveles 465
Figura 6-86: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al sistema de Vegetación Borde Este 467
Figura 6-87: Niveles medidos en el pozo CA-2015, actual pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este 467
Figura 6-88: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este 468
Figura 6-89: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial) 469
Figura 6-90: 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) 471

Figura 6-91: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017) 474
Figura 6-92: Infraestructura englobada en el sistema Peine y clasificada según comportamiento de los niveles 476
Figura 6-93: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine 478
Figura 6-94: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo 479
Figura 6-95: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine 481
Figura 6-96: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine 482
Figura 6-97: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Salada 483
Figura 6-98: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Saladita 484
Figura 6-99: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en laguna Interna. 484
Figura 6-100: Diferencias en delimitación de superficie lacustre en zona sur de laguna Saladita 486
Figura 6-101: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1 488
Figura 6-102: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4 489
Figura 6-103: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028 490
Figura 6-104: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada 492
Figura 6-105: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita 495
Figura 6-106: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna 497
Figura 6-107: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10% 499
Figura 6-108: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna 500
Figura 6-109: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine 501
Figura 6-110: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles 502
Figura 6-111: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo 504
Figura 6-112: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 505
Figura 6-113: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles 506

Figura 6-114: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar 508
Figura 6-115: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle 509
Figura 6-116: 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 510
Figura 6-117: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar 511
Figura 6-118: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar 512
Figura 6-119: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar 513
Figura 6-120: Estación meteorológica KCL 6-515
Figura 6-121: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C 517
Figura 6-122: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001 517
Figura 6-123: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1) 520
Figura 6-124: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 2) 520
Figura 6-125: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este) 523
Figura 6-126: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este) 527
Figura 6-128: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste) 531
Figura 6-130: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 536
Figura 6-131: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 537
Figura 6-132: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 539
Figura 6-133: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 540
Figura 6-134: 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 542
Figura 6-135: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia 544
Figura 6-136: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia 547

Figura 6-137: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC 549
Figura 6-138: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC 551
Figura 6-139: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine..... 554
Figura 6-140: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine..... 554
Figura 6-141: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine..... 555
Figura 6-142: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 557
Figura 6-143: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 558
Figura 6-144: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 559
Figura 6-145: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC..... 560
Figura 6-146: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC 562
Figura 6-147: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC 563
Figura 6-148: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC 564

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe 33
Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia 34
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección 40
Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH 43
Tabla 4-3: Parámetros considerados en PSAH 45
Tabla 4-4: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor 50
Tabla 4-5: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 55
Tabla 4-6: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 61
Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este 66
Tabla 4-8: Puntos de monitoreo del Sistema Peine 70
Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo 74
Tabla 4-10: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama 77
Tabla 4-11: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 78
Tabla 4-12: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 80
Tabla 4-13: Piezómetros Indicadores de Estado del Plan de Contingencia 84
Tabla 4-14: Resumen de las metodologías de medición de nivel de agua subterránea 89
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 95
Tabla 4-17: Métodos y frecuencias para la medición de la superficie lagunar en el PSAH 97
Tabla 4-18: Características generales de imágenes satelitales de alta resolución, utilizadas en los informes PSAH 98
Tabla 4-19: Relación número serial del flujómetro con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 103
Tabla 4-20: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 106
Tabla 4-21: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 107
Tabla 4-22: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 108

Tabla 4-23: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales 109
Tabla 4-24: Rangos según SDT para definición de agua dulce, transición y salmuera. 113
Tabla 4-25 Clasificación de tipos fluidos en base a TSD, CE y Densidad. 115
Tabla 5-1: Detalle de la frecuencia y el responsable de las mediciones según éstas sean comprometidas o tomadas de forma voluntaria 124
Tabla 5-2: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de ingreso a RNF . 129
Tabla 5-3: Resumen de correspondencia emitida para la concesión de permisos de las comunidades 131
Tabla 5-4: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor 133
Tabla 5-5: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor 135
Tabla 5-6: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 137
Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 140
Tabla 5-8: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 140
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros 142
Tabla 5-10: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 143
Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa 145
Tabla 5-12: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 146
Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez ... 148
Tabla 5-14: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 151
Tabla 5-15: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 154
Tabla 5-16: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 155
Tabla 5-17: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector norte 157
Tabla 5-18: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor 158
Tabla 5-19: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 159
Tabla 5-20: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor 161
Tabla 5-21: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 162
Tabla 5-22: Registro de niveles en reglillas del Sistema Soncor – subsector del Puente San Luis 164
Tabla 5-23: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 164
Tabla 5-24: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor 166

Tabla 5-25: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 167
Tabla 5-26: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa 168
Tabla 5-27: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 170
Tabla 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Soncor 173
Tabla 5-29: Resultados calidad del agua en pozos de extracción 175
Tabla 5-30 Resultados calidad del agua en agua superficial 178
Tabla 5-31: Resultados validación Soncor 182
Tabla 5-32: Resultados aforos manuales en el punto de Aforo Barros Negros y Puente San Luis 184
Tabla 5-33. Superficies lacustres obtenidas para el segundo semestre 2022 186
Tabla 5-34: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 192
Tabla 5-35: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 193
Tabla 5-36: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 195
Tabla 5-37: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 196
Tabla 5-38: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B..... 198
Tabla 5-39: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 200
Tabla 5-40: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de los cuerpos de agua 202
Tabla 5-41: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 203
Tabla 5-42: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas 206
Tabla 5-43: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 208
Tabla 5-44: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana..... 210
Tabla 5-45: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 210
Tabla 5-46: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana 213
Tabla 5-47: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 214
Tabla 5-48: Superficie lacustre para el segundo semestre de 2022 en Aguas de Quelana. 215
Tabla 5-49: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 217
Tabla 5-50: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 219
Tabla 5-51: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B, Camar-2 y L4-10 221

Tabla 5-52: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana 224
Tabla 5-53: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 228
Tabla 5-54: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 229
Tabla 5-55: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 232
Tabla 5-56: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 233
Tabla 5-57: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 235
Tabla 5-58: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015 237
Tabla 5-59 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este. 239
Tabla 5-60: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine 241
Tabla 5-61: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine 243
Tabla 5-62: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 244
Tabla 5-63: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine 246
Tabla 5-64: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 247
Tabla 5-65: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine 249
Tabla 5-66: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 250
Tabla 5-67: Resultados calidad del agua en pozos del sistema Peine 253
Tabla 5-68: Resultados calidad del agua en cuerpos lagunares del sistema Peine. 256
Tabla 5-69 Resultados de la validación en el sistema Peine. 262
Tabla 5-70: Resultados aforos manuales Saladita y Salada 265
Tabla 5-71: Superficies Lacustres segundo semestre 2022 Peine. 267
Tabla 5-72: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 271
Tabla 5-73: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 272
Tabla 5-74: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 273
Tabla 5-75: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 274
Tabla 5-76: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo 277
Tabla 5-77: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 278
Tabla 5-78: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo 280
Tabla 5-79: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 281
Tabla 5-80: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo 283
Tabla 5-81: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 283
Tabla 5-82: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL 285

Tabla 5-83: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama 288
Tabla 5-84: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina 291
Tabla 5-85: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina 292
Tabla 5-86: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa 293
Tabla 5-87: Puntos singulares obtenidos de los perfiles CE del presente semestre 295
Tabla 5-88: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno 299
Tabla 5-89: Estado del Plan de Contingencias 301
Tabla 5-90: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 304
Tabla 5-91: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 311
Tabla 5-92: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del 314
Tabla 5-93: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este- Vegetación Brea-Atriplex 317
Tabla 5-94: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes 321
Tabla 5-95: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine 329
Tabla 5-96: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias 333
Tabla 5-97: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este 335

LISTADO DE ANEXOS

Nombre Anexo		Tipo documento
Anexo 1	RESPONSABLES Y PARTICIPANTES	pdf
Anexo 2	CATASTRO INFRAESTRUCTURAS PSAH	pdf
Anexo 3	METODOLOGIAS	
Anexo 3.1	Instructivos y procedimientos	pdf
Anexo 3.2	Certificaciones y calibraciones de equipos utilizados (no LT)	pdf
Anexo 3.3	Certificados calibración *Level troll* (LT)	pdf
Anexo 3.4	Curriculums monitoreos SQM	pdf
Anexo 4	COMUNICACIONES, ORDINARIOS Y RESOLUCIONES	
Anexo 4.1	Gestión ingreso a RNF	pdf
Anexo 4.2	Gestión ingreso a Sistema Peine	pdf
Anexo 4.3	Gestión de ingreso a Tambillo	pdf
Anexo 4.4	Cartas activación de fase	pdf
Anexo 5	NIVEL AGUA SUBTERRÁNEA y SUPERFICIAL	
Anexo 5.1	Informes ETFAS	pdf
Anexo 5.2	Niveles formato RES.894	.xls
Anexo 6	CALIDAD QUÍMICA	
Anexo 6.1	Informes ETFA	pdf
Anexo 6.2	Calidad de Agua resultante formato RES. 894	.xls
Anexo 6.3	Perfiles de conductividad	.xls
Anexo 7	CAUDAL AGUA INDUSTRIAL *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 8	CAUDAL AGUA SUPERFICIAL	
Anexo 8.1	Informes ETFA	pdf
Anexo 8.2	Caudal agua superficial formato RES 894	.xls
Anexo 9	VARIABLES METEOROLOGICAS	
Anexo 9.1	Resultados variables meteorológicas	pdf
Anexo 9.2	Informe para el relleno de series	pdf
Anexo 10	EXTENSIÓN LAGUNAR	
Anexo 10.1	Resultados tabulados extensión lagunar	pdf
Anexo 10.2	Cálculo de superficie lacustre vía imágenes satelitales y estacas perimetrales	pdf
Anexo 10.3	Tabla extensión lacustre histórica Aguas de Quelana	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 4.3 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
Anexo 13	Workspace Proyecto GIS	.qgz

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 de julio a diciembre 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 Exenta Nº226/2006 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), características fisicoquímicas de las aguas, mencionadas desde ahora por su variable de calidad química permitiendo definir los parámetros fisicoquímicos en términos generales. Además, se presentan los registros y análisis de 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°187/2022, 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 agua 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 el proyecto. Sin desmedro de lo anterior, esta dinámica también puede verse influenciada por fenómenos locales identificados en la cuenca.

[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.

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, que corresponde a la operación normal conforme al considerando 8.3.7 para el periodo reportado. No obstante lo anterior, conforme a la aplicación del plan de contingencia establecido en el considerando 11 de la RCA226/2006, habiéndose activado la fase II para indicadores del plan de contingencia de los sistemas Soncor y Aguas de Quelana en el periodo reportado aplica un caudal de contingencia de 1250 L/s. Adicionalmente, cabe considerar que 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 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 y de acuerdo al aprobado Plan de Cumplimiento. En el periodo reportado, de acuerdo a la etapa del proyecto se encuentra con una extracción neta promedio anual de salmuera de 1.250 L/s de acuerdo a la RCA 226/2006, y conforme a la acción 8 del PdC (“Reducir progresivamente el caudal

máximo de extracción de salmuera autorizado"), el caudal de extracción para el periodo reportado no puede superar un máximo de 1245,02 L/s. El periodo reportado se conforma de dos secciones, la primera que abarca desde el 1 de julio de 2022 al 12 de agosto del 2022 (año ambiental XV) y la segunda desde el 13 de agosto del 2022 al 31 de diciembre de 2022 (Año ambiental XVI), el caudal promedio ponderado considerando ambos periodos correspondió a 401,66 L/s, lo que se encuentra dentro de los caudales máximos establecidos por la RCA y el PdC.

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.

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[3]). 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.

Cabe señalar que en el segundo semestre de 2022 se han empezado a establecer restricciones de ingreso a otros sectores de la cuenca por parte de las comunidades que reclaman el control de ciertas áreas del territorio. Adicional a los polígonos RNF, diversos sectores del territorio, que abarcan los sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Borde Este, Peine y Tilopozo, cuentan hoy con un régimen de acceso restringido por parte de comunidades atacameñas, que otorgan su autorización previa para la realización de actividades de seguimiento. SQM ha mantenido canales de comunicación con cada uno de estos actores con el objetivo de solicitar los permisos necesarios que permitan el monitoreo ambiental de los sistemas. Se remarca que esta nueva dinámica ha reducido las opciones de SQM para poder alcanzar a realizar las acciones necesarias para el cumplimiento de los distintos compromisos ambientales.

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.

[3] Acción 5 del PdC Refundido, aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016. La disminución de caudal responde a activaciones en Peine y Aguas de Quelana

Es necesario mencionar que las mediciones durante este segundo 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 (julio a diciembre 2022) en el Sistema Soncor se ha mantenido la activación de Fase II en los indicadores de estado L1-5 y L1-G4 reglilla, que se produjo durante el primer semestre de 2021 y que, por tanto, fue reportado en el Informe N.º 29 del PSAH. Esta activación se vincula al cambio de la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros, que dio lugar a la primera activación en mayo de 2018.

Durante el primer semestre de 2022 se verificó la activación de la Fase II del indicador L1-4, situación que se mantiene durante todo el segundo semestre de 2022. 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 en septiembre de 2022. Los informes de investigación elaborados y presentados en octubre de 2022 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 dado el contexto del compromiso ambiental adquirido en el PdC.

Por otro lado, el indicador L2-27 activa la Fase I en enero de 2022 y luego, en febrero de 2022 la Fase II. Esta situación se dio 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, conservándose así, sobre fase I durante todo el segundo semestre de 2022.

Respecto del sistema Peine, durante este semestre en reporte se mantiene la activación de Fase I de los tres indicadores, donde en abril de 2022 se produjo la activación de Fase I en el indicador L10-11 y posteriormente, en mayo (2022), se produjo la activación del segundo y tercer indicador, en este caso el 1028 y L10-4 respectivamente. 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). En resumen, de los informes HVES resultantes se ha obtenido 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 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 de forma resumida 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 en reporte.
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 en reporte.
iii. **L1-4 (Sistema Soncor):** Se produce la activación de la Fase I en junio 2021. La Fase II se produce dentro durante enero de 2022 y permanece así durante todo el semestre de 2022.
iv. **L5-10 (Sistema Aguas de Quelana):** en diciembre de 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 de 2022.

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

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 en reporte.

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 en reporte.

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

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

xii. **L10-4 (Sistema Peine):** en mayo de 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°32 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (en adelante PSAH) y tiene por objeto analizar y reportar la información recolectada durante el segundo semestre del año 2022 (periodo julio – diciembre 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), relacionados 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[4].

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, aquellas actividades con frecuencias menores a diarias deberán ser ejecutadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (en adelante ETFA) con autorización vigente, y aquellas diarias o con mayor frecuencia corresponde medir por el mismo titular. Para dar cumplimiento al decreto mencionado, y de acuerdo con la Res. Ex. Nº 127 de 2019[5], para el período objeto del presente reporte (segundo 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

[4] 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.

[5] Se deja sin efecto la Res. Ex N°127/2019 por revocación, desde la entrada en vigencia del acto administrativo Res Ex N°574/2022. La derogación de esta norma toma efecto desde el 25 de abril de 2022.

personal de SQM desde el 06 de septiembre de 2022. Por su parte, los muestreos, mediciones y análisis de calidad del agua fueron realizadas por la ETFA ALS ALS Life Sciences Chile.

En caso de obtenerse permiso para 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 ALS Environmental dados los cortos tiempos entre el aviso y el ingreso, los muestreos fueron realizados por la ETFA SEGEA[6]

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.

A efectos del titular, SQM, 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 de 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 e RNF. Mediante Resolución

[6] Con código de ETFA 040-01

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 y máximos permitidos 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 2022 y que se reportan a través del presente informe. Adicionalmente en el Anexo 1, se listan las personas participantes e involucradas en cada actividad.

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

Responsable y participantes	Actividad realizada
SQM Salar S.A.	Mediciones diarias de nivel freático, caudales de pozos de agua industrial y perfiles de conductividad eléctrica. Mediciones en campo de parámetros fisicoquímicos[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

[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.

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

número de informe en que corresponde realizar la revisión del Plan de Contingencia, según lo establecido por la RCA Nº226/2006[9].

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	Entregado el 15 de febrero mediante carta GMAL 94/23
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	may-24	

Fuente: Elaboración propia.

[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.

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH)

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

El PSAH posee las siguientes características:

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

En particular, el presente informe tiene como objetivo presentar y analizar los resultados del PSAH durante el periodo julio a diciembre de 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 km^2. El núcleo del Salar, donde se ubican las faenas extractivas de salmuera, posee una superficie aproximada de 1.100 km^2, y está rodeado por una zona marginal de unos 2.000 km^2 de extensión aproximadamente. Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial que alberga un acuífero desde donde el titular 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

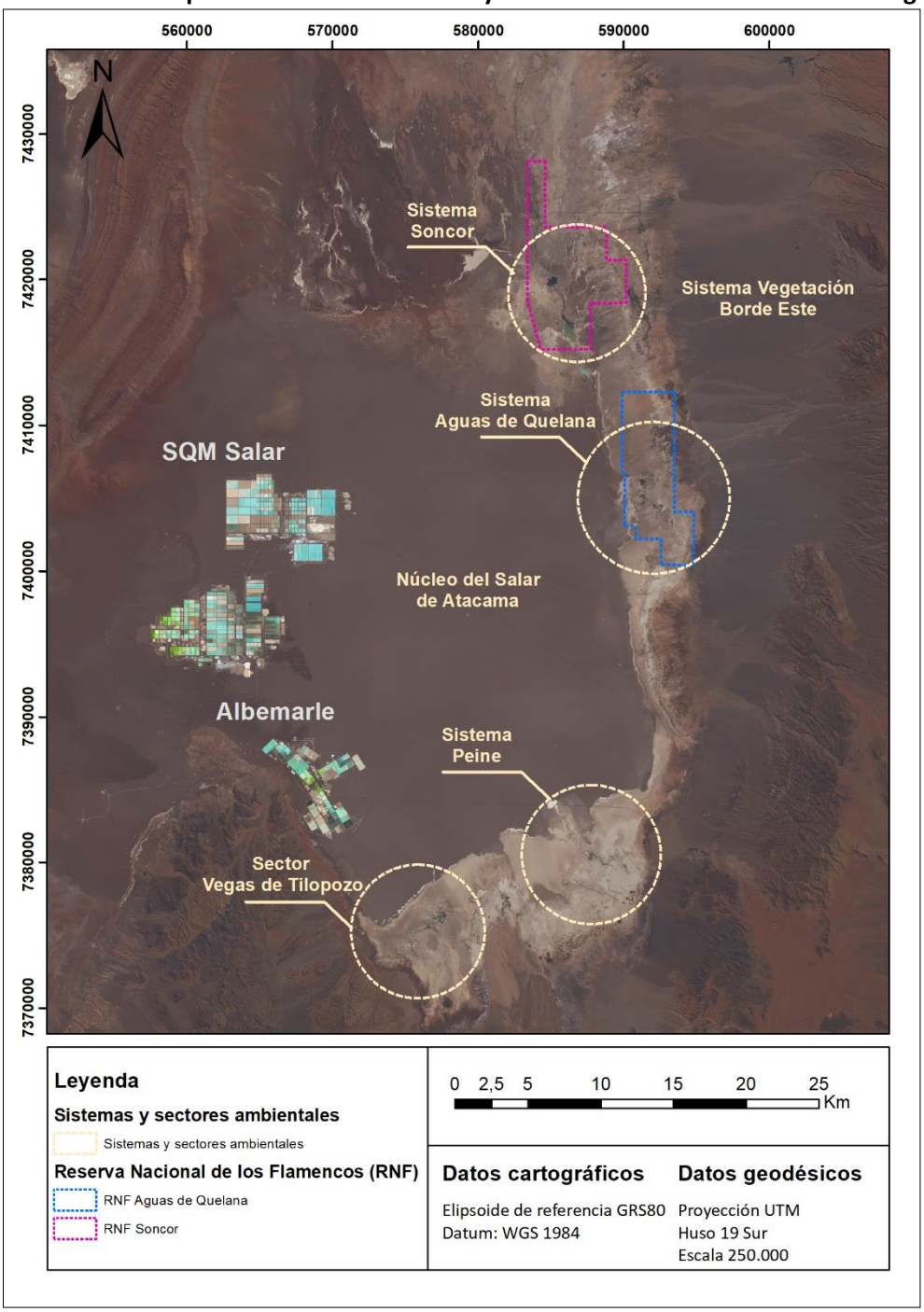
oeste de la laguna (conocido como Cola de Pez) y el otro al extremo sur de la misma (conocido como Desborde sur).

- **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. El desborde Interna corresponde a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna, y su extensión depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde la laguna Saladita en épocas de abundancia hídrica. Por esta misma razón, su forma y dimensión es errática, lo que impide un registro y seguimiento adecuado y continuo de niveles y superficie.
- **El Sector Vegas de Tilopozo** se encuentra al sur del núcleo del Salar de Atacama, en este sector el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie, lo que favorece la presencia de un ecosistema tipo vegas, donde destaca la Vega de Tilopozo. En este sector se encuentran las lagunas La Punta y La Brava.
- **El 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, mientras que la vegetación Brea-Atriplex se encuentra en los sectores donde sus raíces potencialmente pueden estar conectadas con el acuífero del Borde Este.
- **El 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** se define a partir de una zona de mezcla entre fluidos que presentan contraste de densidad, esta se debe a la interacción que ocurre entre el agua que fluye hacia el Núcleo del Salar desde la zona aluvial con la salmuera que se encuentra almacenada en las unidades hidrogeológicas del núcleo, el contacto entre estos tipos de fluido ocurre en la unidad hidrogeológica zona marginal. Asimismo, la red de monitoreo 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

Como resumen, en la Tabla 4-1 se indican los sistemas objeto de protección ambiental del PSAH asociados a la RCA N° 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 4-1 puede verse también los polígonos que delimitan la Reserva Nacional Los Flamencos, sectores Soncor y Aguas de Quelana.

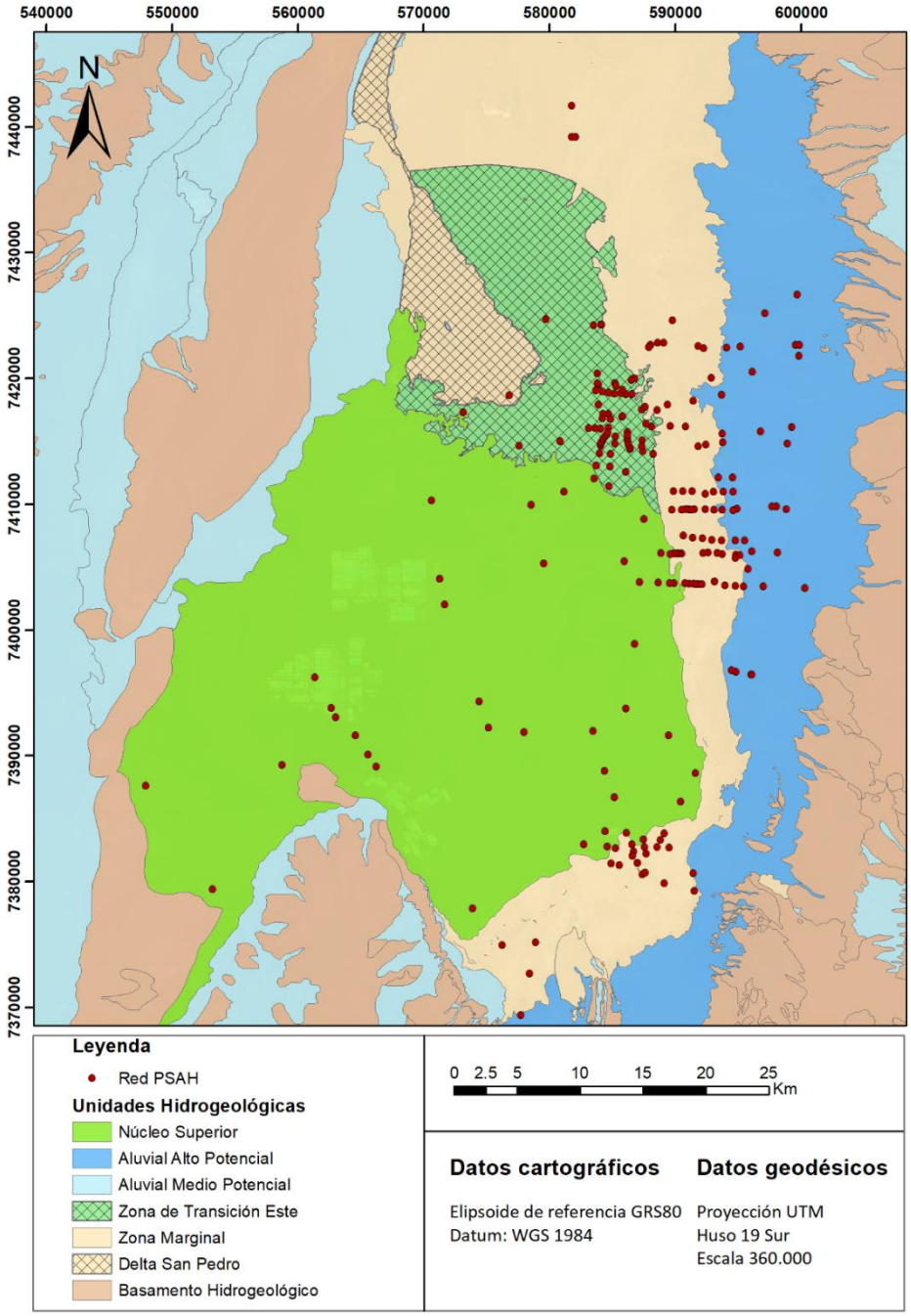
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección

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

Si bien para la elaboración del presente informe se clasifican los monitoreos meteorológicos como componente Aire, su objetivo dice relación con el complemento de la hidrología del sistema y por consiguiente no corresponde a un compromiso del componente Aire, quedando consignado en la RCA 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 los parámetros y las resoluciones (que indican el formado de entrega de la data) que se reportan en el presente informe y que parte del compromiso adquirido en la RCA Nº226/2006.

Cabe mencionar que la definición de la metodología, frecuencia y responsable de cada parámetro está determinada por la RCA N°226/2006 o lo comprometido en el Programa de Cumplimiento (PdC) F-041-2016, aprobado por Res. Ex. N°38/Rol F-041-2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente. Adicionalmente, desde septiembre de 2020 se dispone a la comunidad toda la información actualizada del seguimiento hidrogeológico a través del sitio web de libre acceso público https://www.sqmsenlinea.com/, tal como, monitoreo continuo de nivel (msnm) de pozos PSAH como indicadores de alerta de los Planes de Contingencia (PC), información de extracción de salmuera y de agua industrial y meteorología. Dado la aprobación del Plan de Contingencia los resultados del

seguimiento hidrogeológico incrementan su información de acuerdo a la frecuencia y responsable de medición tal como se muestra en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Formato de reportabilidad de la data	Método | Frecuencia | Responsable de la medición
Agua	Agua subterránea	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020	**Red PSAH:** Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM **Red PC**: Manual | Diaria | SQM[11] Continua | 1 min | SQM[12]
			Caudal bombeo	Res. Ex. N° 894/2020	Continua | Mensual | SQM
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Semestral | ETFA
	Agua superficial	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020[13]	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM
			Superficie Lacustre	Propio	RTK | 5 años | SQM Estacas | Trimestral | SQM Imágenes satelitales | Anual | SQM
			Caudal	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Manual | Trimestral | ETFA
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación Evaporación Velocidad del viento Temperatura	Propio	Continua |5 min | SQM

Fuente: Elaboración propia.

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.

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.

[11] Pese a la Resolución exenta N° 573 publicada en abril de 2022, SQM Salar continua realizando a través de ETFAS actividades de muestreo y/o medición en parámetros de nivel freático para puntos que no cuentan con umbral hasta septiembre 2022 y para actividades que se llevan a cabo de forma automatizada (ver anexo 3.2 y anexo 3.3 de certificaciones y calibración de equipos).

[12] 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.

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

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 código 040-01 en este caso (en el Anexo 4.5 se entrega email conforme la solicitud de nuevo presupuesto a SEGEA).

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.

Tabla 4-3: 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[14]	**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[15]	Manual | Mensual | ETFA Continua | 1 min | SQM	Manual | Mensual | SQM Continua | 1 min | SQM
			Superficie Lacustre[16]	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 226 puntos de monitoreo, de los cuales 73 corresponden a puntos de monitoreo existentes y con registros previos a la RCA Nº226/2006 y 153 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se encontraban todos habilitados el 31 de octubre de 2007. Todos los puntos de monitoreo corresponden a puntos fijos en el tiempo, a excepción

[14] La distinción entre los puntos que son medidos de forma manual y los que además están equipados para la medición continua, se encuentra detallado en el apartado 4.4 Ubicación de los puntos o áreas de Monitoreo.

[15] 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.

[16] La medición de superficies lagunares se realiza con varias metodologías, con frecuencias distintas y qué a su vez, hacen un uso combinado de técnicas manuales y automáticas. Se extiende el detalle en el apartado 4.5 Materiales, Equipos y Metodologías de monitoreo.

de la medición de superficies lacustres, donde los puntos de control[17] de los límites de las lagunas son variable en el tiempo a escala de años, pero fijos en la medición durante el semestre reportado y, en algunos casos, estos puntos forman parte de más de uno de los sistemas objeto de protección.

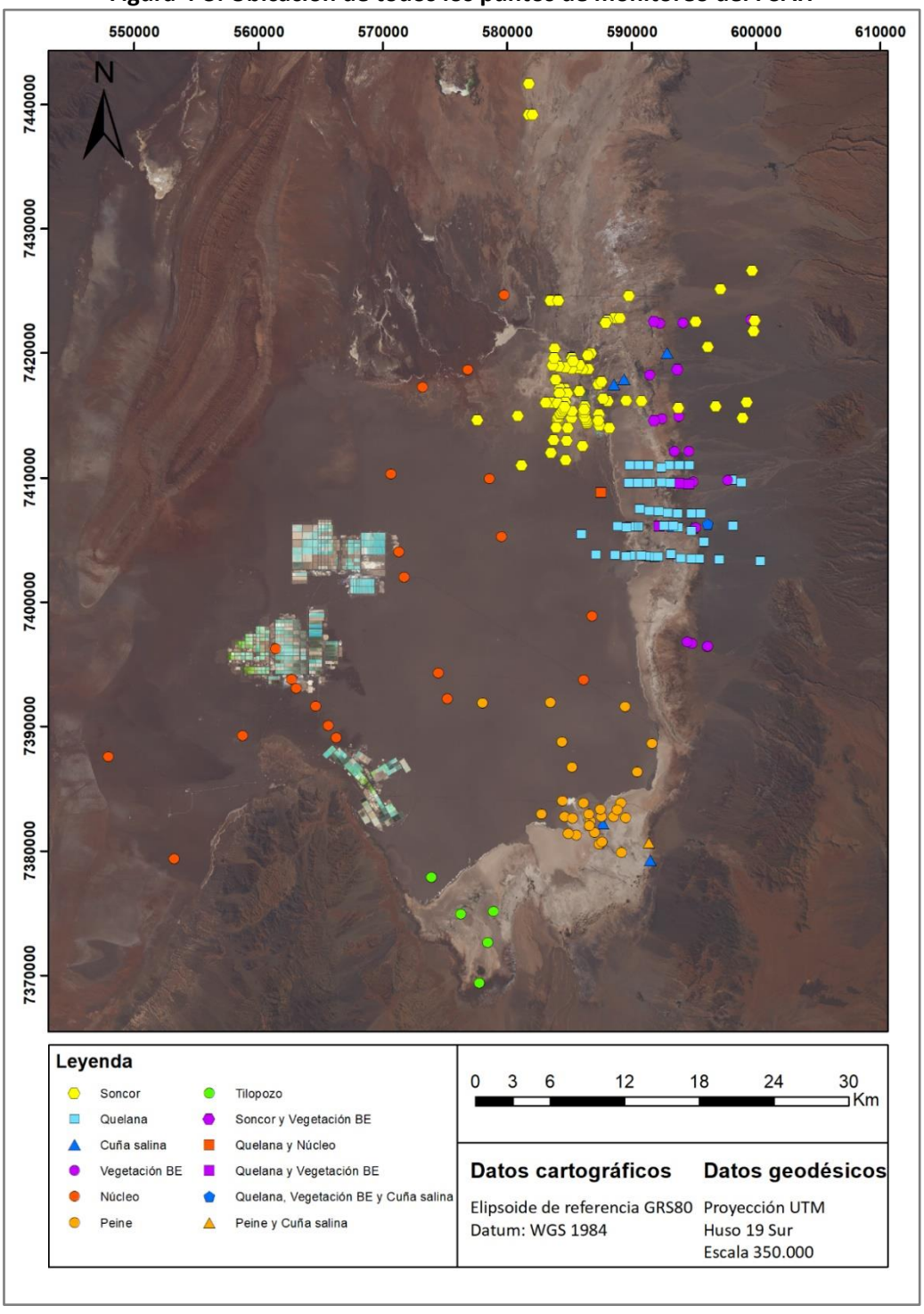
Los puntos de monitoreo del PSAH del proyecto se pueden clasificar en función de la variable ambiental objeto de monitoreo, de la siguiente manera:

- 196 pozos de monitoreo de nivel de agua/salmuera subterránea
- 5 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 Nº226/2006. Dichas coordenadas se levantaron en proyección UTM Huso 19S, considerando datum WGS 1984 y elipsoide de referencia GRS80.

[17] Punto de control variable de acuerdo a lo indicado en Res N°224/2010, dado que los límites de los objetos de protección presentan variabilidad en el tiempo de su área y extensión.

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



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

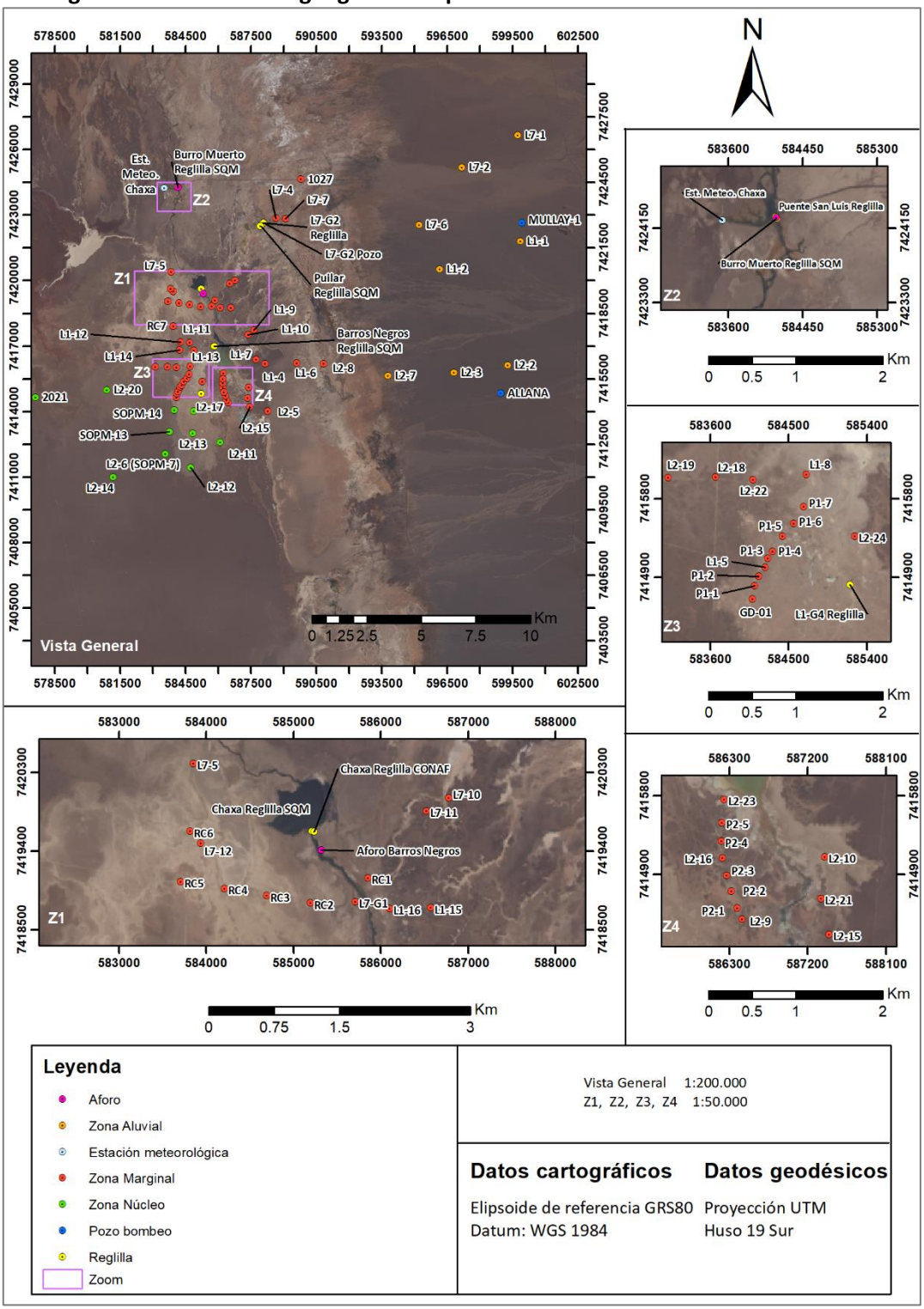
4.4.1 SISTEMA SONCOR

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

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo del sistema Soncor se muestra en la Figura 4-4, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. En la Tabla 4-4 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 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 4-4: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor[18]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L1-6	Pozo	7.416.216,460	589.607,280	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L1-7	Pozo	7.416.377,660	587.729,780	Nivel	Mensual
L1-8	Pozo	7.416.079,590	584.706,270	Nivel	Mensual
L1-9	Pozo	7.417.742,330	587.632,210	Nivel	Mensual
L1-10	Pozo	7.417.519,370	587.382,180	Nivel	Mensual
L1-11	Pozo	7.417.156,520	584.692,920	Nivel	Mensual
L1-12	Pozo	7.417.177,420	584.274,720	Nivel	Mensual
L1-13	Pozo	7.416.803,940	584.879,540	Nivel	Mensual
L1-14	Pozo	7.416.826,930	584.228,120	Nivel	Mensual
L1-15	Pozo	7.418.751,860	586.572,230	Nivel	Mensual
L1-16	Pozo	7.418.741,730	586.100,990	Nivel	Mensual
L2-7	Pozo	7.415.628,870	593.776,830	Nivel (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
L2-22	Pozo	7.416.018,440	584.095,060	Nivel	Mensual
L2-23	Pozo	7.415.762,070	586.243,780	Nivel	Continuo

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L2-24	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[19]	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
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

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
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[20]	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
Reglilla Chaxa CONAF[21]	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[22]	Reglilla	7.424.262,130	584.154,081	Nivel	Mensual
L11-G1	Reglilla	7.439.198,280	582.072,080	Nivel	Mensual

[20] 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 e informe PSAH N°31).

[21] 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).

[22] Las coordenadas mostradas en la tabla corresponden a la infraestructura repuesta, ya que la original se encontró caída durante el monitoreo del primer semestre 2022 (Informe PSAH Nº 31).

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

Fuente: Elaboración propia.

[23] Los pozos RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7 reemplazaron a las calicatas C1 a 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.

[24] De acuerdo al aprobado Programa de Cumplimiento durante el 29 de agosto de 2022, se compromete el aumento de frecuencia de monitoreo de anual a trimestral, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

Como se observa en la Tabla 4-4, 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 4-5.

Tabla 4-5: 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).

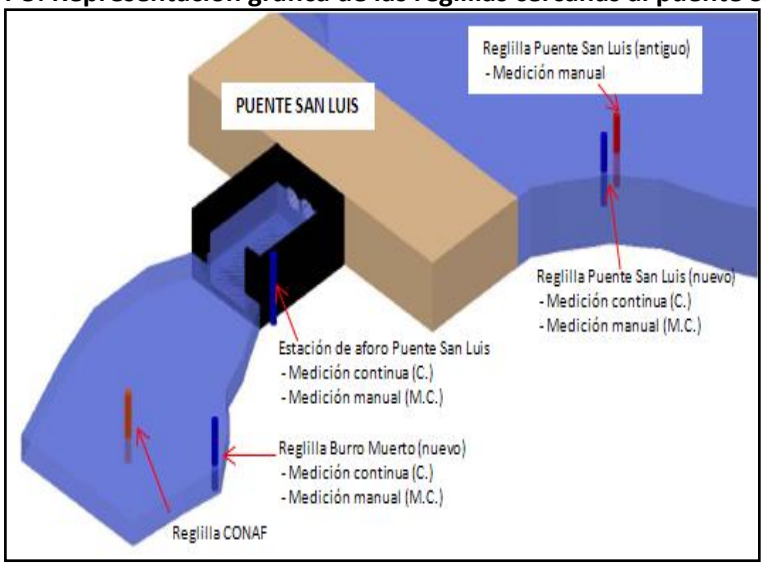
A modo explicativo, en la Figura 4-5 se presentan las reglillas y aforos instalados en el entorno del puente San Luis (Figura 4-5):

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.

Tal como también se ha anticipado en los últimos informes PSAH (PSAH N.º 29, PSAH N.º 30 y PSAH N.º 31), la infraestructura L7-G2 Reglilla del entorno de la laguna Puilar se encontró caída en la visita del día 21 de julio de 2021 (ver Figura 4-6. Este punto había sido medido por última vez el día 15 de junio de 2021, por lo que la caída debió producirse en el intervalo de estas dos fechas.

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.

Posteriormente, esta infraestructura fue restituida el día 17 de agosto de 2021, no obstante la obtención de la cota del punto de referencia de la nueva infraestructura repuesta, en términos de

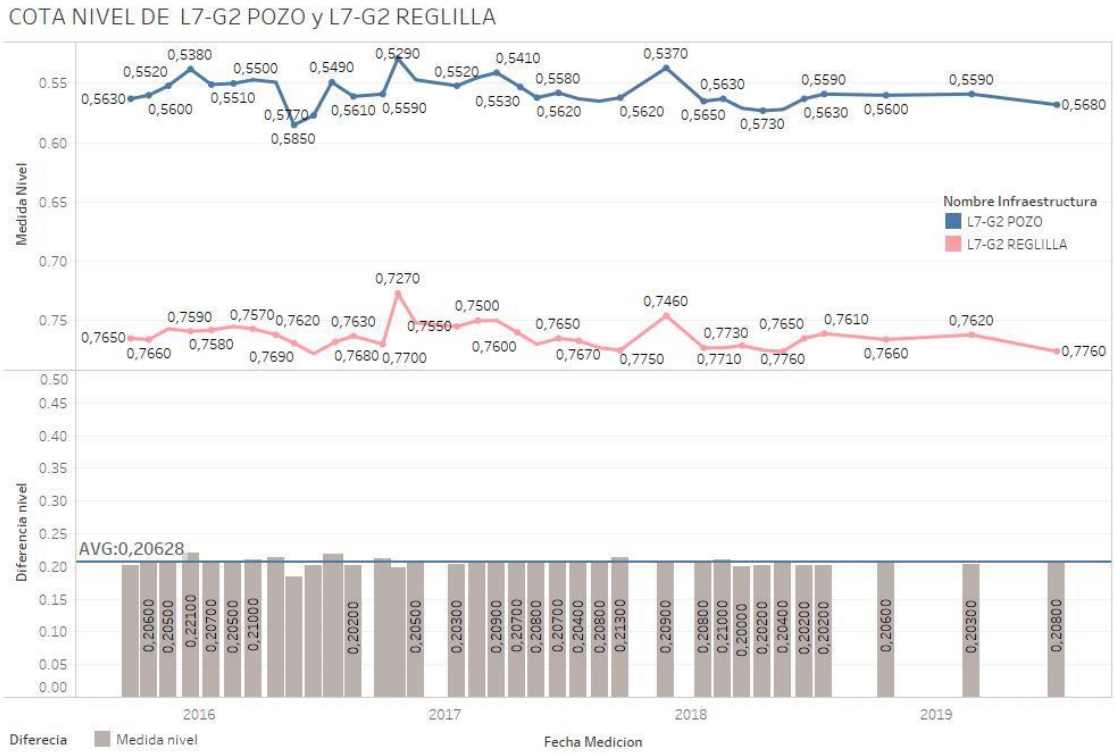
metros sobre el nivel del mar (m s.n.m), para el caso concreto de este entorno requiere de mediciones en varios hitos intermedios que precisan por tanto de una campaña extensa en tiempo y área de trabajo. Dado que el ingreso a Puilar se encuentra restringido por encontrarse dentro del sector Soncor de la RNF, restricciones de acceso establecidas por CONAF para el resguardo en periodo reproductivo de flamencos, no ha sido posible aún realizar la extensa campaña de mediciones que se precisa para obtener la cota del punto de referencia. Es por este motivo que todavía no se cuenta con la elevación de referencia del punto, la que permite calcular la cota de las mediciones efectuadas en la reglilla y obtener el nivel en m s.n.m.

En el intertanto, se ha optado por calcular una elevación del punto de referencia de la nueva infraestructura en base a criterios analíticos. Para estos efectos, se han considerado las mediciones históricas del pozo más cercano que lleva el mismo nombre, el L7-G2 Pozo, que se sitúa a 2 metros de la reglilla. Ambos puntos representan el nivel del agua que discurre por el canal de entrada de la laguna Puilar, igual que la Reglilla Puilar SQM y Reglilla Puilar CONAF, pero estos últimos se ubican a unos 200 metros aguas abajo del canal.

Ambas infraestructuras (L7-G2 Pozo y L7-G2 Reglilla) han mostrado un comportamiento y pendiente similar durante los registros históricos, tal como se muestra en la Figura 4-7. Esta tendencia se observa similar en las Reglillas Puilar (SQM y CONAF), lo que permite asegurar que en los cuatro puntos se mide el nivel del mismo cuerpo de agua y que, por tanto, se justifica el análisis comparativo, que se mantiene vigente incluso una vez caída la reglilla del L7-G2 Reglilla en julio de 2021.

La diferencia de magnitud entre las mediciones de nivel entre el pozo (L7-G2 Pozo) y la reglilla (L7-G2 Reglilla) presentan un valor histórico promedio de 0,206 m, diferencia que se mantiene durante la oscilación estacional en cada una de las infraestructuras. Al partir de la cota de referencia del L7-G2 pozo, de valor 2.301,750 m s.n.m, es posible obtener la cota de referencia de la nueva reglilla L7-G2 que se encontraría a 0,206 m sobre la cota de referencia del pozo, vale decir, a los 2.301,956 m s.n.m.

Figura 4-7: Diferencia de niveles de pozo y reglilla L7-G2



Fuente: elaboración propia

4.4.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

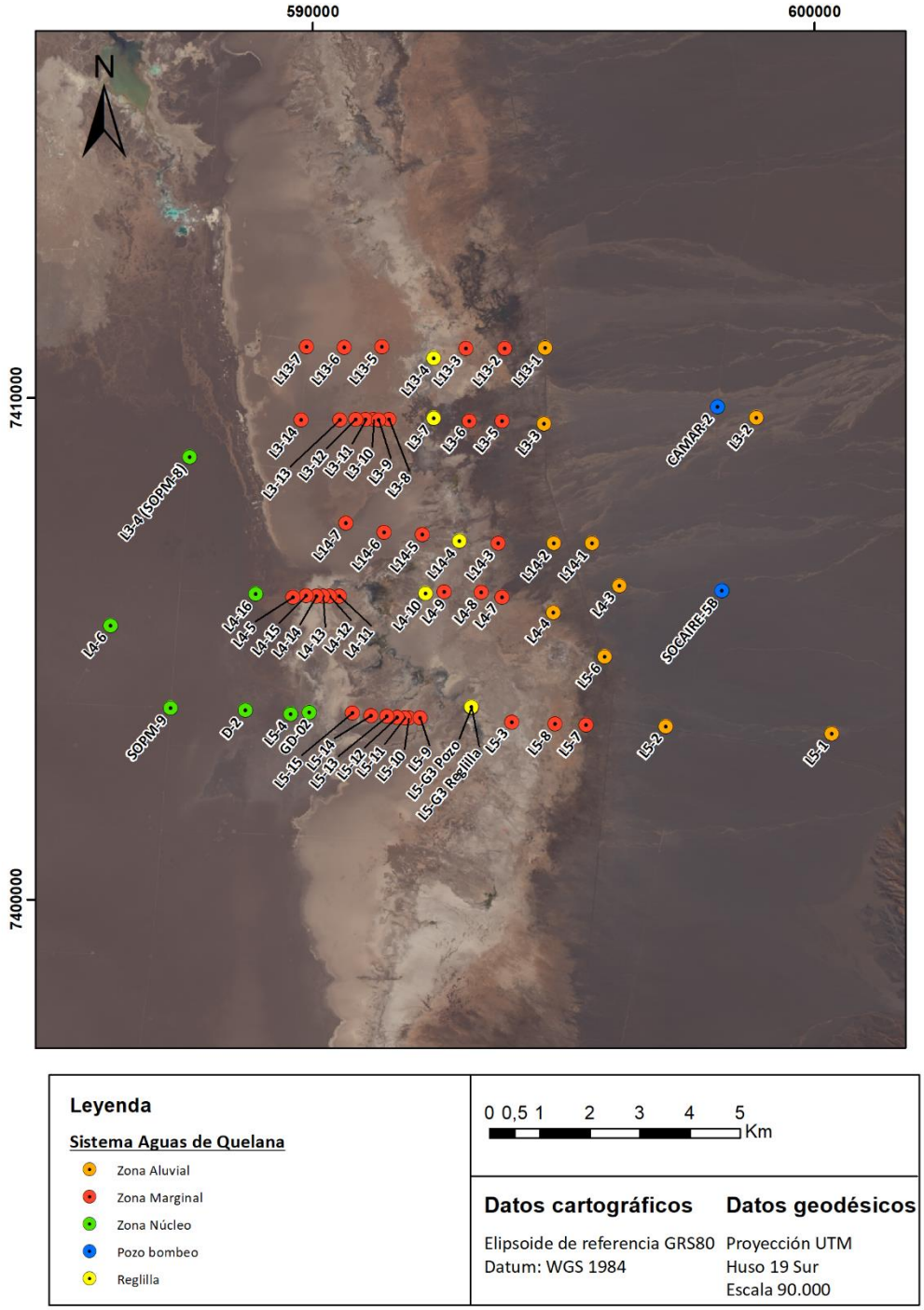
Los puntos que conforman la red de monitoreo del PSAH del Sistema Aguas de Quelana se ubica entre las coordenadas UTM 7.415.000 a 7.400.000 norte y 585.000 a 602.000 este aproximadamente.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-8. 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 la infraestructura de extracción de agua industrial del pozo Camar-2 fue desmantelada, tal como se describe en el informe N°30 y N°31 del PSAH, este se mantiene como un punto de seguimiento ambiental del sistema Aguas de Quelana, por lo que la medición manual de su nivel en este punto se ha mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria, al igual que las mediciones de calidad química.

Figura 4-8: 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[25]

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
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

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L14-3	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
L4-10	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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
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 4-5, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

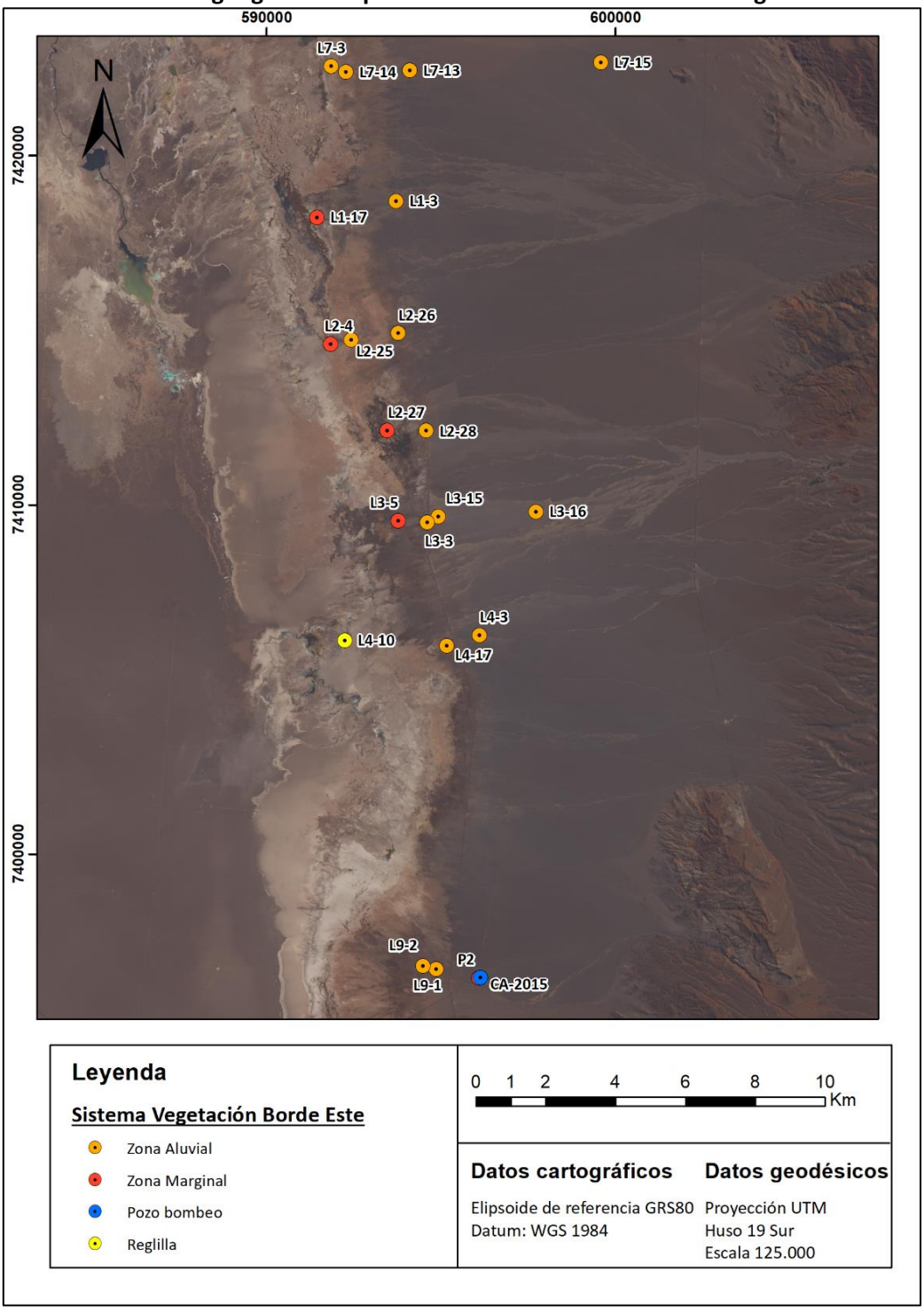
4.4.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

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 aproximadamente. La totalidad de ellos corresponde a puntos de monitoreo de nivel, reglilla y pozo de extracción de agua industrial.

En la siguiente Figura 4-9 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 y su simbología asociada de acuerdo al tipo de infraestructura; los puntos asociados a la zona hidrogeológica implican ser pozos de monitoreo en aquellas unidades. Del mismo modo en la Tabla 4-7 se indica las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y su frecuencia de medición.

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 4-9: 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[26]

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	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel (PC)	Diario
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[27]	Pozo	7.396.429,300	596.087,060	Nivel	Mensual

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

[27] 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.

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 4-5, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

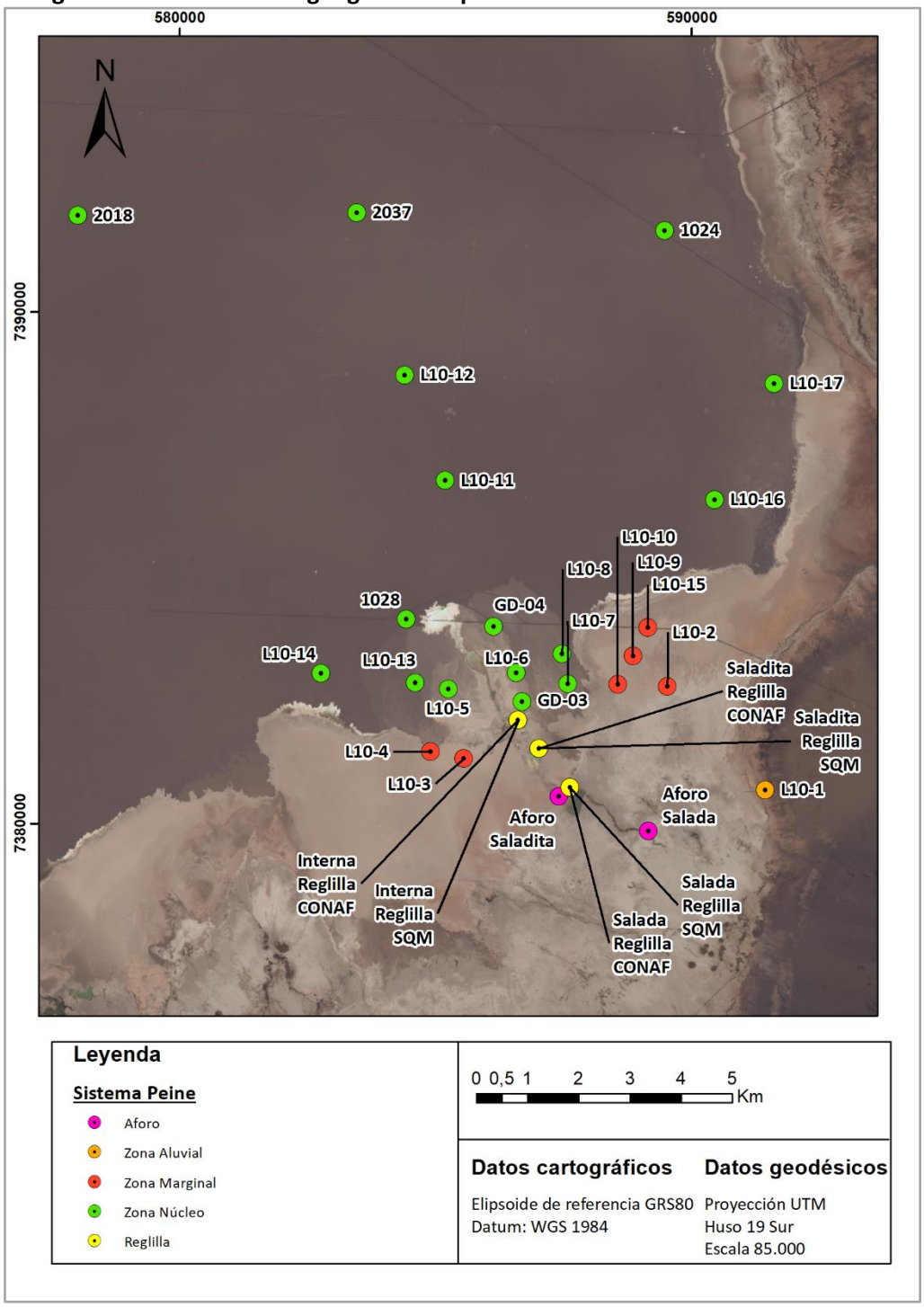
Aunque el pozo de extracción de agua industrial P2 fue reemplazado por el CA-2015, la medición mensual de nivel en este punto se ha mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria.

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 aproximadamente. 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 4-10. A continuación, en la Tabla 4-8 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-10: 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[28]

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
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

[28] Los 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.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
Laguna Salada	Laguna	7.380.706,645	587.624,464	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual[29]
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 4-8, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados Calidad 1 y Calidad 3 (en la Tabla 4-5, del apartado del Sistema Soncor, se detallan los analitos medidos en cada grupo).

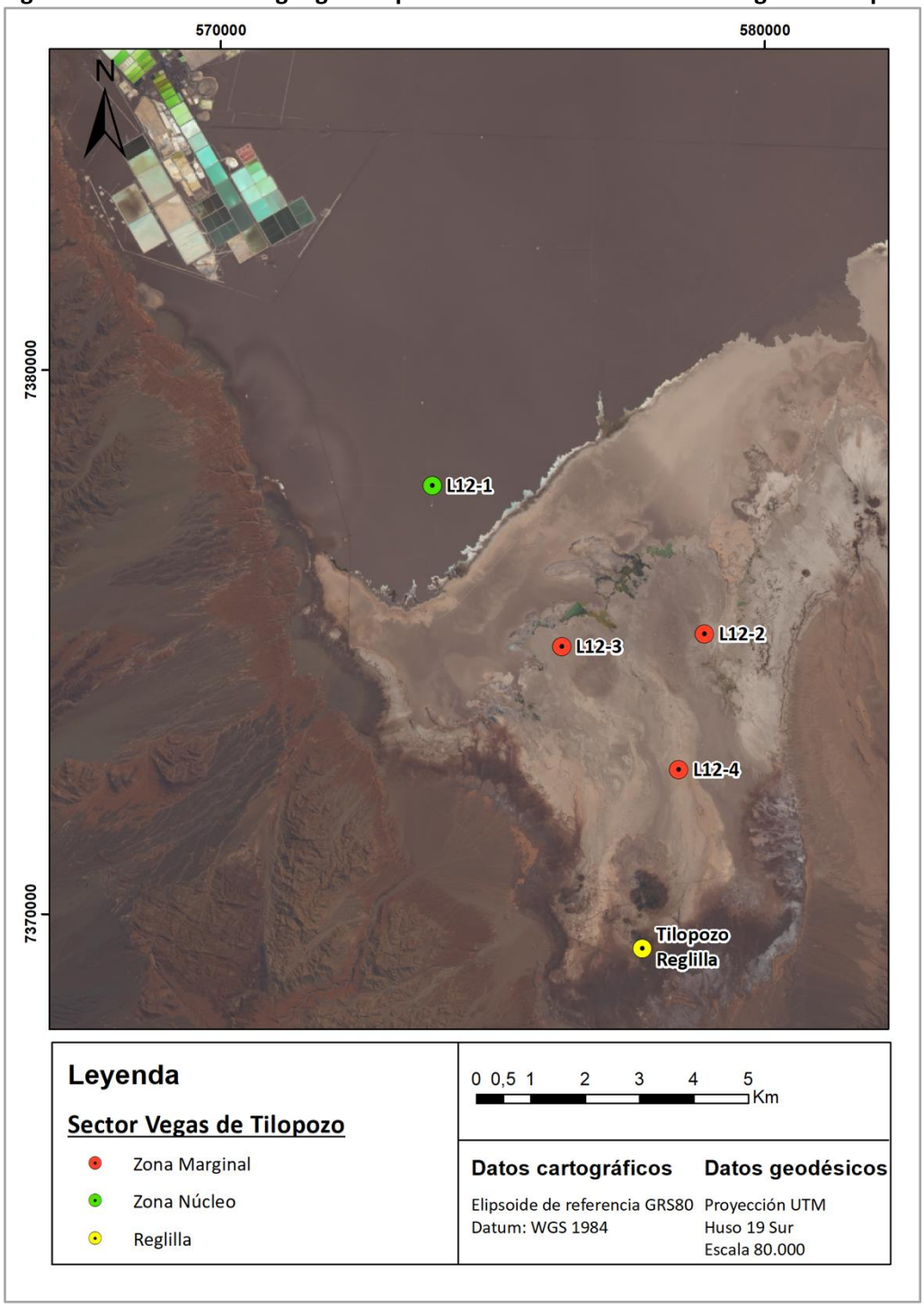
[29] Actualmente con PdC 2022, se compromete el aumento de frecuencia de monitoreo de anual a trimestral. PdC Refundido fue aprobado el 29 de agosto de 2022, según RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016.

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 aproximadamente. 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 4-11, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la continuación, en la Figura 4-2. En la Tabla 4-9 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectivas.

Figura 4-11: 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[30]	Pozo	7.377.872,510	573.891,040	Nivel	Mensual
L12-2	Pozo	7.375.144,820	578.896,150	Nivel	Mensual
L12-3	Pozo	7.374.917,350	576.268,700	Nivel	Mensual
L12-4	Pozo	7.372.652,700	578.423,070	Nivel	Mensual
Tilopozo	Reglilla	7.369.363,760	577.756,460	Nivel	Mensual

Fuente: Elaboración propia.

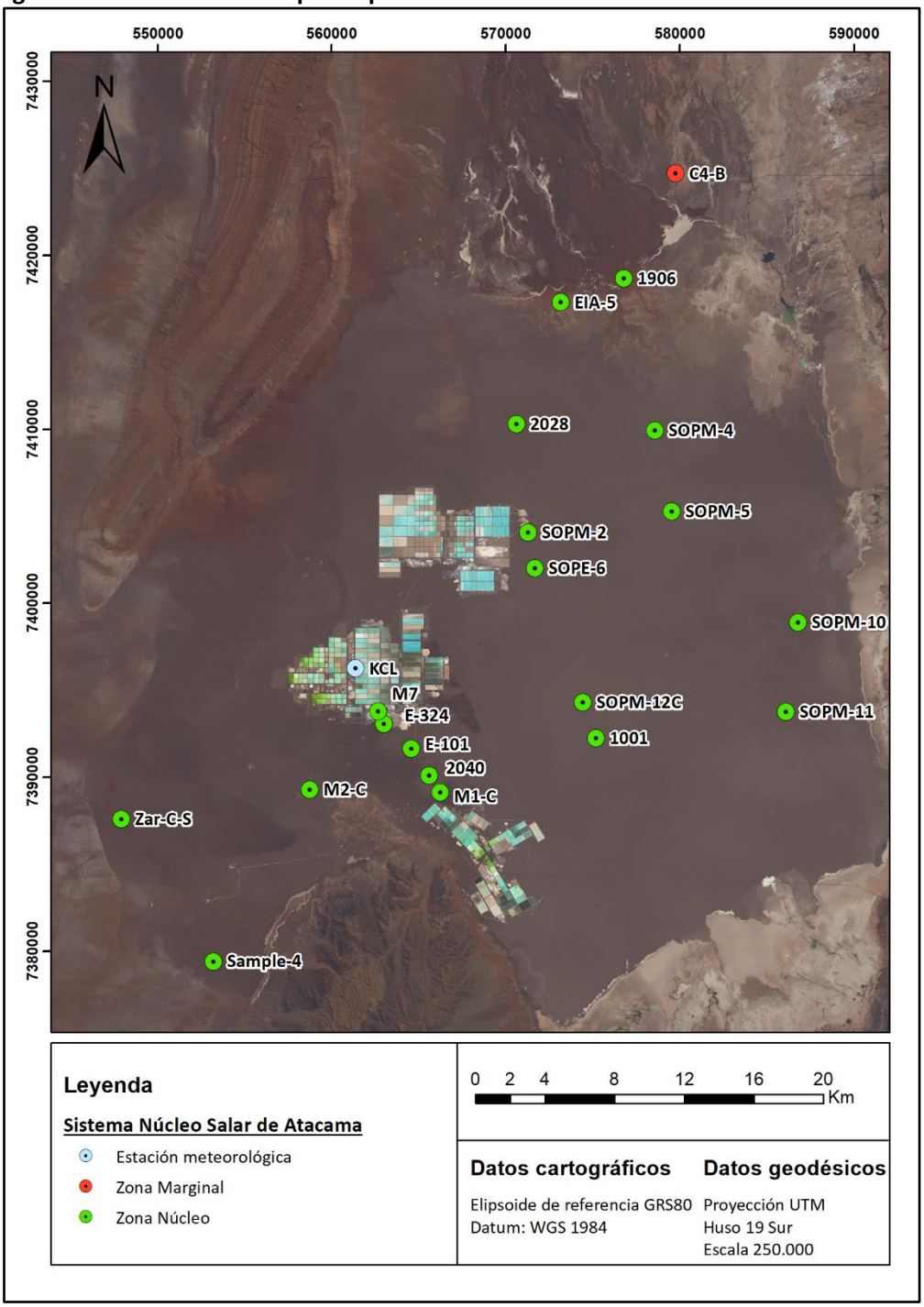
[30] Durante el segundo semestre de 2016, el antepozo del punto L12-1 fue destruido por un camión por lo cual se reconstruyó. Lo anterior implica un cambio en la cota del punto de referencia desde los 2302,348 a los 2302,296 (m s.n.m) DATUM WGS-1984. Todo lo anterior se reportó en el Informe N°20 del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

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 aproximadamente. 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 4-12. 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.

Figura 4-12: 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[31]

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).

[31] 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.

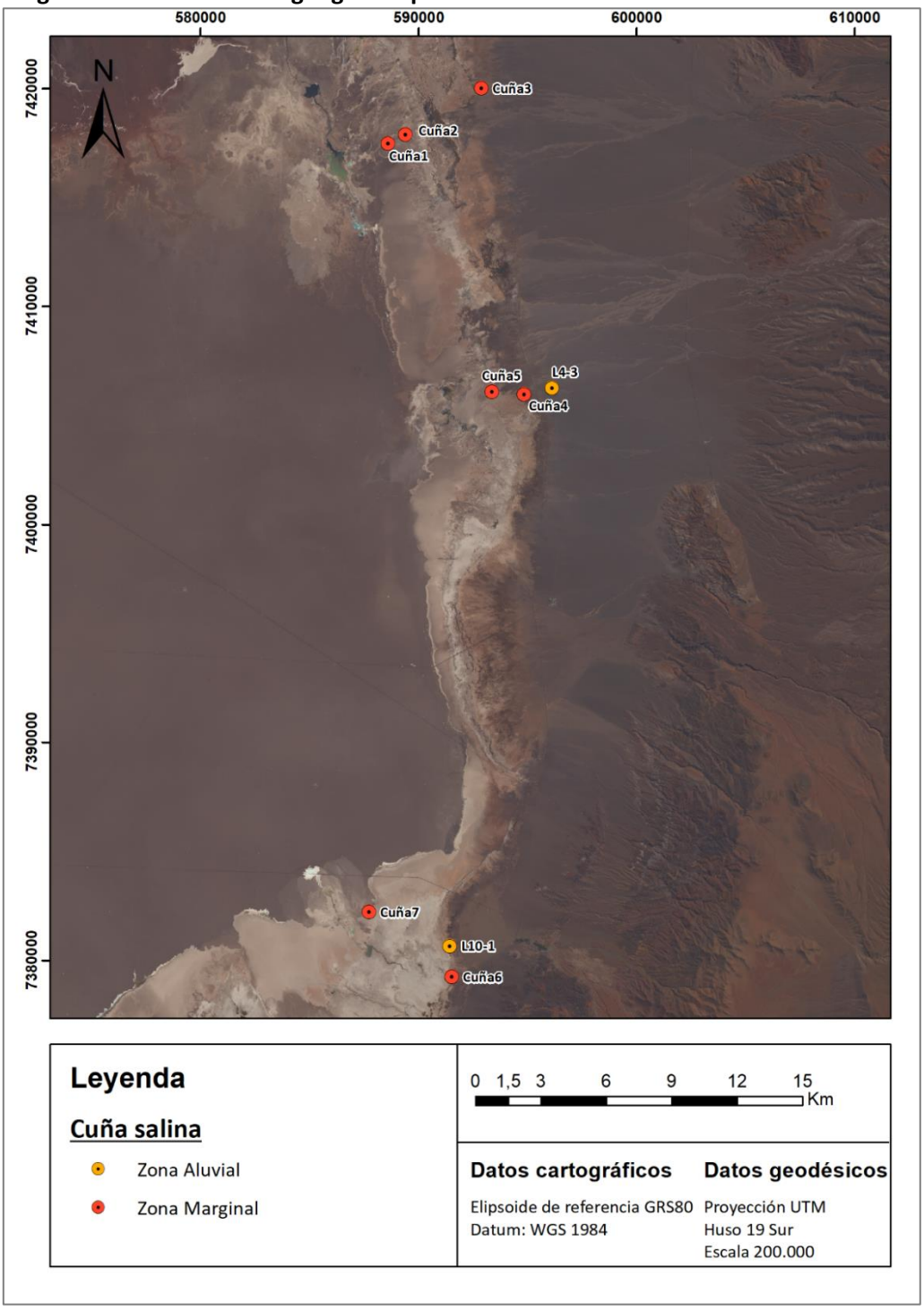
Para el caso de la Estación Meteorológica de KCL, se considera la medición de los parámetros Precipitación (mm), Evaporación (mm), Velocidad del Viento (m/s) y Temperatura (ºC).

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 aproximadamente. 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 4-13. A continuación, en la Tabla 4-12 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-13: 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[32]	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).

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

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 N° 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).
- 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 año 2022 y que incluye una actualización del Plan de Seguimiento Ambiental y del Plan de Contingencias (“Planes de Alerta Temprana”).

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

En el caso del Sistema Lagunar de Peine, provisoriamente, se han definido tres indicadores de estado (Piezómetros 1028, L10-11 y L10-4) y sus correspondientes umbrales de activación y acciones en caso de activación (Fases I y II)[33].

Cabe mencionar que, adicionalmente, se ha asumido en forma provisoria, en el marco del PdC F-041-2016, la adopción de medidas de contingencia en caso de activación de los pozos PN-05B y PN-08A del

[33] 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.

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[34].

Además, SQM ha asumido como compromiso voluntario considerar 6 indicadores de estado adicionales a los definidos en la RCA Nº226/2006, que se identifican como Pozos Adicionales y que se distribuyen en el Sistema de Vegetación Borde Este; cuatro en el sistema Brea-Atriplex (L2-25, L7-14, L4-17 y L9-2) y dos en el sistema Alerta Temprana (L2-26 y 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 4-14.

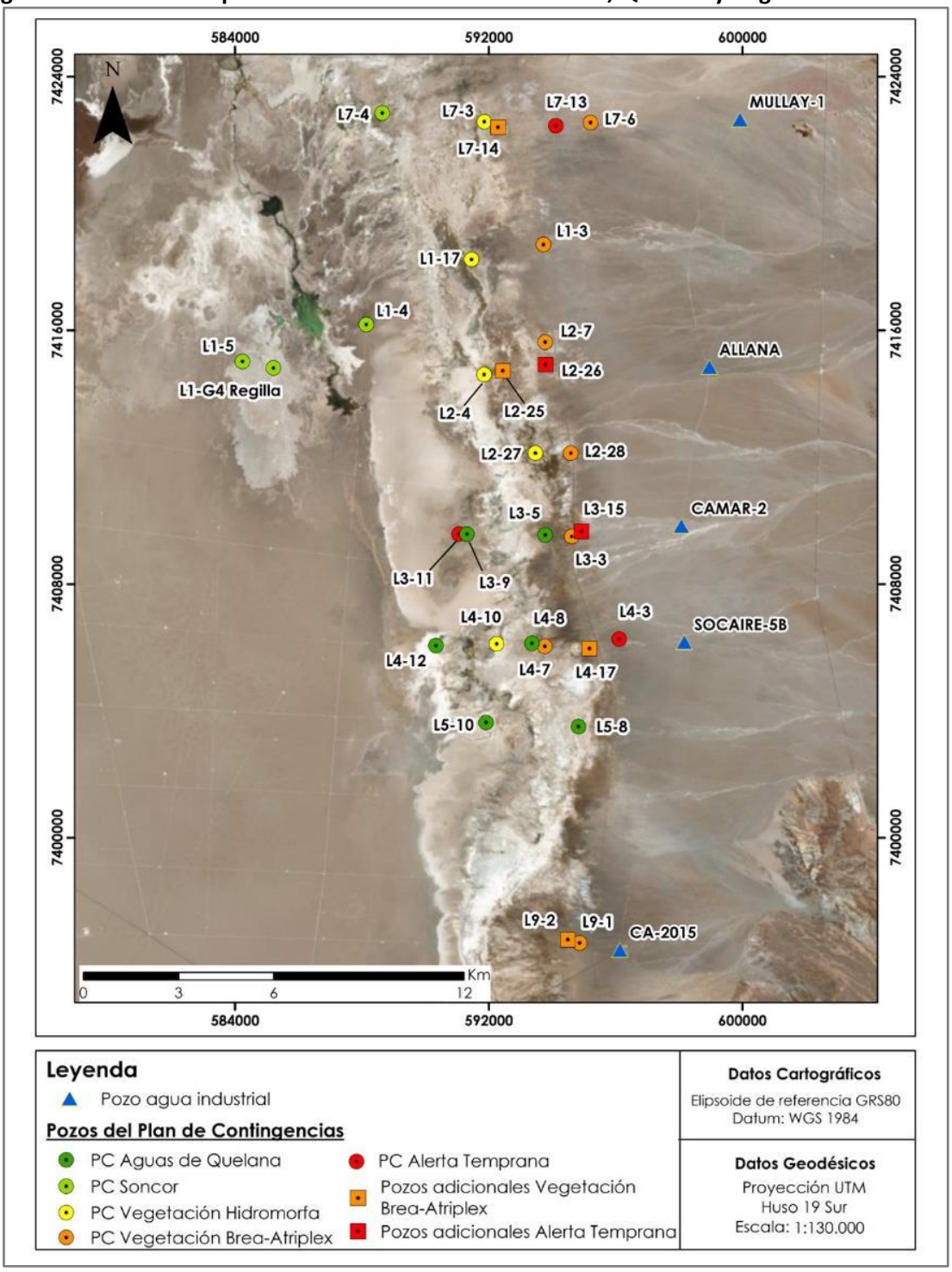
[34] Como se indicó anteriormente, propuestos en el marco del programa de cumplimiento presentado a la SMA en el proceso F-041-2016, su aplicación ha sido ordenada por la institución fiscalizadora mediante la dictación de medidas provisionales, que dispone el cumplimiento de las principales medidas que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

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

Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Origen
Soncor	-	L1-5 L1-4 L7-4 L1-G4 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	

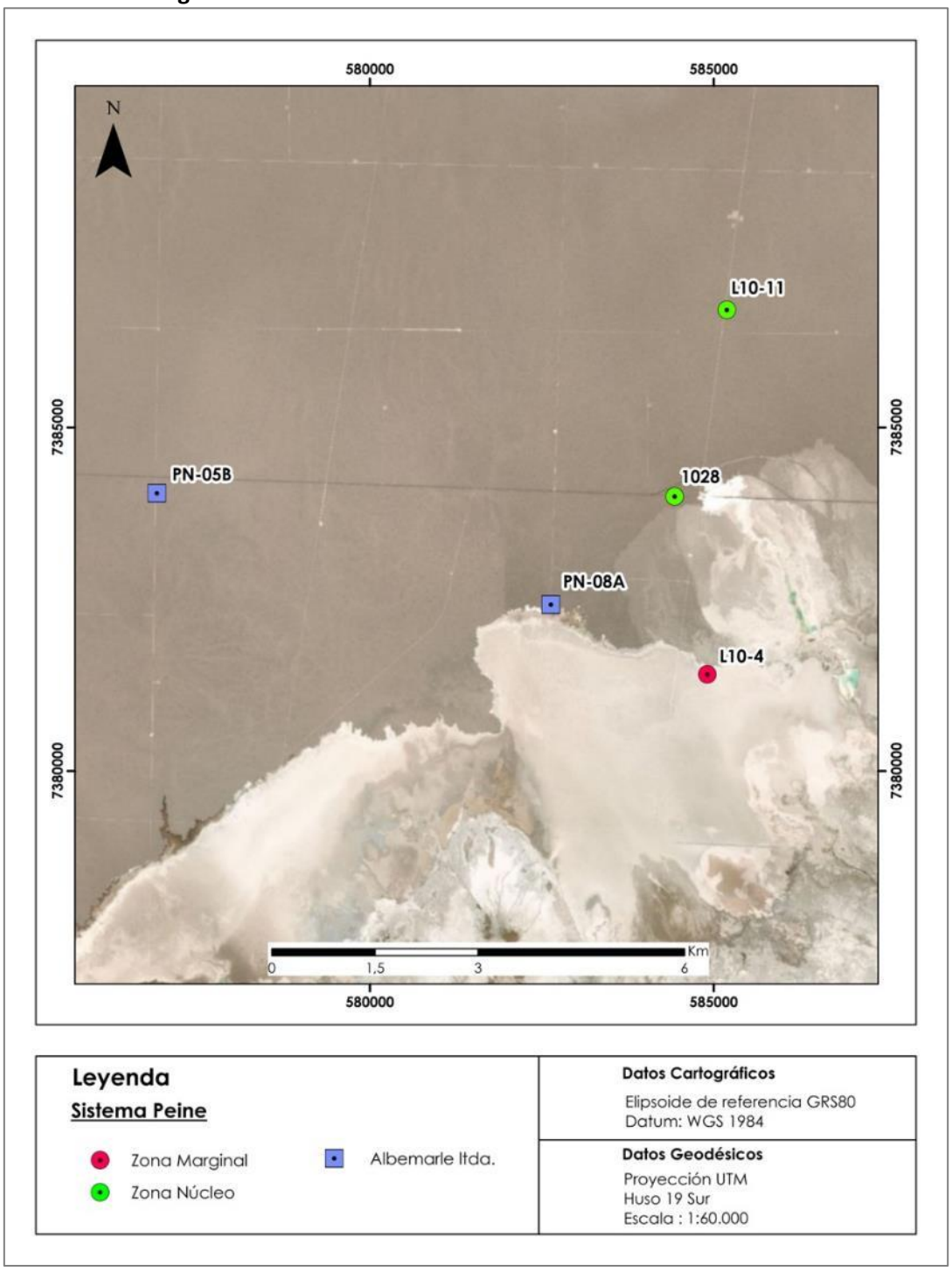
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-14: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-15: 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 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 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 para el caso de la ETFA SEGEA código 040-01, el alcance de cada parámetro de medición y muestreo se basa en P-HIDRO-04 v11 para parámetro de medición de nivel freático- agua subterránea basado en ASTM D 4750-87 y P-HIDRO-01 “Procedimiento de muestreo de agua superficial y subterránea”, I-HIDRO-12 Rev.3

"Instructivo Especifico muestreo de pozo con Bomba MP1" basados en: NCh411/11:1998. Parte 11. Guía para el muestreo de aguas subterráneas. .1998. INN[35].

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[36]. Este procedimiento se repite a lo menos tres veces. 4) Se retira la cinta del pozómetro, evitando el contacto de ésta con el suelo y el brocal.

Fuente: elaboración propia

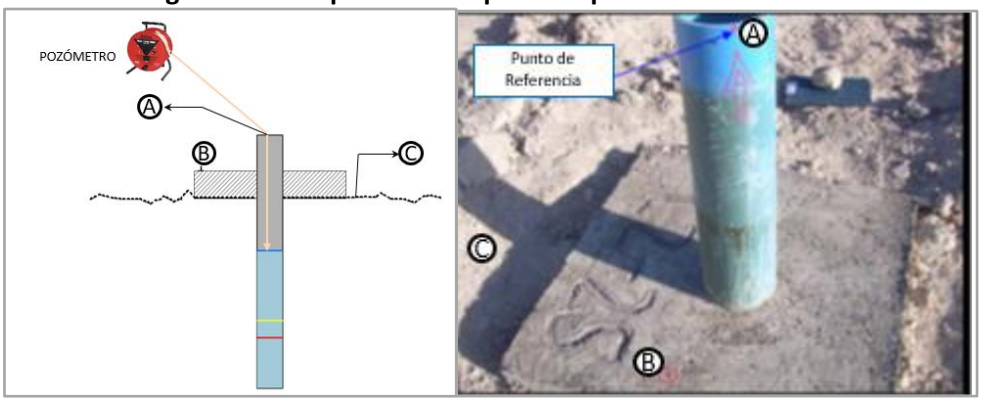
Con el objeto de facilitar el análisis de la información asociada a la medición del nivel en los pozos que conforman el PSAH (y en consecuencia aquellos que forman parte del plan de Contingencias), en la Figura 4-16 muestra la nomenclatura estandarizada para este informe de la siguiente forma:

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

[35] Información de acceso público disponible en https://entidadestecnicas.sma.gob.cl/Sucursal/RegistroPublico

[36] 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).

Figura 4-16: Esquema conceptual de pozos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

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

4.5.2 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, entidad técnica autorizada código 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 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.

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, 47 puntos[37] (pozos y reglillas) tienen equipados sistemas para la medición en continuo de nivel. A continuación, se describen los materiales y equipos, junto con la metodología empleada para su instalación y descarga de la data. Los certificados de calibración de los equipos se entregan en el Anexo 3.2.

4.5.3.1 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).

[37] SQM ha agregado de forma voluntaria y adicional a la RCA N°226/2006 el seguimiento de nivel de Reglilla L7-G2 y los niveles de pozo Camar-2.

6) Registro de observaciones (cuando corresponda).

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

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

En la Tabla 4-16 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al equipo de *Level Troll*, relacionado con la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (segundo semestre 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	02/05/2022 12:01– Vigente al cierre del periodo	650725
L13-1	09/02/2022 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685575
L13-2	09/02/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685809
L13-3	16/03/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	637817
L13-4	09/03/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	871632
L14-4	05/05/2021 12:00 – 06/09/2022 12:00	686043
	06/09/2022 12:01 - Vigente al cierre del periodo	937999
L1-G4 POZO	07/11/2021 12:01 - Vigente hasta el cierre del periodo	713321
L2-16	15/07/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	680316
L2-23	13/09/2022 00:01 - Vigente al cierre del periodo	937869
L2-9	07/12/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	871606
L3-10	04/10/2021 12:10 – Vigente al cierre del periodo	833787
L3-13	28/04/2021 12:01 – 04/10/2022 12:00	724978
	04-10-2022 12:01 - Vigente al cierre del periodo	471042
L3-5	24/08/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	650738
L3-6	28/03/2021 12:01 – 03/10/2022 12:00	685574
	03/10/2022 12:01 - Vigente al cierre del periodo	937852
L3-7	28/05/2022 12:00 – Vigente al cierre del periodo	863758
L3-9	08/03/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	724993
L4-12	08/03/2022 12:02 – Vigente al cierre del periodo	446778
L4-13	04/05/2021 12:01 – 04/10/2021 12:00	685493
	04/10/2021 12:00 - Vigente al cierre del periodo	937053
L4-7	17/04/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	830297
L4-8	09/03/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	863753
L4-9	27/04/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685801
L5-10	08/03/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	583551
L5-14	23/02/2022 13:16 – Vigente al cierre del periodo	685817
L5-3	03/05/2021 12:01 – 06/09/2022 12:00	685803
	06/09/2022 12:01- Vigente al cierre del periodo	937866
L5-6	13/04/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	833771
L5-7	13/04/2022 12:00– Vigente al cierre del periodo	651111
L5-8	13/04/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	833791
L5-G3 POZO	05/05/2021 12:01 –03/10/2022 12:00	685608
	03/10/2022 12:01- Vigente al cierre del periodo	937858
L7-4	26/03/2021 12:01 –15/09/2021 12:00	792899
	15/09/2021 12:01- Vigente al cierre del periodo	865200
L7-G2 POZO	08/03/2022 00:01 – Vigente al cierre del periodo	749163
P1-1	18/03/2022 00:01 – Vigente al cierre del periodo	833773
P1-2	15/06/2021 12:01 –13/11/2022 12:00	685833
	13/11/2022 12:01 - Vigente al cierre del periodo	868647
P1-3	07/12/2021 12:01 - Vigente al cierre del periodo	868644
P1-4	15/07/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685815
P1-5	19/05/2022 13:01 – Vigente al cierre del periodo	863803
P1-6	19/05/2022 14:01 – Vigente al cierre del periodo	865203
P1-7	19/05/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	865207
P2-1	17/04/2022 12:00 - Vigente al cierre del periodo	830293
P2-2	17/04/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685839
P2-3	15/07/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685355
P2-4	22/03/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	868648
P2-5	22/03/2022 12:02 – Vigente al cierre del periodo	685485

PUENTE SAN LUIS AFORO	17/05/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	593903
PUENTE SAN LUIS POZO	17/05/2022 12:01 – Vigente al cierre del periodo	685738
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	07/05/2021 12:01 – Vigente al cierre del periodo	670606
REGLILLA PUILAR SQM	21/07/2021 12:00 – Vigente al cierre del periodo	685844
Camar-2	26/07/2021 12:00 – 20/11/2022 12:00	891867
	20/11/2022 12:00 - Vigente al cierre del periodo	890751

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4 MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE

Para el seguimiento de esta variable se cuenta con varias técnicas y frecuencias en que se lleva a cabo, cada una fue ajustada mediante la Resolución Exenta Nº 244/2010 de la COREMA de la Región de Antofagasta. Para el presente informe Nº 32 corresponde la medición mediante dos de las tres metodologías previstas relativa a estacas perimetrales y medición vía imágenes satelitales de alta resolución (Tabla 4-17).

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. 244/2010. PdC 2022	Monitoreo a reportar en el presente informe PSAH	Próximo informe PSAH en que se reportará
Medición mediante imágenes satelitales	Anual (meses de abril) Trimestral (PdC 2022)	Si	Informe 33 (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 33 (Segundo semestre 2022)

Fuente: Elaboración propia.

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

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). Dicho producto es preprocesado (correcciones satelitales) y utilizado como base para recuperación de cuerpos lagunares siguiendo la metodología establecida en la RES 244/2010. La recuperación de estas superficies es rectificada mediante la toma de puntos de control efectuados sincrónicamente en el periodo de captura satelital.

4.5.4.1.1 Materiales y/o equipos

- Imágenes satelitales para los meses de julio y octubre (este informe) y enero y abril (próximo PSAH) de sensores de constelación satelital de alta resolución. La Tabla 4-18 entrega características espaciales y espectrales de imágenes satelitales.

Tabla 4-18: Características generales 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]	2,44 (0.6 pan)
GeoEye-1	VIS-NIR [450 – 920]	2 (0.5 pan)
Worldview II	VIS-NIR [442 – 901]	2 (0.5 pan)
Worldview III	VIS-NIR [450 – 895]	1.4** (0.3 pan)

Fuente: Elaboración propia.

- Sistema Satelital de Navegación Global (siglas en ingles GNSS) modelo Trimble R4 o equivalente (base y móvil) para medición RTK de puntos de control.
- Software de procesamiento de imágenes satelitales ENVI 5.6.3 y Sistemas de información Geográfica (ArcGis o QGIS)

4.5.4.1.2 Metodología de medición

La metodología seguida para la medición de superficies lacustres se basa en la Resolución 244 del año 2010, la cual toma en consideración los siguientes puntos:

- Obtención de las imágenes satelitales de alta resolución
- Georreferenciación de las imágenes satelitales.
- Fusión de imagen multiespectral con banda pancromática.
- Realización de las transformaciones digitales e índices
- Toma de puntos de control en terreno sincrónicos a la captura satelital y enfocados en lugares en donde se ofrezca una difícil delimitación satelital.
- Delimitación de la superficie lacustre
- Definición de límites de cada laguna, según los puntos establecidos por CONAF.

Es necesario considerar que 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 y pancromático. Estas correcciones son enmascaradas a un área de interés por sistema lacustre. De forma paralela es generada la imagen multiespectral mejorada (*pansharpening*) la cual es utilizada en composición falso color para una correcta comparación de resultados.

Al producto multiespectral corregido se le calculan índices y transformaciones digitales para la recuperación de píxeles probables de agua.

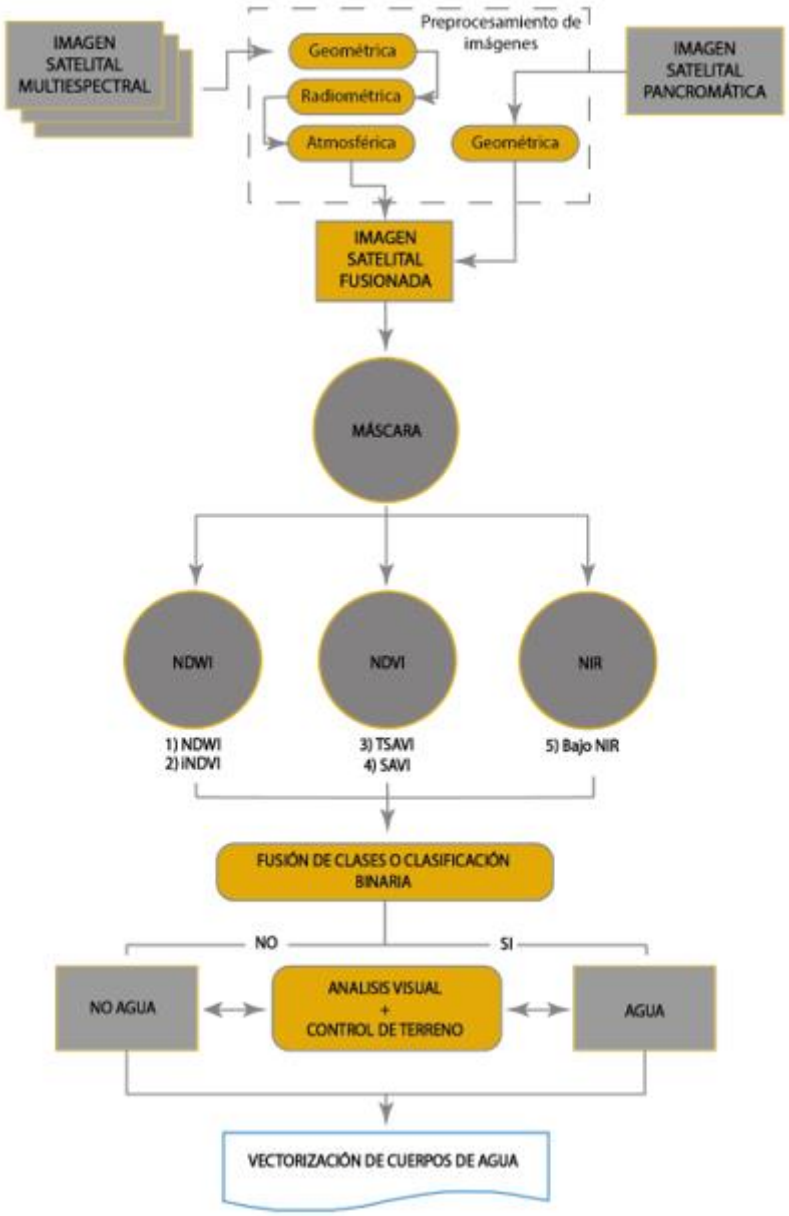
Es necesario mencionar, que la metodología empleada considera la utilización de índices especializados en la recuperación de cuerpos someros, los cuales son predominantes en zonas áridas (e.j Aguas de Quelana). También, se debe tener en cuenta la heterogeniedad de superficies que deben ser filtradas del mapeo, razón por la cual se tienen en consideración índices de vegetación y características espectrales asociadas. A continuación, se describen los índices en función del propósito en la recuperación de cuerpos de agua:

- El NDWI, contempla la recuperación en primer orden de cuerpos de agua presentes. Utiliza la consideración espectral del agua, es decir, alta reflectancia en el rango del visible y una absorción en el rango del infrarrojo cercano. Para ello, se emplea el uso de la banda verde (NDWI) o roja (NDWIr o iNDVI).
- Bajo NIR, utilizada para eliminar del mapeo zonas marcadas como agua que no lo son (e.j costras blancas). Estas superficies ofrecen similar respuesta espectral que el agua, aunque la reflectancia en el infrarrojo cercano es mayor en este caso.
- Índices de vegetación, como el SAVI o TSAVI, son empleados para eliminar píxeles que ofrezcan una mayor probabilidad de ser vegetación y que, en consecuencia, deban ser eliminados del mapeo. El TSAVI (índice de vegetación transformado ajustado al suelo), requiere enmascarar cuerpos de agua principales para un ajuste al suelo, mientras que el SAVI (índice de vegetación ajustado al suelo) emplea parámetros definidos para ello. Ambos índices de vegetación emplean la característica espectral de alta reflectancia en el infrarrojo cercano y baja en el visible.

Finalmente, vía puntos de control de terreno (complementados con puntos de estacas perimetrales), inspección o análisis visual y el uso de la imagen multiespectral fusionada en falso color (e.j Infrarrojo color) se realiza una rectificación visual de resultados obtenidos de la metodología, el resultado final es vectorizado (transformación de archivo raster a vectorial) y se calcula el área.

La Figura 4-17, muestra un diagrama de flujo resumen de la metodología para la recuperación de superficie lacustre, empleando imágenes satelitales de alta resolución.

Figura 4-17: Metodología para recuperación de extensión lacustre mediante imágenes satelitales de alta resolución.



Fuente: elaboración propia

4.4.4.2 Medición mediante recorrido a pie (RTK)

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

Cabe señalar que el compromiso de las mediciones de topografía fue con frecuencia anual hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que la nueva frecuencia sería cada 5 años.

4.5.4.1.3 Materiales y/o equipos

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

4.5.4.1.4 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

4.5.4.2 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.

4.5.4.2.1 Materiales y/o equipos

- GPS cartográfico modelo Trimble® Nomad® 900G o equivalente
- Cinta métrica o Flexómetro
- Brújula azimutal para cálculo de ángulo (azimut)

4.5.4.2.2 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 (medición de ángulo con respecto al norte de la huincha).
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 Nº 403/1995 y Nº 226/2006. Por otro lado, esta metodología de manera paralela permite obtener puntos de límites lagunares y que pueden ser empleados como puntos para rectificar la delimitación lacustre vía imagen satelital de alta resolución, teniendo en cuenta la ejecución de estos trabajos de manera sincrónica con la captura satelital.

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 4-19 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al flujómetro, relacionado con el pozo la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (segundo semestre 2022). Los certificados de calibración de cada flujómetro (identificado por el número se serial) está disponible en el Anexo 3.2.

Tabla 4-19: 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	28/03/2022 10:44	22/12/2022 10:26	S5W504502
	22/12/2022 10:27	Vigente al cierre del periodo	S5Y703946
Socaire-5	06/04/2022 19:26	Vigente al cierre del periodo	S5P800409
Allana 1	23/06/2022 12:14	Vigente al cierre del periodo	S5W905097
Mullay 1	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 pone a disposición esta

misma información al público general a través del sitio web www.sqmsenlinea.com[38]. Esta plataforma contiene además el cálculo directo del caudal promedio mensual (l/s) y el detalle de los cambios de flujómetro. Esto responde a la Acción 7 del aprobado PdC (2022) RES. EX. Nº38/ROL F-041-2016, en el cual fortalece nuestro compromiso con la transparencia, incrementando la información publicada y/o frecuencia de disponibilidad de la misma.

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

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 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 y se realiza mediante la metodología denominada área-velocidad, para lo cual se efectúan las siguientes actividades:

- Para cada uno de los puntos del canal o cauce que se van a aforar, y que están preestablecidos, se define el número de secciones transversales en las que se harán las mediciones.
- Medición del ancho de cada sección (m) y la altura de agua en el centro (de cada sección) (m). Se obtiene el área de cada sección como la multiplicación de estas dos medidas (m^2).
- Medición de la velocidad del agua (m/s) en el centro de cada sección 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 es compromiso de SQM realizar este tipo de mediciones, se realizan a través de la ETFA SEGEA. 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 4-20 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al equipo de *Level Troll*, relacionado con la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (segundo semestre 2022) Los certificados de calibración de cada *Level Troll* (identificado por el número serial) está disponible en el Anexo 3.3.

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

Infraestructura	Periodo de instalación	Serial
PUENTE SAN LUIS AFORO	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 por SEGEA, ETFA 040-01 en terreno son luego enviadas a laboratorio. Las muestras son analizadas durante 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, generalmente siguiendo las directrices de la serie Standard Methods, o aquellas que corresponda para cada punto de muestreo y parámetro. El detalle de las metodologías de los análisis se describe en los respectivos certificados de laboratorio que se encuentran adjunto en Anexo 6.

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

4.5.8.1 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 4-21 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 4-21: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas

	Agua subterránea	Agua superficial
Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 o 150 metros	•	•
Piseta con agua destilada	•	•
Flexómetro		•
Bomba para purga y muestreo (si corresponde)	•	
Bailer de muestreo (si corresponde)	•	
Guantes desechables	•	•
Envases plásticos/vidrio de distintos volúmenes.	•	•

Preservantes para las muestras	•	•
Etiquetas autoadhesivas (si corresponde)	•	•
Sistema de refrigeración (cooler y/o ice pack).	•	•
Ficha de información de muestreo, puntos y parámetros de terreno	•	•
Registro de actividades realizadas en cadena de custodia	•	•

Fuente: Elaboración propia.

4.5.9.1.2 Metodología de muestreo

El muestreo de agua, que es realizado por las ETFAs correspondientes, se hace de acuerdo con las normas de referencia principales que se muestran en la Tabla 4-22 según sea agua subterránea o superficial.

Tabla 4-22: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas

	Normativas de referencia
Agua subterránea	• Norma Chilena 411/3 2014 Calidad del agua. Muestreo – 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. Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

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

Tabla 4-23: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales

		Agua subterránea	Agua superficial
1	Medición del nivel freático, antes y después de tomar la muestra	•	
2	Purga de pozo (cuando corresponda [39])	•	
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

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
- 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

[39] 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.

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 4-23 que permitan contar con una muestra representativa del cuerpo de agua. Cabe señalar que las mediciones en terreno son realizadas en forma paralela tanto por una ETFA autorizada por la SMA, durante este semestre la ETFA formo parte de esta actividad corresponde a SEGEA con código 029-01; al mismo tiempo existen mediciones realizadas por SQM. La metodología que se sigue en terreno para la medición de los parámetros fisicoquímicos se detalla a continuación:

- Calibración de equipos (sonda multiparámetro).
- Purgado de pozos en caso de aguas subterráneas (cuando corresponda).
- Toma de muestra (Tabla 4-23).
- 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 que puedan dificultar los análisis e interpretaciones a realizar posteriormente. Los principales criterios de validación son los siguientes:

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

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

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

- **Balance iónico**. Para aquellas muestras que se analizan los iones mayoritarios se verifica el error de cargas entre cationes totales (cat) y aniones (an). Por lo general se suele admitir un valor de 5% con cationes disueltos según la bibliografía existente (Custodio & Llamas, 2001), 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 N° 226/2006, lo que restringe los cálculos. En las tablas de validación de balances iónicos del capítulo 5.RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE 2022, 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:

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

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

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

anómalo y se investigará que ha podido producir ese cambio. Los resultados validados por esta condición aparecerán con resalte en los gráficos del capítulo 5.

Además de estos criterios definidos se realizan también correlaciones para ver la coherencia de los resultados y comprender las posibles desviaciones en el sistema natural, en caso de presentarse. En este sentido, se comparan los resultados de los parámetros fisicoquímicos en terreno y laboratorio, tales como pH, conductividad, densidad (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 4-24. 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 4-24: 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

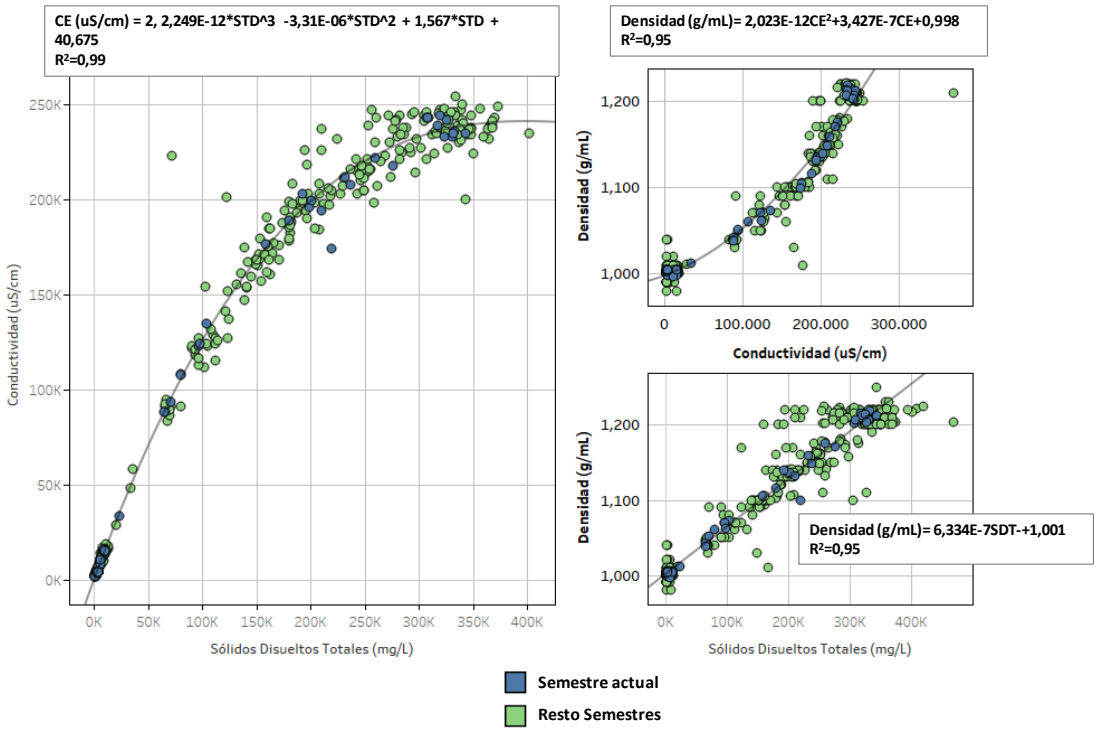
Fuente: Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall

En la Figura 4-18 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 4-18 se presenta también la correlación entre CE y densidad que resulta útil conocer para otros potenciales estudios.

Los datos empleados en la Figura 4-18 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 4-18: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016



Fuente: Elaboración propia.[40]

Considerando estas correlaciones y la definición para agua dulce, zona de transición y salmuera mostrada en la Figura 4-18, se obtienen los distintos rangos para SDT, CE y densidad, mostrados en la Tabla 4-25. 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.

[40] 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.

Tabla 4-25 Clasificación de tipos fluidos en base a TSD, CE y Densidad.

Tipo Agua	TSD (mg/L) (Fetter modificado, Tabla 4-24)	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

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 segundo semestre de 2022, que comprende el período de entre el 01 de julio y el 31 de diciembre de 2022.

Estas actividades se han ejecutado con la frecuencia indicada en la RCA 226/2006, así como en el PdC F-041-2016, tratándose de los indicadores de estado del Plan de Contingencias. No obstante, el régimen de acceso a los sectores donde se ubican parte importante de los puntos de seguimiento está condicionado por autorizaciones de terceros, así como por restricciones temporales o puntuales, asociados a períodos de reproducción de avifauna u otras circunstancias, que se acreditan en el Anexo 04.

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

Para el caso de los puntos de medición continua, el valor del nivel se obtiene mediante transductores de presión. El transductor registra la presión cada 1 minuto, tal y como establece la Res Ex. Nº1.314/2020; 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. Sin embargo, es de gran importancia con visitas de mantenimiento, puesto que, si no se cuenta con la autorización de estas visitas, puede impactar negativamente en la precisión de las mediciones continuas; un sensor descalibrado tiende a registrar mediciones fuera de tendencia, lo que implicaría estar registrando mediciones no validables.

Asimismo, el comportamiento de niveles continuos puede alertar de una posible activación o desactivación falsa de fase sobre algún indicador del plan de contingencia. Sin embargo, antes de

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

notificar cualquier alerta, se debe esperar a una medición de nivel manual que confirme la acción. En el caso de no poder acceder al punto de medición (por restricción de acceso, por ejemplo), es importante evaluar la veracidad de la alerta analizando el comportamiento del nivel continuo del punto y/o de uno cercano. Las dos posibles circunstancias que pueden causar la perturbación del nivel continuo son, por un lado, los eventos de precipitación y por otro, las posibles descalibraciones de los sensores. Para confirmar la primera circunstancia, se debe revisar el registro de precipitaciones de las estaciones meteorológicas cercanas y el registro de niveles continuos de pozos aledaños al punto en cuestión. En caso de descartar la perturbación del nivel por precipitación, se debe considerar que el sensor está desconfigurado. En este sentido, se debe solicitar un permiso especial para que el equipo de instrumentación ingrese a realizar el respectivo mantenimiento. Para garantizar la fiabilidad y precisión del sistema de medición continuo y disminuir la incertidumbre, se debe realizar el mantenimiento preventivo y el reemplazo regular de los sensores. Los planes de reemplazo de sensores se realizan con una frecuencia de cada 18 meses.

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)., además de fallas de sensor que pueden presentarse durante el transcurso de la transmisión, ello implica un gap de información de datos anómalos que posteriormente pasan por el proceso de validación y relleno tal como se indican en el Anexo 9.2.

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 (pixel 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 (Tabla 4-18). Otro factor que puede alterar la reflectancia superficial es la presencia de bruma, neblina o nubes dispersas de difícil identificación en la imagen satelital (corrección atmosférica no elimina estos cuerpos). 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.

Referente a los aforos, 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.

Finalmente, y siendo un factor que afecta al monitoreo en general ya que condiciona el resultado del monitoreo es la restricción de acceso a las zonas que forman parte de la e RNF; mediante Resolución N°56/2019, CONAF[42] 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 y máximos permitidos 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.

[42] 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.

5 RESULTADOS DEL SEGUNDO 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 segundo 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.

Adicionalmente, se han incorporado los resultados de la implementación de las acciones consideradas en el Programa de Cumplimiento (PdC) que se encuentran relacionadas con el PSAH y el PC, cuyo inicio de ejecución se comprometió durante el segundo semestre de 2018 y que actualmente se encuentra aprobado a partir de las observaciones formuladas por la Superintendencia mediante Res. Ex. N°29/Rol F-041-2016. 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 y de acuerdo a las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, que dictan instrucción de carácter general para la operatividad general de entidades técnicas de fiscalización ambiental e inspectores ambientales.
- 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.

Dicho todo lo anterior y junto con lo establecido en la RCA N° 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 (segundo semestre de 2022), SQM solicitó a la ETFA que realizara mediciones mensuales adicionales con el objetivo de validar las mediciones realizadas por SQM.

De esta forma, los resultados que se muestran en las tablas de este capítulo 5, corresponden solo a las mediciones comprometidas, donde a partir del 06 de septiembre de 2022 el responsable de las mediciones mensuales lo adquiere SQM a partir de las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022 y ajustes de contrato con la ETFA (ver “Medición comprometida en la Tabla 5-1”), así mismo, en los gráficos se muestran ambas mediciones (comprometida y voluntaria) para todo el semestre, ya sea por parte de SQM y/o la ETFA. 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, como novedad en este reporte, 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 desde 06/09/2022	Frecuencia de medición	Responsable de la medición desde 06/09/2022
Punto del PSAH	Nivel	Mensual	SQM	Mensual	ETFA
	Caudal de agua (aforos)	Mensual	SQM	Mensual	ETFA
	Calidad	Trimestral	SQM	-	-
	Meteorología	5 minutos	SQM	-	-
	Superficie lacustre	5 años /trimestral	SQM (mediante empresa especializada)	-	-
	Caudal bombeado	1 minuto	SQM	-	-
Indicador de estado	Nivel	Diaria	SQM	Mensual	ETFA

Fuente: Elaboración propia

5.1 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO

En el presente capítulo se exponen los registros de los monitoreos, mediciones y/o análisis efectuados en el marco del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico desde julio a diciembre de 2022, agrupados según los siguientes sistemas y áreas de control (ver apartado 4.4 Ubicación de los puntos o áreas de Monitoreo):

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

Las variables monitoreadas en cada uno de estos sistemas, según corresponda, han sido agrupadas de la siguiente forma (ver apartado 4.1):

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

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

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

A modo de facilitar la visualización e interpretación conjunta del seguimiento ambiental, 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 con 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 tercer y cuarto trimestre de 2022.

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. N°575/2022.

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. 574/2022[43]. Por otro lado, en el Anexo 6.1 se entregan las cadenas de custodia relativas al muestreo efectuado. Finalmente, en el Anexo 6.2 se entregan todos los resultados de calidad obtenidos para este segundo semestre de 2022 de acuerdo al formato establecido en la RES. 894/2029, esto incluye también los perfiles de conductividad eléctrica. El Anexo 6.3 corresponde a los valores tabulados resultantes de las mediciones de los perfiles de conductividad eléctrica del presente semestre reportado.

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. 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.

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 y, finalmente, en el Anexo 13 se entrega el proyecto GIS en donde pueden verse de forma georeferenciada los gráficos de las mediciones resultantes de todas las variables obtenidas en el presente semestre reportado.

[43] Se deja sin efecto la Res. Ex N°127/2019 por revocación, desde la entrada en vigencia del acto administrativo Res Ex N°574/2022. La derogación de esta norma toma efecto desde el 25 de abril de 2022.

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 segundo 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 vigencia el 14 de junio de 2019, según Resolución Nº 56/2019 de la Región de Antofagasta. Las reservas se ubican en el sistema Soncor y Aguas de Quelana y el detalle de los puntos que se encuentran dentro de estas áreas se muestra a continuación:

- En el área del **Sistema Soncor** se restringe el acceso al entorno de las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, como también a la estación meteorológica de Chaxa. De entre la infraestructura habilitada en esta área, se incluyen los 2 puntos de aforo (Puente San Luis y Aforo Barros Negros) y 42 puntos de medición de nivel lo que equivale al 46% de la infraestructura del Sistema Soncor. Respecto de los muestreos de calidad trimestrales comprometidos en el PSAH, se encuentran 1 pozo (L7-G1) y las 4 lagunas (las que su muestreo correspondía al efectuado por CONAF anteriormente). De entre los indicadores de estado, el L7-4 (Subsector Puilar) se encuentra dentro de la Reserva. Cabe mencionar que existen dos pozos adicionales que no se encuentran dentro de la Reserva, pero sus accesos sí (1027 y L7-7), por lo que, si no existe permiso de ingreso en el subsector del centro turístico Chaxa, éstos tampoco pueden ser visitados.
- En el área del **Sistema Aguas de Quelana** la restricción limita el acceso a 33 puntos de medición de niveles y un punto para el seguimiento de la interfaz salina (53 % de la infraestructura del Sistema Aguas de Quelana queda dentro de la Reserva), de los cuales 17 cuentan con medición continua y 4 con muestreo de calidad. De éstos, 6 son indicadores de estado. Se hace notar que el indicador de estado L2-27 se ubica dentro de RNF, pero no se ha contabilizado en la anterior descripción, pues se encuentra a escasos metros del límite y debido a sus anteriores activaciones de fase, en este punto se ha mantenido su visita diaria.

En segundo lugar, el protocolo establecido mediante Resolución Nº 56/2019 de CONAF define que, para acceder a las distintas zonas de la RNF se requiere que SQM formalice primero una propuesta de monitoreo y posteriormente CONAF emita las autorizaciones pertinentes donde se fijan las áreas, 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 segundo semestre 2022, para el sistema Soncor, el L7-4 ha podido visitarse una vez cada mes a excepción durante octubre, noviembre y diciembre. Los indicadores dentro de RNF de Aguas de Quelana, que son L3-11, L3-9, L4-10, L4-12, L4-8, no han sido posible de medir diariamente, sin embargo, han sido mensualmente entre 1 y 4 veces.

En cuanto a las mediciones de las lagunas, en Sistema Soncor, en los meses de octubre, noviembre y diciembre no se pudo medir nivel. Durante octubre no se logró obtener muestras trimestrales para calidad química en las lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar. El resto de los meses sí se alcanzó a visitar mensualmente.

Respecto a las campañas de terreno para medición de estacas perimetrales y puntos de control para rectificación de limites lacustres solo se pudo ingresar a Aguas de Quelana durante octubre 2022 y, por otro lado, en julio se logró ingresar a los sistemas lacustres de Soncor (Barros negros, Chaxa, Puilar)

Finalmente, respecto de los aforos en el sistema de Soncor, en los meses de octubre noviembre y diciembre no se pudo realizar la medición mensual en el punto del aforo llamado Barros Negros, Puente San Luis, Reglilla Chaxas y Puilar debido a la restricción de acceso a RNF. Para el resto de los meses se obtuvo la medición mensual comprometida.

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

		ENVÍO SOLICITUD SQM		RESPUESTA AUTORIZACION	
ENTIDAD/SISTEMA	Mes	N° CARTA	FECHA	N° RESOLUCION	FECHA
CONAF - Sistema SONCOR	jul-22	GMAL 94/2022	20-06-2022	CARTA OFICIAL N°12/2022	06-07-2022
	ago-22				
	sept-22				
	oct-22	GMAL 156/2022	09-09-2022	CARTA OFICIAL N°15/2022	23-09-2022
	nov-22				
	dic-22				
CONAF - Sistema AGUAS DE QUELANA	jul-22	GMAL 93/2022	17-06-2022	CARTA OFICIAL N°10/2022	06-07-2022
	ago-22				
	sept-22				
	oct-22	GMAL 155/2022	02-09-2022	CARTA OFICIAL N°14/2022	23-09-2022
	nov-22				
	dic-22				

Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.2 Áreas restringidas por las comunidades

Además de las restricciones de acceso a RNF, existen 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[44]), 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.

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

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

Para solicitar la autorización de ingreso a estas áreas, durante el segundo semestre 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.

Para el segundo semestre 2022, en estos puntos situados dentro del área controlada por la comunidad, no se ha logrado medir nivel en los meses de noviembre y diciembre en la mayoría de estos puntos ubicados dentro de esta área. Esta situación se replica para la medición de aforos, donde no se accede al punto de Salada y Saladita desde octubre (2022).

Respecto a las campañas de terreno para medición de estacas perimetrales y puntos de control para rectificación de limites lacustres solo se pudo ingresar al sistema lacustre de Peine (Saladita e Interna), por otro lado, en julio se logró ingresar a los sistemas lacustres de Salada y Saladita. 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 para realizar las mediciones de nivel 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 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 segundo semestre 2022.

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

		ENVÍO SOLICITUD SQM		RESPUESTA AUTORIZACION	
ENTIDAD/SISTEMA	Mes	N° CARTA	FECHA	N° RESOLUCION	FECHA
Comunidad de Peine (Sector del Sistema Peine)	jul-22	GMAL 95/2022	17-06-2022	-	-
	ago-22				
	sept-22				
	oct-22	GMAL 157/2022	09-09-2022	-	-
	nov-22				
	dic-22				
Comunidad de Coyo (Sector Tambillo)	jul-22	GMAL 126/2022	06-07-2022	-	-
	ago-22	GMAL 141/2022	15-08-2022	-	-
	sept-22	GMAL 174/2022	21-09-2022	-	-
	oct-22	GMAL 204/2022	02-09-2022	-	-
	nov-22	GMAL 212/2022	17-10-2022	-	-
	dic-22	GMAL 221/2022	05-12-2022	-	-

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 segundo 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

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-22
1027	2			*			
L7-4	1				*	*	*
L1-15	1				*		*
L1-16	1				*		*
RC-1	1				*	*	*
RC-2	1				*	*	*
L2-22	1				*	*	*
L1-8	1				*	*	*
L2-23	1				*	*	*
P2-4	1				*	*	*
P2-5	1				*	*	*
L11-1	2	*	*	*	*	*	*
L11-2	2	*	*	*	*	*	*
L11-G1	2	*	*	*	*	*	*
L7-G1	1				*	*	*
L7-G2 POZO	1			*	*	*	*
L7-G2 REGLILLA	1			*	*	*	*
PUENTE SAN LUIS POZO	1				*	*	*
PUENTE SAN LUIS REGLILLA	1				*	*	*
REGLILLA BARROS NEGROS SQM	1				*	*	*
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	1				*	*	*
REGLILLA CHAXAS SQM	1				*	*	*
REGLILLA CHAXAS CONAF	1				*	*	*
REGLILLA PUILAR SQM	1			*	*	*	*
REGLILLA PUILAR CONAF	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 4-4. 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. Adicionalmente, para todos los sistemas, tal como se ha mencionado en el apartado “4.3 Parámetros para caracterizar las variables ambientales”, las mediciones y/o monitoreos se han ajustado desde septiembre de 2022 bajo las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, así, las mediciones que comprometen a pozos PSAH han sido realizadas por SQM Salar y los pozos PC con mediciones diarias han sido medidas por la entidad técnica de fiscalización ambiental SEGEA código 040-01.

Asimismo, los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 forman parte tanto del monitoreo de niveles del sistema Soncor como del sistema Vegetación Borde Este, 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 Tabla 5-5 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el segundo semestre 2022, en la en la Tabla 5-6, se entrega el número de mediciones realizadas por cada empresa, además de la incorporación del Programa de Monitoreo Participativo que considera la ejecución de actividades de seguimiento, el cual busca facilitar el acceso a la información de seguimiento de variables ambientales de acuerdo al actual aprobado Programa de Cumplimiento (PdC). Las mediciones de nivel realizadas en el sector Soncor fueron ejecutadas por la Comunidad Atacameña de Talabre durante septiembre 2022 respondiendo al compromiso de acción 11 del PdC[45]. 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 de acuerdo a la RES. EX. Nº573, Nº57, Nº575/2022. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por una comunidad) 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.

[45] SQM Salar posibilita, promueve y facilita la participación de las comunidades indígenas presentes de Toconao, Talabre, Socaire, Camar y Peine en la ejecución de actividades de seguimiento del PSAH.

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

L1-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
24/7/22 10:25	2.328,556
24/7/22 10:26	2.328,570
21/8/22 12:14	2.328,592
21/8/22 12:14	2.328,610
26/9/22 12:50	2.328,617
23/10/22 12:18	2.328,610
10/11/22 09:27	2.328,606
15/12/22 10:09	2.328,632

L1-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 17:09	2.324,517
18/7/22 17:09	2.324,523
22/8/22 11:39	2.324,519
22/8/22 11:39	2.324,523
26/9/22 16:37	2.324,545
24/10/22 10:08	2.324,504
10/11/22 12:42	2.324,544
15/12/22 14:34	2.324,565

L2-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 15:25	2.323,839
18/7/22 15:26	2.323,819
18/8/22 16:48	2.323,833
18/8/22 16:49	2.323,854
26/9/22 12:24	2.323,834
23/10/22 11:36	2.323,825
21/11/22 17:06	2.323,883
18/12/22 16:13	2.323,864
27/12/22 14:28	2.323,834 *

L2-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 15:39	2.322,689
18/7/22 15:40	2.322,694
18/8/22 16:31	2.322,698
18/8/22 16:32	2.322,691
23/9/22 16:42	2.322,706
23/10/22 11:26	2.322,686
27/10/22 12:21	2.322,696 *
21/11/22 17:16	2.322,716
18/12/22 16:45	2.322,718
27/12/22 13:26	2.322,705 *

L7-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
25/7/22 11:26	2.333,286
25/7/22 11:27	2.333,297
21/8/22 13:44	2.333,344
21/8/22 13:46	2.333,358
26/9/22 14:27	2.333,357
23/10/22 13:25	2.333,342
10/11/22 10:21	2.333,340
15/12/22 10:39	2.333,369

L7-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
25/7/22 11:42	2.330,008
25/7/22 11:45	2.330,014
21/8/22 14:09	2.330,046
21/8/22 14:11	2.330,041
26/9/22 14:11	2.330,049
23/10/22 12:58	2.330,047
10/11/22 10:38	2.330,040
15/12/22 11:02	2.330,061

MULLAY-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
24/7/22 12:19	2.328,597
24/7/22 12:40	2.328,647
21/8/22 12:31	2.327,662
21/8/22 12:36	2.327,677
29/9/22 11:58	2.327,548
29/9/22 11:59	2.327,551
12/10/22 11:17	2.327,522
23/10/22 12:10	2.327,530 *
27/10/22 10:31	2.327,566 *
10/11/22 09:39	2.327,535
15/12/22 09:27	2.327,564

ALLANA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 15:10	2.323,260
18/7/22 15:11	2.323,251
24/7/22 10:57	2.322,302 *
24/7/22 11:06	2.322,323 *
21/8/22 11:29	2.322,215
21/8/22 11:36	2.322,226
26/9/22 11:54	2.322,145
23/10/22 11:13	2.323,195
27/10/22 11:45	2.322,249 *
24/11/22 09:58	2.323,206
18/12/22 16:04	2.323,277
30/12/22 12:17	2.322,309 *

SEGEA SQM

L1-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.319,819	2.319,829
Ago 2022	2.319,829	2.319,841
Sep 2022	2.319,839	2.319,851
Oct 2022	2.319,850	2.319,859
Nov 2022	2.318,448	2.319,868
Dic 2022	2.318,446	2.319,892

L7-6		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.325,480	2.325,498
Ago 2022	2.325,491	2.325,508
Sep 2022	2.325,499	2.325,510
Oct 2022	2.325,504	2.325,518
Nov 2022	2.325,502	2.325,549
Dic 2022	2.325,521	2.325,587

L2-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Min	Max
Jul 2022	2.318,778	2.318,788
Ago 2022	2.318,789	2.318,801
Sep 2022	2.318,801	2.318,812
Oct 2022	2.318,811	2.318,822
Nov 2022	2.318,820	2.318,832
Dic 2022	2.317,380	2.318,841

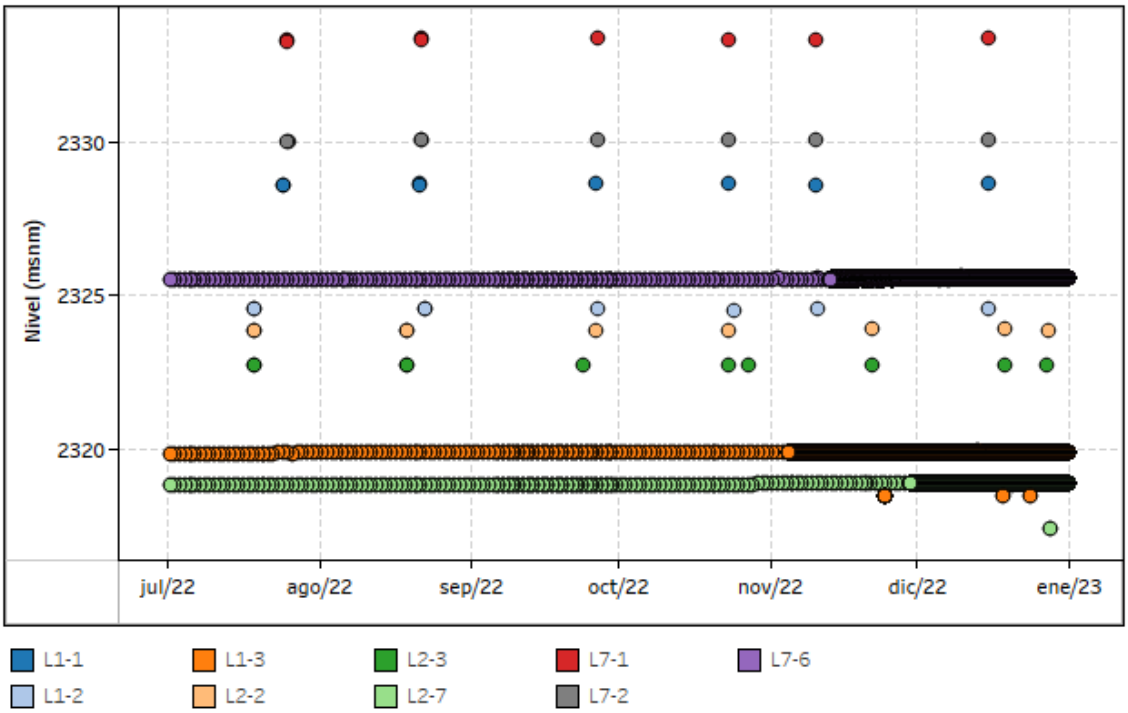
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) Corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	Comunidad Talabre	SEGEA						SQM					
	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
ALLANA		2	1					2	1	1	2	1	2
L1-1		1	1					1	1	1	1	1	1
L1-2		1	1					1	1	1	1	1	1
L1-3	1	2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4
L2-2		1	1					1	1	1	1	1	2
L2-3		1	1					1	1	1	2	1	2
L2-7		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	3
L7-1		1	1					1	1	1	1	1	1
L7-2		1	1					1	1	1	1	1	1
L7-6	1	2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4
MULLAY-1	1	1	1					1	1	1	3	1	1

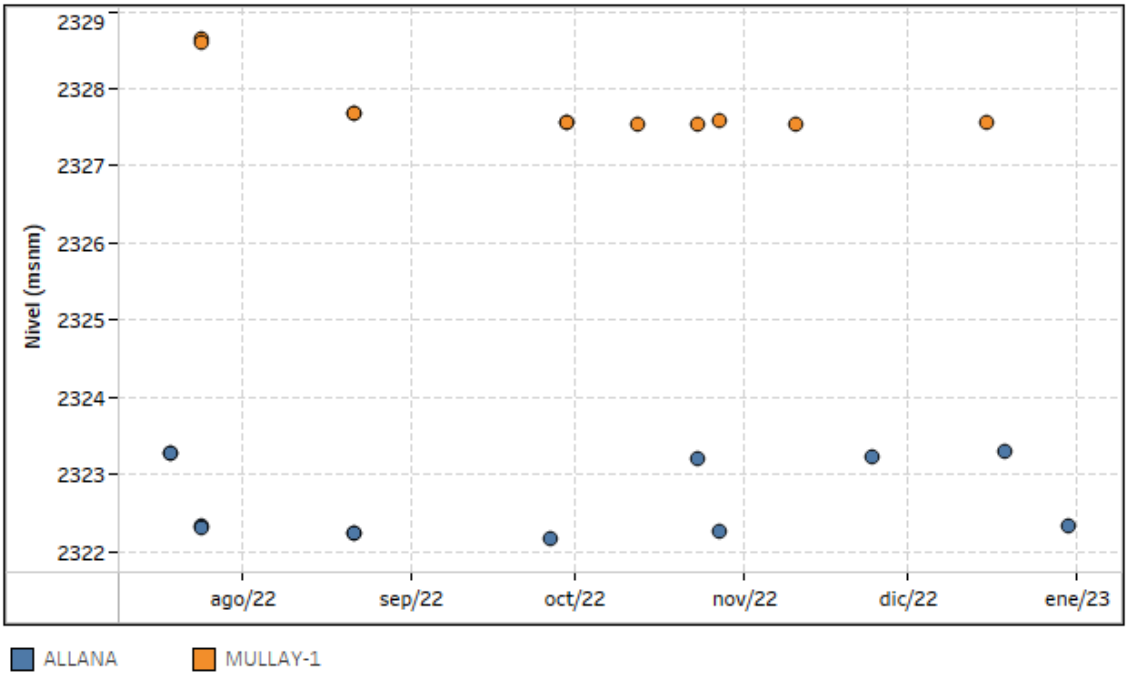
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.2.1.2 Pozos en zona marginal

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo efectuado durante el segundo semestre del año 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 y adicionalmente la participación de la Comunidad de Talabre en la medición de nivel para el pozo L7-3. Finalmente, en la Figura 5-3 se muestra gráficamente el 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 SEGEA y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por SQM Salar. El resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por una comunidad) se presentan de forma adicional.

Durante el segundo semestre 2022 se ha logrado mantener la visita estipulada todos los puntos, a excepción del pozo 1027 para el mes de septiembre (2022). Esta incluye también las visitas diarias del L7-4 desde octubre a diciembre de 2022, debido a restricción de acceso a RNF.

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

L7-4

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.302,261	2.302,261
Ago 2022	2.302,269	2.302,269
Sep 2022	2.302,276	2.302,277
Oct 2022	S/I	S/I
Nov 2022	S/I	S/I
Dic 2022	S/I	S/I

1027

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 14:54	2.307,939
19/7/22 14:56	2.307,938
16/8/22 13:37	2.307,964
16/8/22 13:39	2.307,966
30/9/22 12:00	S/I
18/10/22 12:49	2.307,982
18/10/22 13:49	2.307,982
10/11/22 11:17	2.307,970
15/11/22 11:58	2.307,966
15/11/22 12:58	2.307,966 *
13/12/22 12:28	2.307,939
13/12/22 13:31	2.307,939
15/12/22 11:44	2.307,936 *

L7-7

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 09:55	2.304,177
19/7/22 10:06	2.304,178
16/8/22 12:09	2.304,222
16/8/22 12:15	2.304,234
14/9/22 12:16	2.304,254
18/10/22 12:26	2.304,272
18/10/22 13:28	2.304,272
15/11/22 11:43	2.304,267
15/11/22 12:45	2.304,268
13/12/22 12:11	2.304,228
13/12/22 13:19	2.304,229

L7-3

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.313,496	2.313,533
Ago 2022	2.313,535	2.313,559
Sep 2022	2.313,561	2.313,569
Oct 2022	2.313,558	2.313,569
Nov 2022	2.313,523	2.313,558
Dic 2022	2.313,480	2.313,522

SEGEA SQM

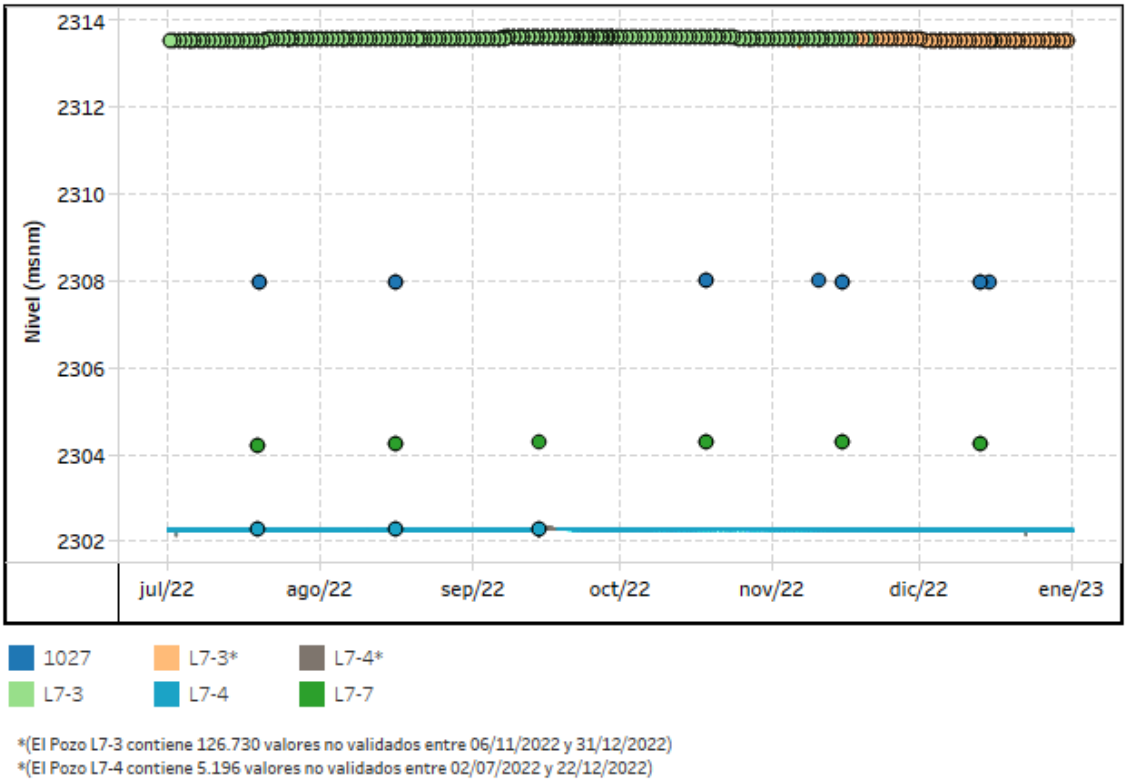
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	Comunidad Talabre	SEGEA						SQM					
	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
1027		1	1		1	1	1	1	1		1	2	2
L7-3	1	3	2	25	31	30	31	31	31	29	2	2	4
L7-4		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 segundo 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.

Los pozos L1-15 y L1-16, que se encuentran dentro de la reserva, no han podido visitarse regularmente durante el semestre, ya que en los meses de octubre y diciembre (2022) no se pudo acceder a éstos por restricción de acceso a RNF. 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 se han podido mantener, junto con dos mediciones mensuales adicionales en estos puntos.

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

L1-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 16:39	2.299,986
16/7/22 16:40	2.299,988
22/7/22 14:36	2.299,991 *
22/7/22 14:37	2.299,992 *
17/8/22 13:02	2.300,018
17/8/22 13:02	2.300,019
26/9/22 10:58	2.300,028
20/10/22 13:42	2.300,019
20/10/22 15:00	2.300,019
10/11/22 17:13	2.300,009
16/12/22 12:20	2.299,977
27/12/22 08:24	2.299,968 *

L1-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 16:26	2.299,706
16/7/22 16:27	2.299,707
17/8/22 12:49	2.299,703
17/8/22 12:49	2.299,703
15/9/22 13:53	2.299,705
16/10/22 14:26	2.299,696
22/11/22 12:41	2.299,685
16/12/22 15:58	2.299,680

L1-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
27/7/22 12:47	2.299,653
27/7/22 12:48	2.299,654
24/8/22 15:16	2.299,651
24/8/22 15:16	2.299,653
21/9/22 13:44	2.299,639
26/10/22 10:52	2.299,606
23/11/22 11:20	2.299,601
21/12/22 10:53	2.299,598

L1-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
27/7/22 12:21	2.299,646
27/7/22 12:21	2.299,648
24/8/22 15:24	2.299,675
24/8/22 15:24	2.299,678
21/9/22 13:49	2.299,686
26/10/22 10:57	2.299,697
23/11/22 11:26	2.299,631
21/12/22 10:59	2.299,622

L1-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
27/7/22 11:32	2.299,824
27/7/22 11:33	2.299,825
24/8/22 15:56	2.299,826
24/8/22 15:56	2.299,828
21/9/22 14:19	2.299,831
31/10/22 12:00	S/I
11/11/22 12:00	S/I
23/11/22 12:06	2.299,850 *
21/12/22 12:00	S/I

L1-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
27/7/22 11:11	2.300,021
27/7/22 11:19	2.300,022
24/8/22 15:48	2.300,006
24/8/22 15:50	2.300,008
21/9/22 14:09	2.299,997
31/10/22 12:00	S/I
12/11/22 12:00	S/I
23/11/22 11:59	2.299,971 *
21/12/22 12:00	S/I

L7-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
27/7/22 11:52	2.300,107
27/7/22 11:53	2.300,105
24/8/22 16:16	2.300,111
24/8/22 16:16	2.300,112
21/9/22 14:33	2.300,113
26/10/22 11:30	2.300,115
23/11/22 12:22	2.300,116
21/12/22 11:31	2.300,110

L7-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
27/7/22 11:44	2.299,930
27/7/22 11:47	2.299,930
24/8/22 16:10	2.299,942
24/8/22 16:11	2.299,944
21/9/22 14:28	2.299,953
26/10/22 11:24	2.299,952
23/11/22 12:17	2.299,953
21/12/22 11:25	2.299,948

L2-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 16:32	2.301,708
18/7/22 16:34	2.301,711
22/8/22 10:36	2.301,741
22/8/22 10:38	2.301,743
23/9/22 17:04	2.301,747
22/10/22 16:07	2.301,750
10/11/22 14:14	2.301,733
16/12/22 10:51	2.301,673
27/12/22 12:30	2.301,649 *

SEGEA SQM

L1-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.299,691	2.299,702
Ago 2022	2.299,691	2.299,700
Sep 2022	2.299,693	2.299,699
Oct 2022	2.299,691	2.299,695
Nov 2022	2.299,690	2.299,695
Dic 2022	2.299,682	2.299,692

L2-4		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.303,461	2.303,472
Ago 2022	2.303,470	2.303,479
Sep 2022	2.303,471	2.303,478
Oct 2022	2.303,463	2.303,474
Nov 2022	2.303,438	2.303,463
Dic 2022	2.303,410	2.303,442

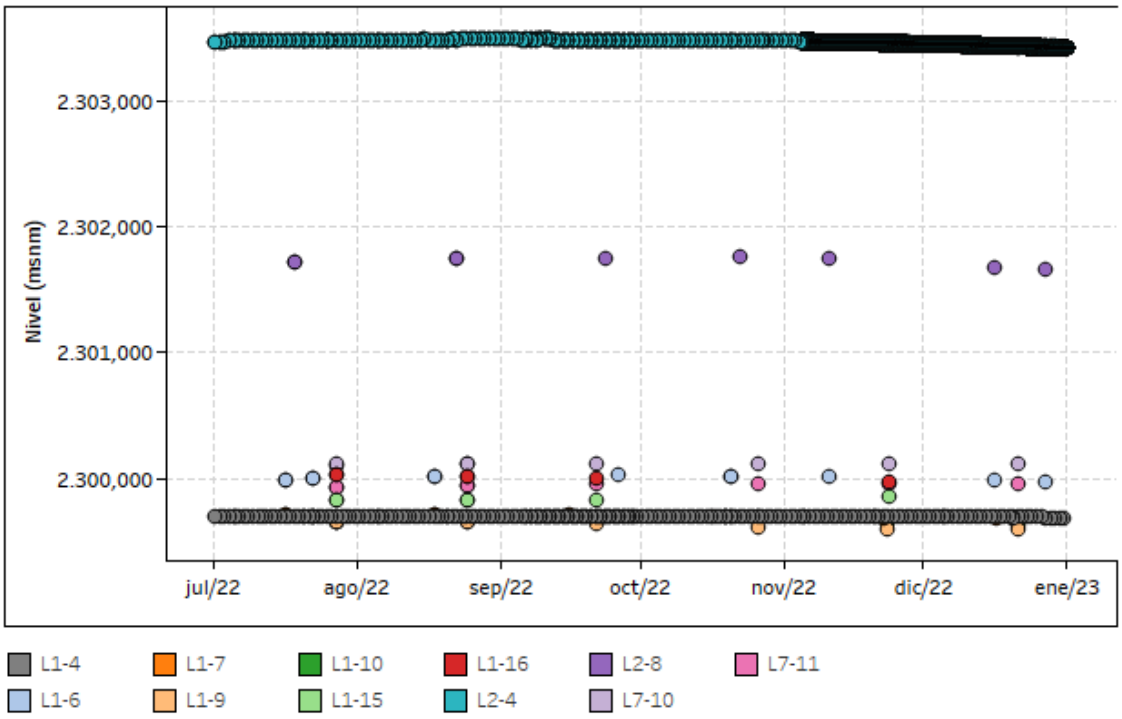
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L1-4	3	2	25	31	30	31	31	31	29	2	2	2
L1-6	2	1		1			2	1	1	1	1	2
L1-7	1	1					1	1	1	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	
L1-16	1	1					1	1	1		1	
L2-4	3	2	25	31	30	31	31	31	29	2	2	3
L2-8	1	1					1	1	1	1	1	2
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, al mismo tiempo, ninguno es indicador de estado, por lo que, las mediciones tanto de SEGEA como de SQM se restringen en este subsector a tan solo una medición mensual para todos los pozos, tal como se observa en la Tabla 5-12. Cabe recordar que las modificaciones de las mediciones se efectuaron desde septiembre 2022 bajo las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, es por ello, que las mediciones de SEGEA en los pozos PSAH solo se realizaron hasta esta fecha.

En la Tabla 5-11 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el segundo semestre 2022, se observa que todos los pozos de este grupo fueron medidos con la frecuencia comprometida a excepción de RC-1 y RC-2 que mantuvieron restricción de acceso a RNF durante octubre, noviembre y diciembre de 2022. Finalmente, en la Figura 5-5 se muestra gráficamente los niveles obtenidos en el monitoreo completo, incluyendo las mediciones comprometidas y las complementarias.

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.)
26/7/22 10:09	2.300,104
26/7/22 10:13	2.300,103
17/8/22 13:58	2.300,064
17/8/22 14:02	2.300,062
13/9/22 11:44	2.300,032
13/9/22 11:47	2.300,032
31/10/22 12:00	S/I
8/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

RC-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 10:34	2.299,720
26/7/22 10:35	2.299,720
17/8/22 14:27	2.299,711
17/8/22 14:29	2.299,711
13/9/22 12:17	2.299,705
13/9/22 12:17	2.299,706
31/10/22 12:00	S/I
7/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

RC-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 10:43	2.299,747
26/7/22 10:46	2.299,747
17/8/22 14:36	2.299,743
17/8/22 14:40	2.299,743
13/9/22 12:24	2.299,742
13/9/22 12:26	2.299,744
25/10/22 10:25	2.299,739
22/11/22 10:31	2.299,738
20/12/22 10:32	2.299,735

RC-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 10:53	2.299,471
26/7/22 10:54	2.299,470
17/8/22 14:42	2.299,467
17/8/22 14:43	2.299,467
13/9/22 12:33	2.299,472
13/9/22 12:34	2.299,469
25/10/22 10:31	2.299,471
22/11/22 10:36	2.299,474
20/12/22 10:41	2.299,472

RC-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 11:34	2.299,299
26/7/22 11:35	2.299,300
17/8/22 14:48	2.299,298
17/8/22 14:49	2.299,297
13/9/22 13:11	2.299,291
13/9/22 13:11	2.299,293
25/10/22 10:50	2.299,288
22/11/22 10:42	2.299,291
20/12/22 10:50	2.299,288

RC-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 11:24	2.299,792
26/7/22 11:25	2.299,791
17/8/22 15:03	2.299,791
17/8/22 15:04	2.299,791
13/9/22 12:57	2.299,795
13/9/22 12:58	2.299,797
25/10/22 10:05	2.299,792
22/11/22 10:18	2.299,790
20/12/22 10:13	2.299,783

RC-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 11:44	2.298,986
26/7/22 11:45	2.298,985
23/8/22 11:52	2.298,980
23/8/22 11:52	2.298,980
13/9/22 13:19	2.298,974
13/9/22 13:19	2.298,976
25/10/22 11:13	2.298,968
22/11/22 10:51	2.298,970
20/12/22 11:00	2.298,968

L7-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 11:15	2.299,909
26/7/22 11:17	2.299,908
17/8/22 15:13	2.299,905
17/8/22 15:20	2.299,906
13/9/22 12:48	2.299,909
13/9/22 12:48	2.299,911
25/10/22 09:57	2.299,907
22/11/22 10:09	2.299,897
20/12/22 09:58	2.299,888

L7-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 11:02	2.299,616
26/7/22 11:03	2.299,617
17/8/22 14:56	2.299,617
17/8/22 14:57	2.299,616
13/9/22 13:02	2.299,627
13/9/22 13:03	2.299,625
25/10/22 10:10	2.299,623
22/11/22 10:22	2.299,626
20/12/22 10:20	2.299,620

SEGEA SQM

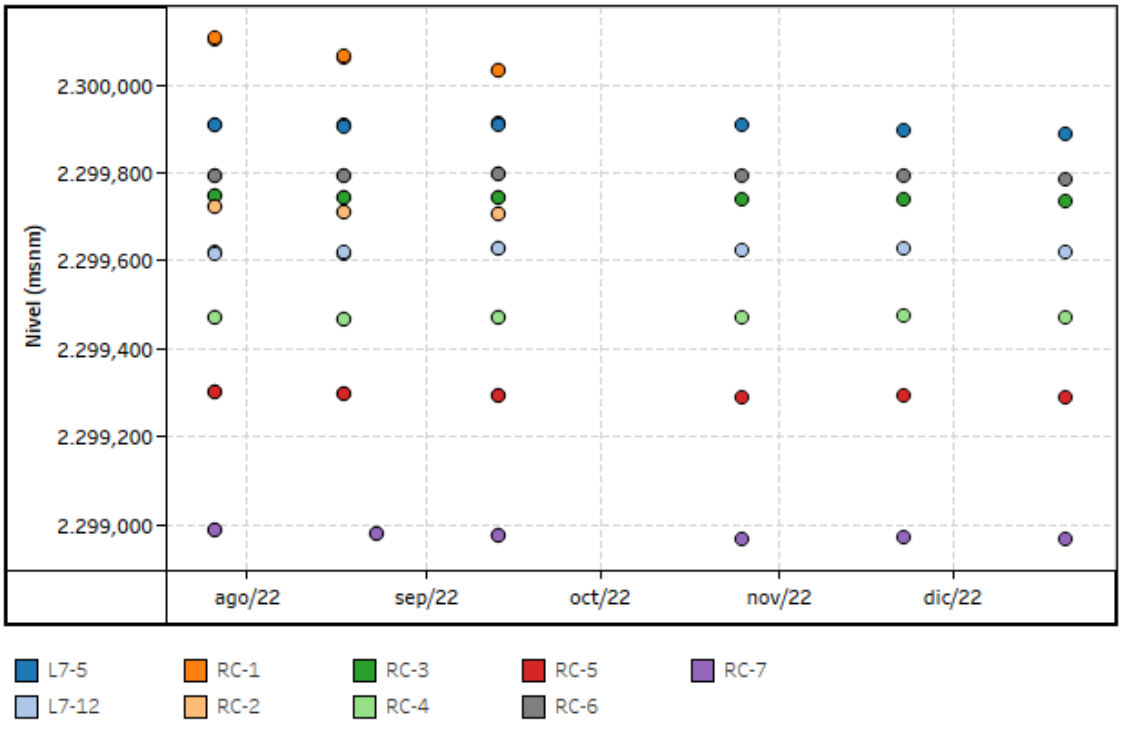
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L7-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L7-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-1	1	1	1	1	1	1			
RC-2	1	1	1	1	1	1			
RC-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RC-7	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 Tabla 5-13 se muestra el monitoreo comprometido resultante para el segundo semestre 2022, en la 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 5-6Figura 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 ETFA SEGEA y para el resto de los puntos son mediciones mensuales realizadas por SQM.

Para el presente semestre reportado, el indicador L1-5 cuenta con las mediciones de nivel diarias realizadas por la ETFA y adicionalmente 2 medidas mensuales realizadas por SQM desde septiembre de 2022. Los pozos fuera de la reserva cuentan con la medición mensual comprometida, mientras que los pozos L1-8 y L2-22 que se encuentran dentro de la reserva no pudieron ser visitados durante el mes de octubre, noviembre y diciembre.

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

L1-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 12:55	2.299,073
26/7/22 12:56	2.299,073
23/8/22 12:19	2.299,065
23/8/22 12:20	2.299,065
21/9/22 12:57	2.299,057
31/10/22 12:00	S/I
13/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

L1-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 12:04	2.299,237
26/7/22 12:05	2.299,237
23/8/22 09:53	2.299,225
23/8/22 09:53	2.299,227
21/9/22 12:24	2.299,224
19/10/22 11:41	2.299,222
16/11/22 11:26	2.299,221
14/12/22 11:15	2.299,230

L1-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 12:13	2.298,977
26/7/22 12:15	2.298,976
23/8/22 10:02	2.298,969
23/8/22 10:03	2.298,967
21/9/22 12:30	2.298,970
19/10/22 11:47	2.298,968
16/11/22 11:19	2.298,966
14/12/22 11:22	2.298,972

L1-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 11:55	2.299,215
26/7/22 11:56	2.299,215
23/8/22 10:19	2.299,207
23/8/22 10:19	2.299,208
21/9/22 12:09	2.299,207
19/10/22 11:32	2.299,208
16/11/22 11:34	2.299,204
14/12/22 11:32	2.299,208

L1-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 12:23	2.298,858
26/7/22 12:25	2.298,857
23/8/22 09:40	2.298,849
23/8/22 09:41	2.298,848
21/9/22 12:41	2.298,848
19/10/22 11:23	2.298,840
16/11/22 11:42	2.298,836
14/12/22 11:07	2.298,834

GD-01	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 10:10	2.298,628
20/7/22 10:13	2.298,630
20/8/22 10:38	2.298,622
20/8/22 10:39	2.298,622
20/9/22 10:09	2.298,615
20/9/22 10:10	2.298,615
20/10/22 09:14	2.298,602
20/10/22 10:17	2.298,603
20/11/22 11:56	2.298,594
20/11/22 11:59	2.298,595
20/12/22 11:09	2.298,585
20/12/22 12:09	2.298,585

L2-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 15:00	2.298,685
16/7/22 15:02	2.298,687
16/8/22 14:19	2.298,682
16/8/22 14:21	2.298,683
15/9/22 12:58	2.298,680
15/10/22 16:50	2.298,658
22/11/22 10:42	2.298,628
16/12/22 14:38	2.298,616

L2-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 14:08	2.298,625
16/7/22 14:49	2.298,627
16/8/22 14:07	2.298,625
16/8/22 14:07	2.298,626
15/9/22 12:50	2.298,622
15/10/22 16:40	2.298,604
22/11/22 10:32	2.298,587
16/12/22 14:27	2.298,575

L2-18	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 12:11	2.298,780
16/7/22 12:13	2.298,781
16/8/22 12:32	2.298,770
16/8/22 12:32	2.298,772
15/9/22 11:10	2.298,764
15/10/22 14:25	2.298,756
21/11/22 13:32	2.298,748
16/12/22 12:44	2.298,744

L2-19	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 12:02	2.298,660
16/7/22 12:05	2.298,661
16/8/22 12:22	2.298,649
16/8/22 12:25	2.298,651
15/9/22 11:14	2.298,643
15/10/22 14:21	2.298,632
21/11/22 13:28	2.298,625
16/12/22 12:39	2.298,620

L2-22	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 12:34	2.298,788
26/7/22 12:37	2.298,788
23/8/22 12:06	2.298,779
23/8/22 12:06	2.298,780
21/9/22 12:50	2.298,774
31/10/22 12:00	S/I
14/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

L2-24	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 14:04	2.299,069
26/7/22 14:05	2.299,069
23/8/22 13:14	2.299,061
23/8/22 13:15	2.299,063
20/9/22 18:02	2.299,046
19/10/22 13:03	2.299,038
16/11/22 12:59	2.299,010
14/12/22 12:37	2.299,016

P1-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 10:39	2.298,950
15/7/22 10:47	2.298,951
15/8/22 10:32	2.298,941
15/8/22 10:34	2.298,942
15/9/22 11:31	2.298,935
16/10/22 11:08	2.298,924
23/11/22 11:57	2.298,913
15/12/22 10:03	2.298,909

P1-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 10:58	2.298,886
15/7/22 11:04	2.298,886
15/8/22 10:38	2.298,877
15/8/22 10:40	2.298,878
15/9/22 11:27	2.298,869
16/10/22 11:19	2.298,861
23/11/22 12:05	2.298,849
15/12/22 10:13	2.298,844

P1-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 11:12	2.298,978
15/7/22 11:17	2.298,979
15/8/22 10:45	2.298,968
15/8/22 11:01	2.298,970
15/9/22 11:24	2.298,960
16/10/22 11:28	2.298,860
23/11/22 12:11	2.298,938
15/12/22 10:22	2.298,935

P1-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 11:24	2.299,101
15/7/22 11:29	2.299,102
15/8/22 11:05	2.299,095
15/8/22 11:52	2.299,093
15/9/22 11:21	2.299,086
16/10/22 11:37	2.299,075
23/11/22 12:17	2.299,064
15/12/22 10:46	2.299,059

P1-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 13:34	2.298,972
26/7/22 13:35	2.298,973
23/8/22 12:52	2.298,964
23/8/22 12:52	2.298,964
20/9/22 18:01	2.298,958
19/10/22 12:21	2.298,950
16/11/22 12:01	2.298,940
14/12/22 11:57	2.298,931

P1-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 13:21	2.298,929
26/7/22 13:25	2.298,930
23/8/22 12:41	2.298,921
23/8/22 12:41	2.298,921
20/9/22 18:01	2.298,913
19/10/22 12:28	2.298,906
16/11/22 12:08	2.298,896
14/12/22 12:03	2.298,889

P1-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 13:04	2.299,108
26/7/22 13:06	2.299,108
23/8/22 12:30	2.299,100
23/8/22 12:30	2.299,101
20/9/22 18:02	2.299,092
19/10/22 12:35	2.299,083
16/11/22 12:15	2.299,073
14/12/22 12:09	2.299,068

L2-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
5/7/22 11:04	2.298,647
10/7/22 13:15	2.298,651 *
15/7/22 09:51	2.298,651 *
16/7/22 14:35	2.298,647
16/7/22 14:37	2.298,648 *
21/7/22 10:35	2.298,644 *
25/7/22 10:12	2.298,643 *
30/7/22 10:51	2.298,648 *
16/8/22 13:58	2.298,645
16/8/22 13:59	2.298,645
15/9/22 12:44	2.298,640
15/10/22 16:19	2.298,626
22/11/22 10:25	2.298,611
16/12/22 14:18	2.298,606

L2-17	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
5/7/22 11:19	2.298,699
10/7/22 13:30	2.298,701 *
15/7/22 09:37	2.298,700 *
16/7/22 12:33	2.298,697
16/7/22 12:34	2.298,698 *
21/7/22 10:49	2.298,695 *
25/7/22 10:24	2.298,693 *
30/7/22 11:06	2.298,695 *
16/8/22 13:08	2.298,690
16/8/22 13:09	2.298,688
15/9/22 12:12	2.298,682
15/10/22 15:02	2.298,673
22/11/22 09:38	2.298,658
16/12/22 13:08	2.298,652

L1-5		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.299,072	2.299,082
Ago 2022	2.299,061	2.299,073
Sep 2022	2.299,051	2.299,063
Oct 2022	2.299,045	2.299,052
Nov 2022	2.299,035	2.299,045
Dic 2022	2.299,024	2.299,035

SEGEA SQM

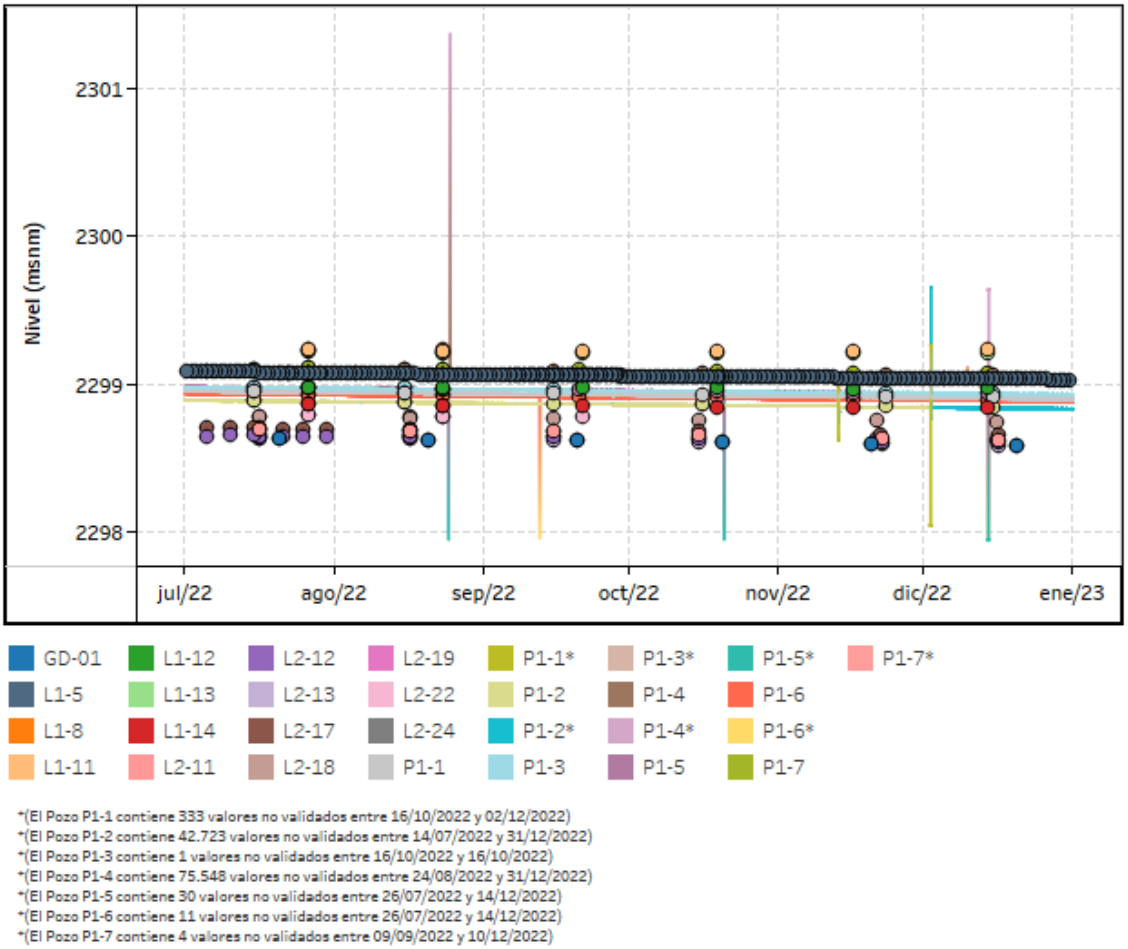
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
GD-01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L1-5	3	2	25	32	30	31	32	31	29	2	2	2
L1-8	1	1					1	1	1			
L1-11	1	1					1	1	1	1	1	1
L1-12	1	1					1	1	1	1	1	1
L1-13	1	1					1	1	1	1	1	1
L1-14	1	1					1	1	1	1	1	1
L2-11	1	1					1	1	1	1	1	1
L2-12	1	1					7	1	1	1	1	1
L2-13	1	1					1	1	1	1	1	1
L2-17	1	1					7	1	1	1	1	1
L2-18	1	1					1	1	1	1	1	1
L2-19	1	1					1	1	1	1	1	1
L2-22	1	1					1	1	1			
L2-24	1	1					1	1	1	1	1	1
P1-1	1	1					1	1	1	1	1	1
P1-2	1	1					1	1	1	1	1	1
P1-3	1	1					1	1	1	1	1	1
P1-4	1	1					1	1	1	1	1	1
P1-5	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



*(El Pozo P1-1 contiene 333 valores no validados entre 16/10/2022 y 02/12/2022)
*(El Pozo P1-2 contiene 42.723 valores no validados entre 14/07/2022 y 31/12/2022)
*(El Pozo P1-3 contiene 1 valores no validados entre 16/10/2022 y 16/10/2022)
*(El Pozo P1-4 contiene 75.548 valores no validados entre 24/08/2022 y 31/12/2022)
*(El Pozo P1-5 contiene 30 valores no validados entre 26/07/2022 y 14/12/2022)
*(El Pozo P1-6 contiene 11 valores no validados entre 26/07/2022 y 14/12/2022)
*(El Pozo P1-7 contiene 4 valores no validados entre 09/09/2022 y 10/12/2022)

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 (L2-15, L2-9, L2-10, L2-21, L2-5, L2-23, L2-16, P2-1, P2-2, P2-3 P2-4 y P2-5) que se encuentran en este subsector, de los cuales ninguno es indicador de estado.

Los pozos L2-23, L2-16, L2-9, P2-1, P2-2, P2-3 P2-4 y P2-5 se encuentran dentro de la reserva. Por otro lado, son 8 pozos los que cuentan con medición continua, estos son: L2-15, L2-9, L2-10, L2-21, L2-5, L2-23 y L2-16.

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 segundo 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 los pozos L2-23, P2-4 y P2-5 se visitó durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2022, ya que en el resto de meses se restringió el acceso a RNF.

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

L2-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 15:18	2.299,411
16/7/22 15:19	2.299,412
22/7/22 13:25	2.299,423 *
22/7/22 13:25	2.299,423 *
17/8/22 11:13	2.299,439
17/8/22 11:16	2.299,440
15/9/22 13:11	2.299,432
16/10/22 13:33	2.299,398
19/10/22 11:02	2.299,397
19/10/22 12:14	2.299,396 *
22/11/22 10:54	2.299,374
16/12/22 15:06	2.299,363

L2-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 11:58	2.298,888
15/7/22 12:05	2.298,890
15/8/22 11:26	2.298,880
15/8/22 11:27	2.298,881
15/9/22 11:41	2.298,869
16/10/22 13:13	2.298,816
23/11/22 12:40	2.298,778
15/12/22 11:08	2.298,747

L2-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 16:12	2.299,601
16/7/22 16:14	2.299,602
17/8/22 12:28	2.299,597
17/8/22 12:28	2.299,598
15/9/22 13:42	2.299,598
16/10/22 14:08	2.299,580
22/11/22 12:26	2.299,555
16/12/22 15:48	2.299,531

L2-21	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 15:46	2.299,596
16/7/22 15:47	2.299,596
17/8/22 11:41	2.299,571
17/8/22 12:14	2.299,571
15/9/22 13:30	2.299,569
16/10/22 13:57	2.299,524
22/11/22 11:58	2.299,487
16/12/22 15:23	2.299,444

L2-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 15:29	2.299,399
16/7/22 15:31	2.299,401
17/8/22 11:25	2.299,388
17/8/22 11:26	2.299,388
15/9/22 13:18	2.299,351
16/10/22 13:40	2.299,267
22/11/22 11:39	2.299,196
16/12/22 15:13	2.299,143

L2-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 13:09	2.299,551
15/7/22 13:15	2.299,553
15/8/22 11:54	2.299,543
15/8/22 12:08	2.299,544
15/9/22 11:55	2.299,527
16/10/22 12:55	2.299,487
23/11/22 13:05	2.299,436
15/12/22 11:44	2.299,397

L2-23	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 14:35	2.299,944
26/7/22 14:38	2.299,945
23/8/22 13:47	2.299,935
23/8/22 14:03	2.299,935
20/9/22 18:05	2.299,895
31/10/22 12:00	S/I
15/11/22 12:00	S/I
15/12/22 12:00	S/I

P2-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 12:28	2.298,955
15/7/22 12:32	2.298,957
15/8/22 11:32	2.298,946
15/8/22 11:33	2.298,947
15/9/22 11:45	2.298,938
16/10/22 12:32	2.298,891
23/11/22 12:48	2.298,856
15/12/22 11:13	2.298,822

P2-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 12:38	2.299,091
15/7/22 12:44	2.299,092
15/8/22 11:38	2.299,080
15/8/22 11:39	2.299,081
15/9/22 11:48	2.299,072
16/10/22 12:40	2.299,040
23/11/22 12:55	2.299,009
15/12/22 11:16	2.298,984

P2-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 12:57	2.299,249
15/7/22 13:02	2.299,250
15/8/22 11:47	2.299,253
15/8/22 11:49	2.299,253
15/9/22 11:51	2.299,249
16/10/22 12:45	2.299,224
23/11/22 13:00	2.299,175
15/12/22 11:33	2.299,153

P2-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 14:15	2.299,782
26/7/22 14:18	2.299,781
23/8/22 13:27	2.299,775
23/8/22 13:28	2.299,775
20/9/22 18:03	2.299,764
31/10/22 12:00	S/I
10/11/22 12:00	S/I
15/12/22 12:00	S/I

P2-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/7/22 14:54	2.299,932
26/7/22 14:55	2.299,932
23/8/22 13:36	2.299,919
23/8/22 13:37	2.299,920
20/9/22 18:02	2.299,890
31/10/22 12:00	S/I
9/11/22 12:00	S/I
15/12/22 12:00	S/I

SEGEA SQM

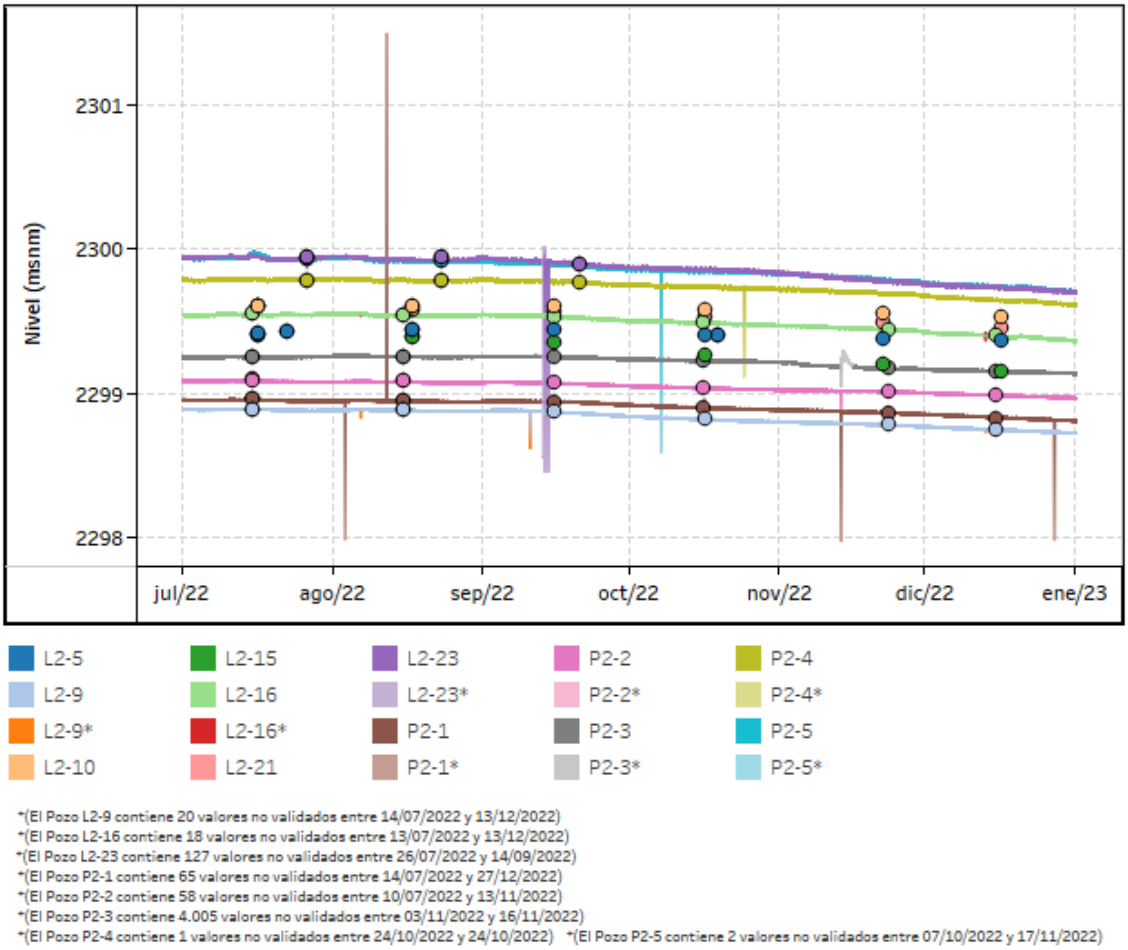
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) corresponde a una remedición

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

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	10/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L2-5	2	1	1	2	1	1	2	1	1
L2-9	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-10	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-15	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-16	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-21	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-23	1	1		1	1	1			
P2-1	1	1		1	1	1	1	1	1
P2-2	1	1		1	1	1	1	1	1
P2-3	1	1		1	1	1	1	1	1
P2-4	1	1		1	1	1			
P2-5	1	1		1	1	1			

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 20 valores no validados entre 14/07/2022 y 13/12/2022)
*(El Pozo L2-16 contiene 18 valores no validados entre 13/07/2022 y 13/12/2022)
*(El Pozo L2-23 contiene 127 valores no validados entre 26/07/2022 y 14/09/2022)
*(El Pozo P2-1 contiene 65 valores no validados entre 14/07/2022 y 27/12/2022)
*(El Pozo P2-2 contiene 58 valores no validados entre 10/07/2022 y 13/11/2022)
*(El Pozo P2-3 contiene 4.005 valores no validados entre 03/11/2022 y 16/11/2022)
*(El Pozo P2-4 contiene 1 valores no validados entre 24/10/2022 y 24/10/2022) *(El Pozo P2-5 contiene 2 valores no validados entre 07/10/2022 y 17/11/2022)

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 segundo 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.)
28/7/22 17:29	S/I	28/7/22 17:29	S/I
25/8/22 12:00	S/I	25/8/22 12:00	S/I
30/9/22 12:00	S/I	30/9/22 12:00	S/I
30/10/22 12:00	S/I	30/10/22 12:00	S/I
30/11/22 12:00	S/I	30/11/22 12:00	S/I
31/12/22 12:00	S/I	31/12/22 12:00	S/I

SEGEA SQM

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, notar que, las mediciones continuas son entregadas de forma bruta, por lo que, los *outliers* se visualizan como líneas fuera de tendencia en la misma figura.

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

SOPM-7 (L2-6)	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 13:16	2.298,642
16/7/22 13:23	2.298,643
22/7/22 10:21	2.298,637 *
22/7/22 10:21	2.298,639 *
16/8/22 13:50	2.298,637
16/8/22 13:50	2.298,638
15/9/22 12:38	2.298,632
15/10/22 15:46	2.298,625
19/10/22 11:47	2.298,621
19/10/22 12:57	2.298,620 *
22/11/22 10:17	2.298,611
16/12/22 13:58	2.298,609

SOPM-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 12:44	2.298,615
16/7/22 12:45	2.298,616
16/8/22 13:21	2.298,609
16/8/22 13:22	2.298,607
15/9/22 12:20	2.298,600
15/10/22 15:11	2.298,591
22/11/22 09:48	2.298,579
16/12/22 13:28	2.298,576

SOPM-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 12:24	2.298,600
16/7/22 12:25	2.298,601
22/7/22 10:52	2.298,597 *
22/7/22 10:52	2.298,599 *
16/8/22 13:00	2.298,592
16/8/22 13:01	2.298,591
15/9/22 12:07	2.298,585
15/10/22 14:44	2.298,576
19/10/22 12:15	2.298,574
19/10/22 13:27	2.298,573 *
22/11/22 09:33	2.298,564
16/12/22 12:56	2.298,560

L2-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 13:02	2.298,681
16/7/22 13:04	2.298,682
16/8/22 13:35	2.298,675
16/8/22 13:36	2.298,674
15/9/22 12:29	2.298,663
15/10/22 15:28	2.298,656
22/11/22 10:04	2.298,646
16/12/22 13:46	2.298,645

L2-20	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 11:41	2.298,609
16/7/22 11:44	2.298,611
16/8/22 12:05	2.298,598
16/8/22 12:05	2.298,599
15/9/22 11:00	2.298,591
15/10/22 13:37	2.298,584
21/11/22 13:02	2.298,575
16/12/22 11:58	2.298,569

2021	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 10:02	2.298,737
15/7/22 10:09	2.298,738
15/8/22 09:55	2.298,725
15/8/22 10:09	2.298,727
15/9/22 10:08	2.298,717
16/10/22 10:41	2.298,708
23/11/22 16:08	2.298,701
15/12/22 09:34	2.298,694

SEGEA SQM

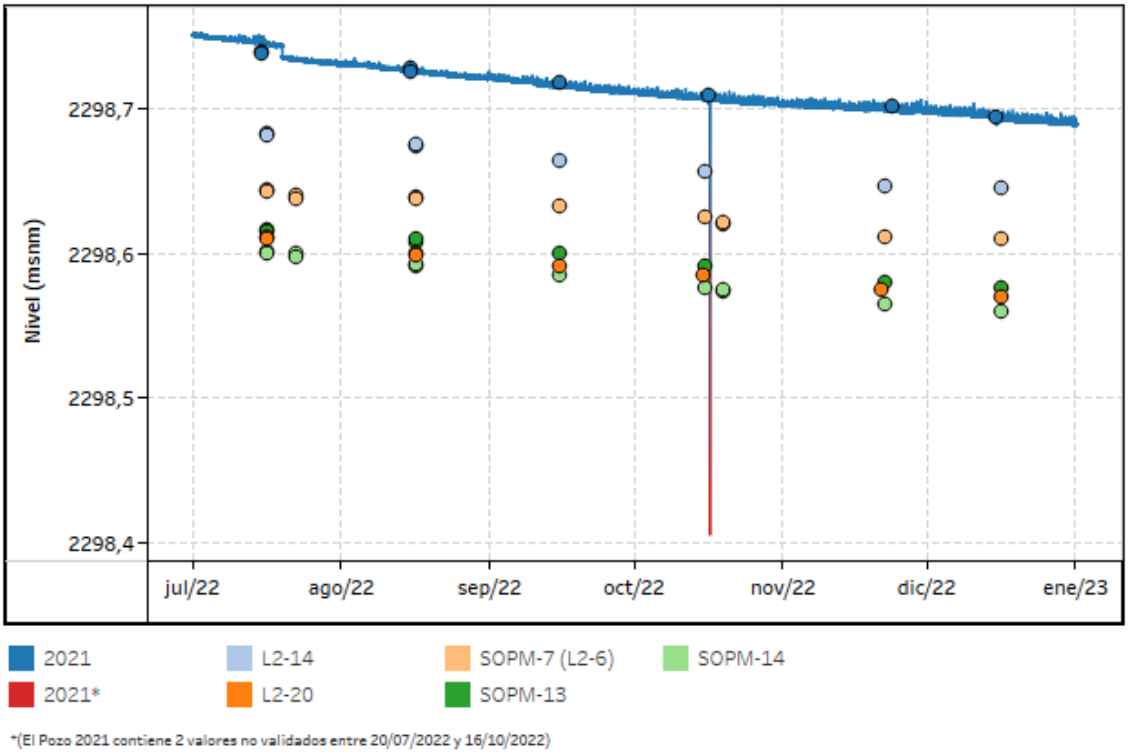
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) corresponde a una remedición.

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

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	10/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
2021	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-14	1	1		1	1	1	1	1	1
L2-20	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-7 (L2-6)	2	1	1	2	1	1	2	1	1
SOPM-13	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-14	2	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 segundo 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.)
28/7/22 17:29	S/I
25/8/22 12:00	S/I
30/9/22 12:00	S/I
30/10/22 12:00	S/I
30/11/22 12:00	S/I
31/12/22 12:00	S/I

L7-G1

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 14:35	2.300,246
20/7/22 14:37	2.300,247
17/8/22 14:08	2.300,189
17/8/22 14:09	2.300,188
13/9/22 11:54	2.300,161
13/9/22 11:55	2.300,160
31/10/22 12:00	S/I
16/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

L7-G2 POZO

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 11:26	2.301,187
19/7/22 11:30	2.301,187
16/8/22 13:03	2.301,188
16/8/22 13:04	2.301,189
30/9/22 12:00	S/I
31/10/22 12:00	S/I
17/11/22 12:00	S/I
13/12/22 12:00	S/I

L7-G2 REGLILLA

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 11:29	2.301,370
19/7/22 11:31	2.301,371
16/8/22 13:07	2.301,373
16/8/22 13:08	2.301,374
30/9/22 12:00	S/I
31/10/22 12:00	S/I
18/11/22 12:00	S/I
13/12/22 12:00	S/I

L1-G4 REGLILLA

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.299,099	2.299,107
Ago 2022	2.299,091	2.299,101
Sep 2022	2.299,082	2.299,092
Oct 2022	2.299,072	2.299,081
Nov 2022	2.299,060	2.299,072
Dic 2022	2.299,047	2.299,060

L1-G4 POZO

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.299,100	2.299,107
Ago 2022	2.299,092	2.299,101
Sep 2022	2.299,082	2.299,092
Oct 2022	2.299,072	2.299,081
Nov 2022	2.299,061	2.299,072
Dic 2022	2.299,050	2.299,061

SEGEA SQM

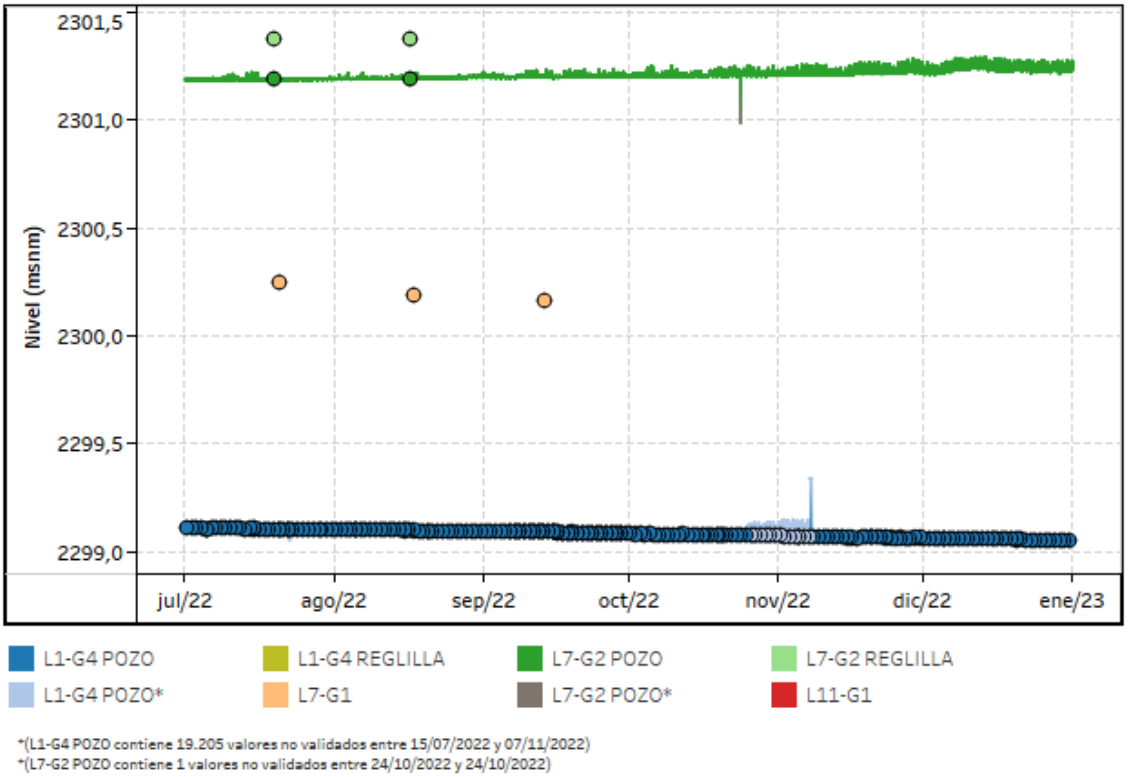
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L1-G4 POZO	4	3	24	32	30	31	33	32	30	2	3	3
L1-G4 REGLILLA	2	2	25	32	30	31	31	31	29	2	3	2
L7-G1	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



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 segundo 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 gráficamente 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.)
19/7/22 12:34	2.301,285
19/7/22 14:08	2.301,285
16/8/22 09:58	2.301,290
16/8/22 11:08	2.301,292
14/9/22 10:45	2.301,278
18/10/22 09:28	2.301,269
18/10/22 10:35	2.301,270
15/11/22 10:33	2.301,272
15/11/22 12:40	2.301,271
13/12/22 10:37	2.301,269
13/12/22 12:38	2.301,269

PUENTE SAN LUIS REGLILLA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 12:38	2.301,290
19/7/22 14:09	2.301,291
16/8/22 10:04	2.301,295
16/8/22 11:33	2.301,297
14/9/22 10:52	2.301,282
18/10/22 09:34	2.301,276
18/10/22 10:36	2.301,276
15/11/22 10:42	2.301,279
15/11/22 12:35	2.301,279
13/12/22 10:45	2.301,274
13/12/22 12:39	2.301,274

REGLILLA BURRO MUERTO SQM	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 12:47	2.301,103
19/7/22 14:10	2.301,104
16/8/22 10:15	2.301,102
16/8/22 11:36	2.301,102
14/9/22 11:08	2.301,102
18/10/22 09:44	2.301,094
18/10/22 10:45	2.301,095
15/11/22 10:53	2.301,090
15/11/22 12:36	2.301,090
13/12/22 11:00	2.301,093
13/12/22 12:44	2.301,093

REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 12:52	2.301,095
19/7/22 14:11	2.301,096
16/8/22 10:20	2.301,093
16/8/22 11:39	2.301,096
14/9/22 11:16	2.301,090
18/10/22 09:50	2.301,082
18/10/22 10:49	2.301,083
15/11/22 10:57	2.301,075
15/11/22 12:37	2.301,075
13/12/22 11:05	2.301,077
13/12/22 12:44	2.301,077

SEGEA SQM

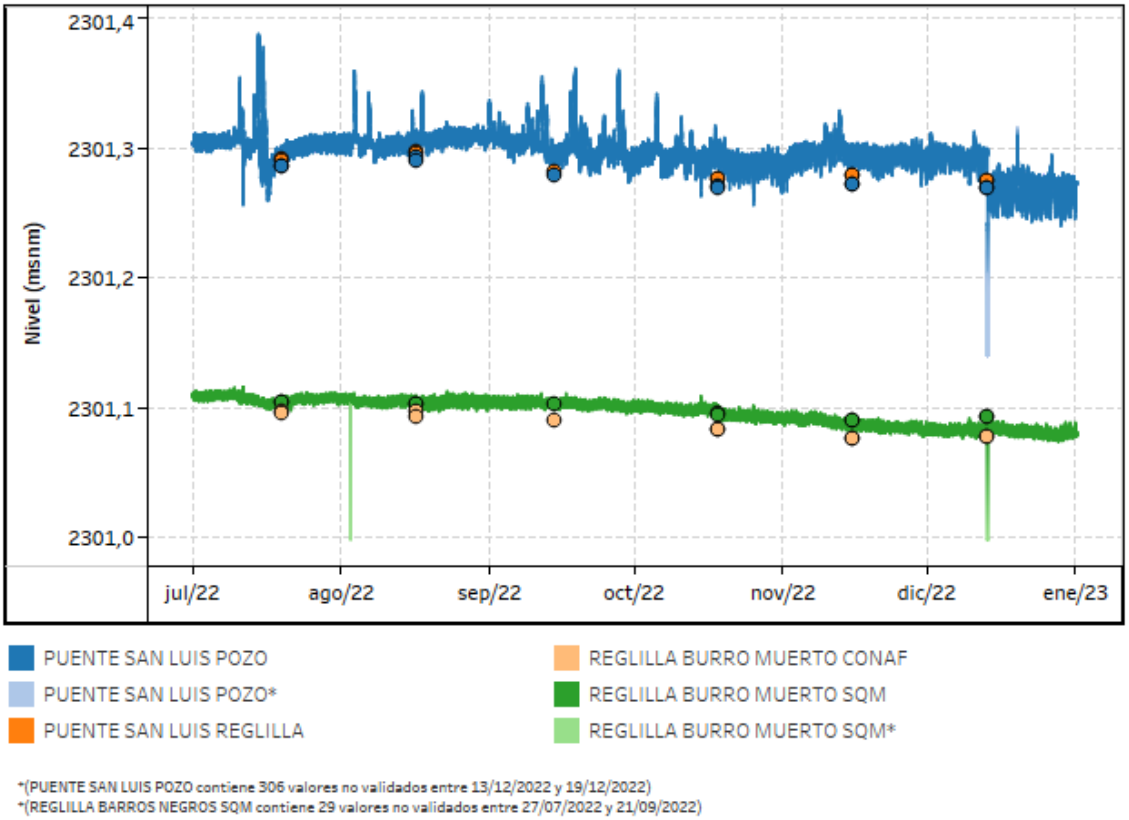
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

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

	SEGEA					SQM					
	07/22	08/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
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 segundo 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 agua 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.)
20/7/22 16:47	2.299,960
20/7/22 16:48	2.299,961
23/8/22 10:50	2.299,960
23/8/22 11:27	2.299,962
21/9/22 11:23	2.299,935
31/10/22 12:00	S/I
5/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

REGLILLA PUILAR SQM

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 10:58	2.301,210
19/7/22 11:19	2.301,210
16/8/22 12:47	2.301,212
16/8/22 12:54	2.301,212
30/9/22 12:00	S/I
31/10/22 12:00	S/I
1/11/22 12:00	S/I
13/12/22 12:00	S/I

REGLILLA CHAXAS SQM

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 13:15	2.300,176
20/7/22 13:17	2.300,176
17/8/22 13:12	2.300,178
17/8/22 13:14	2.300,176
13/9/22 11:12	2.300,154
13/9/22 12:18	2.300,156
31/10/22 12:00	S/I
3/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

REGLILLA BARROS NEGROS CONAF

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 16:43	2.299,979
20/7/22 16:45	2.299,979
23/8/22 10:59	2.299,984
23/8/22 11:28	2.299,984
21/9/22 11:32	2.299,952
31/10/22 12:00	S/I
6/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

REGLILLA PUILAR CONAF

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 11:01	2.301,186
19/7/22 11:20	2.301,187
16/8/22 12:52	2.301,188
16/8/22 12:55	2.301,188
30/9/22 12:00	S/I
31/10/22 12:00	S/I
2/11/22 12:00	S/I
13/12/22 12:00	S/I

REGLILLA CHAXAS CONAF

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 13:22	2.300,206
20/7/22 13:23	2.300,206
17/8/22 13:21	2.300,207
17/8/22 13:22	2.300,207
13/9/22 11:20	2.300,186
13/9/22 12:19	2.300,187
31/10/22 12:00	S/I
4/11/22 12:00	S/I
20/12/22 12:00	S/I

SEGEA SQM

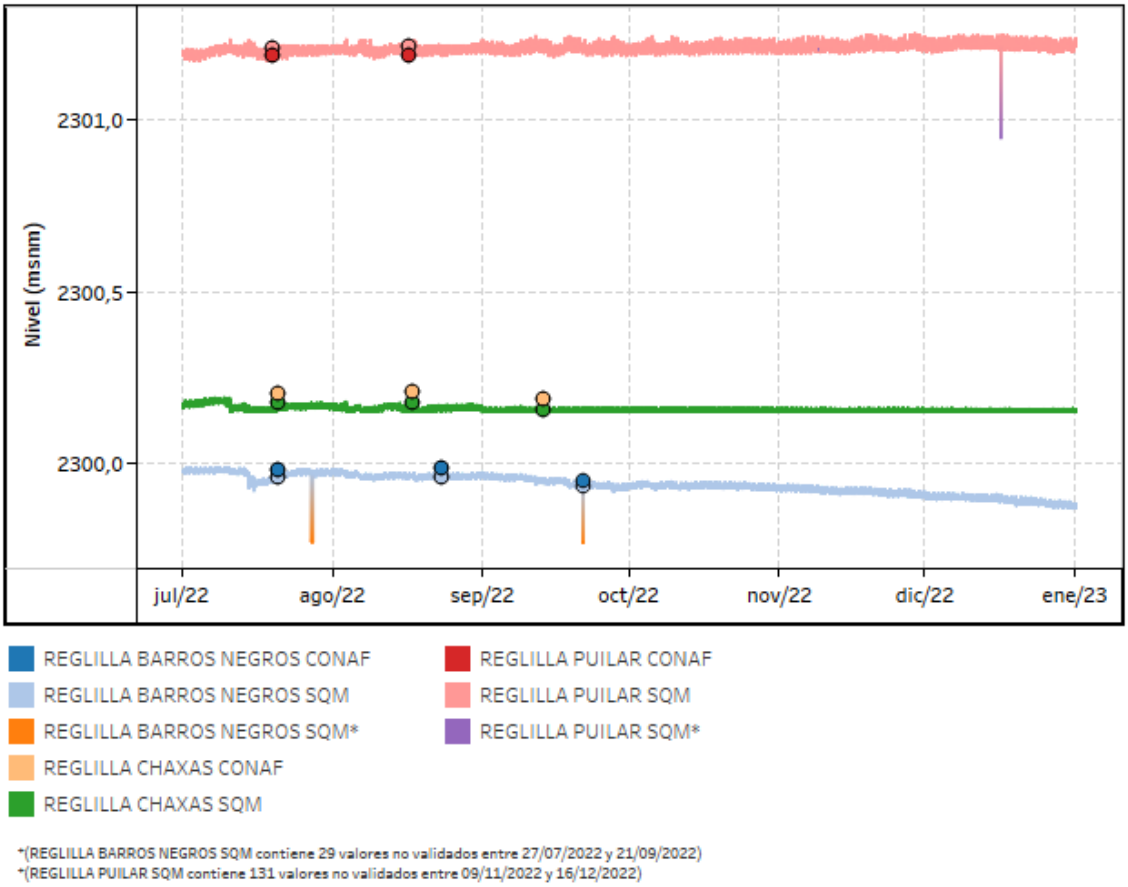
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

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

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
REGLILLA BARROS NEGROS CONAF	1	1		1	1	1			
REGLILLA BARROS NEGROS SQM	1	1		1	1	1			
REGLILLA CHAXAS CONAF	1	1	1	1	1	1			
REGLILLA CHAXAS SQM	1	1	1	1	1	1			
REGLILLA PUILAR CONAF	1	1		1	1				
REGLILLA PUILAR SQM	1	1		1	1				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: 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 julio y diciembre de 2022. Los resultados gráficos se exponen en la Figura 5-12, tal como se observa, no se registraron precipitaciones durante este semestre, las tasas de evaporación y las temperaturas promedios diarias aumentan debido a la estacionalidad. En el Anexo 9.1 se presentan en forma tabulada los registros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel medio diario para el período de reporte.

Debido a las restricciones de ingreso a RNF durante algunos periodos del segundo semestre de 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.

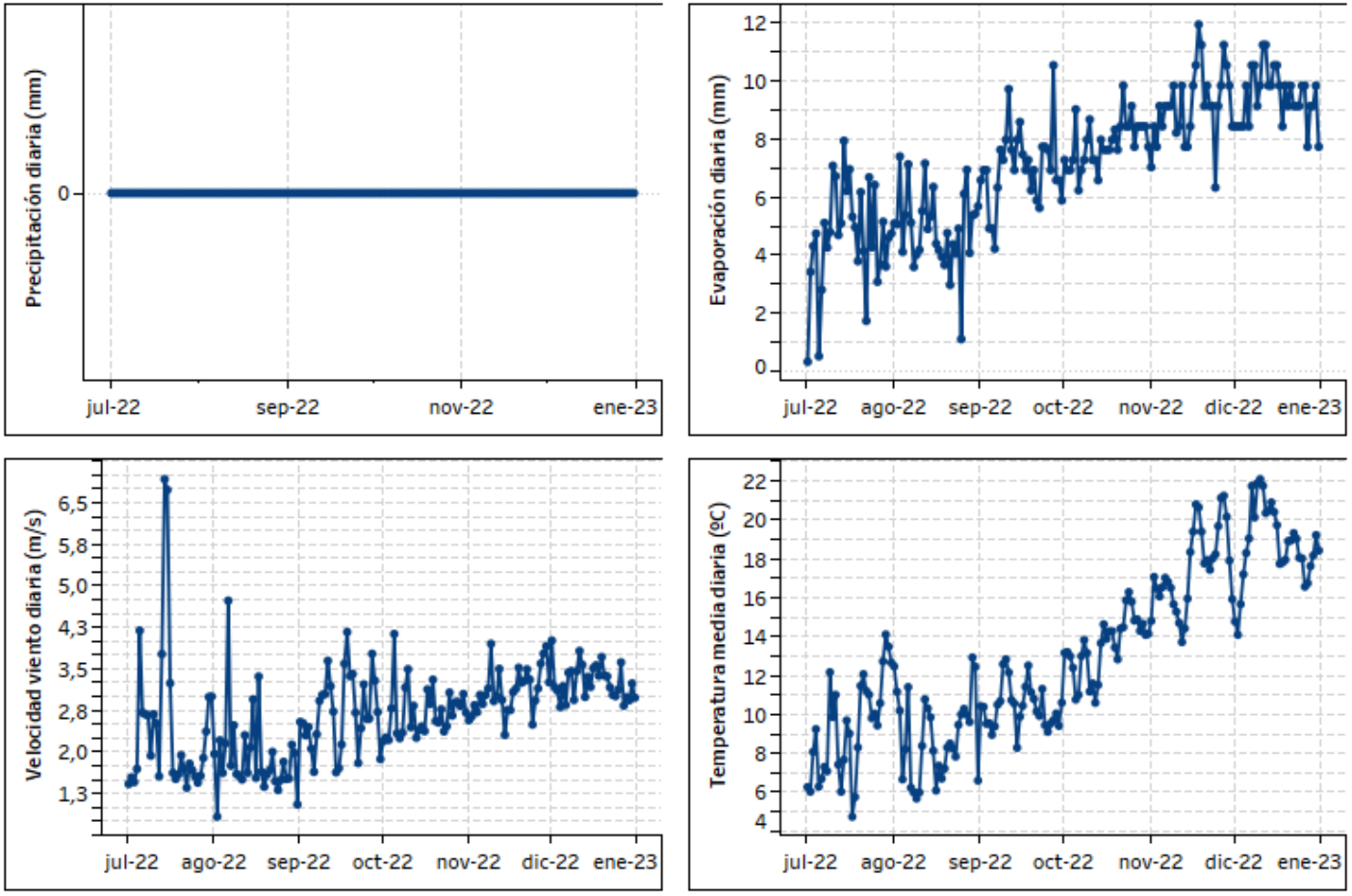
En el caso de la evaporación no se ha podido acceder con continuidad para realizar los ajustes al sensor del tanque de agua para la bandeja en las fechas necesarias, lo que hace que no existan mediciones representativas en algunos periodos, por lo que se ha tenido que rellenar esta información a partir 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, por lo que, estos datos han tenido que ser rellenados posteriormente a partir de los registros de otras estaciones (ver Anexo 9.2).

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

Parametros	Unidad	Mín. Valor	Máx. Valor	Prom. Valor	Desv. están. de Valor
Precipitación*	mm/día	0,00	0,00	0,00	0,00
Evaporación*	mm/día	0,32	11,95	7,16	2,27
Velocidad del viento*	m/s	0,83	6,92	2,69	0,86
Temperatura media diaria*	ºC	4,74	22,07	13,02	4,36
* 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 julio a diciembre de 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 4-19, 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.

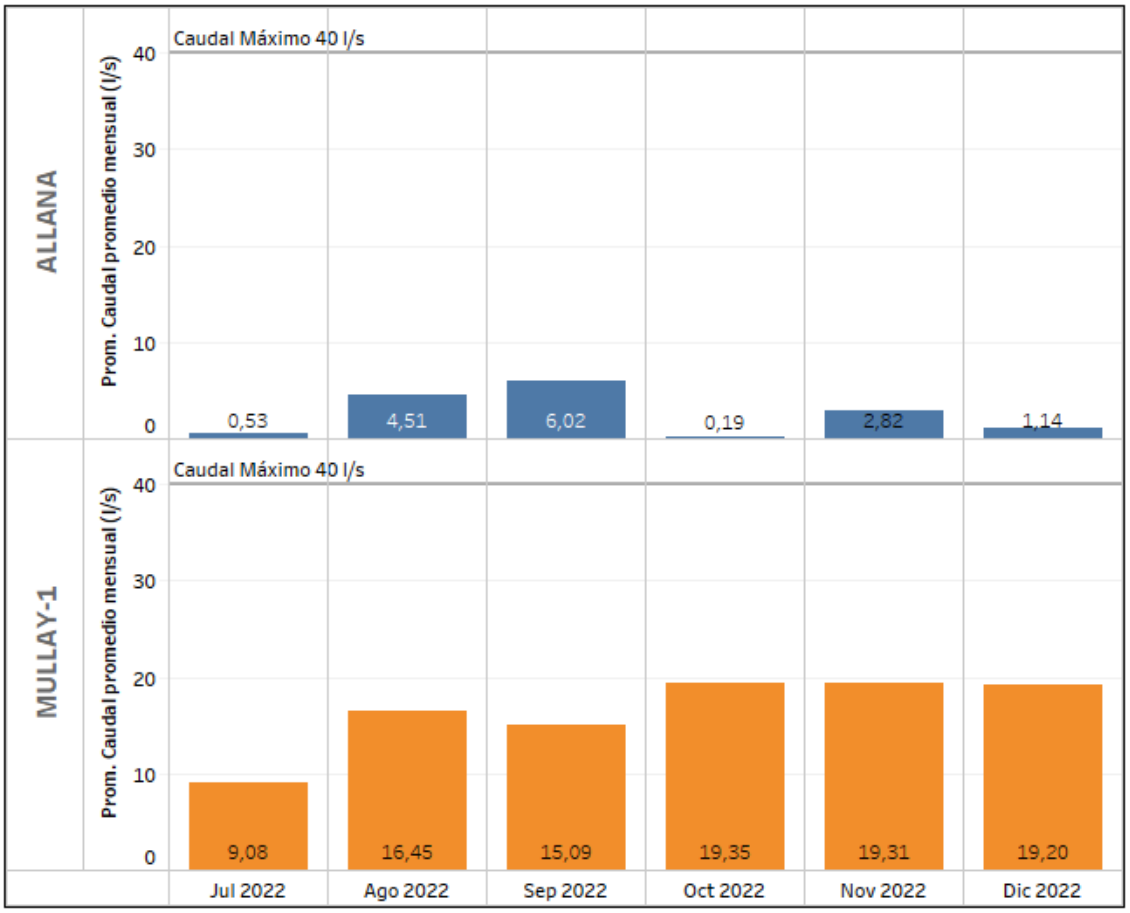
Por su parte, en la Figura 5-13 se muestran los resultados en forma gráfica. Como se observa, los flujos de extracción para Mullay-1 y Allana-1 se mantuvieron por debajo del máximo establecido en la autorización ambiental, que para ambos es de 40 L/s. El promedio semestral de los flujos medios en Allana-1 es de 2,54 L/s y en Mullay-1 un promedio semestral de 16,41 L/s.

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

Pozo	Mes	Fecha flujómetro INICIAL	Fecha flujómetro FINAL	Número serie flujómetro	Volumen flujómetro (m3) INICIAL	Volumen flujómetro (m3) FINAL	Volumen traspasado (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
ALLANA	Jul 2022	01/07/2022	01/08/2022	S5W905097	1.967	3.387	1.420	0,53
	Ago 2022	01/08/2022	01/09/2022	S5W905097	3.387	15.457	12.070	4,51
	Sep 2022	01/09/2022	01/10/2022	S5W905097	15.457	31.051	15.594	6,02
	Oct 2022	01/10/2022	01/11/2022	S5W905097	31.051	31.549	498	0,19
	Nov 2022	01/11/2022	01/12/2022	S5W905097	31.549	38.865	7.316	2,82
	Dic 2022	01/12/2022	01/01/2023	S5W905097	38.865	41.919	3.054	1,14
MULLAY-1	Jul 2022	01/07/2022	01/08/2022	S5P800411	177.486	201.806	24.320	9,08
	Ago 2022	01/08/2022	01/09/2022	S5P800411	201.806	245.873	44.067	16,45
	Sep 2022	01/09/2022	01/10/2022	S5P800411	245.873	284.990	39.117	15,09
	Oct 2022	01/10/2022	01/11/2022	S5P800411	284.990	336.815	51.825	19,35
	Nov 2022	01/11/2022	01/12/2022	S5P800411	336.815	386.863	50.048	19,31
	Dic 2022	01/12/2022	01/01/2023	S5P800411	386.863	438.294	51.431	19,20

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 segundo 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 4-4 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 segundo semestre de 2022 los análisis químicos han sido efectuados por la ETFA 029-01 ALS 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 (julio y octubre de 2022), a los pozos de monitoreo durante el segundo semestre del año 2022. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-14 para las campañas del tercer y cuarto trimestre de 2022. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Únicamente el punto L7-G1 no contó con el permiso de ingreso a la Reserva Nacional los Flamencos, estos detalles se encuentran en el respaldo en el informe realizado por la ETFA en el Anexo 6.1.

Ahora bien, tal como se observa en la Tabla 5-28, los resultados de la medición de solidos disueltos totales realizada por la ETFA ALS Life Sciences Chile del pozo L2-4 muestra valores inconsistentes con la sumatoria de solidos totales, sin embargo, fueron validadas dado el criterio de encontrarse en su rango histórico de acuerdo a lo mostrando en la sección 6.1.6.3 de Calidad Química. Asimismo, el reanálisis no fue posible de realizar debido a que el holding time máximo desde la toma de la muestra es de 7 días, tiempo posterior a la entrega de resultados por parte de ALS Life Sciences Chile a SQM.

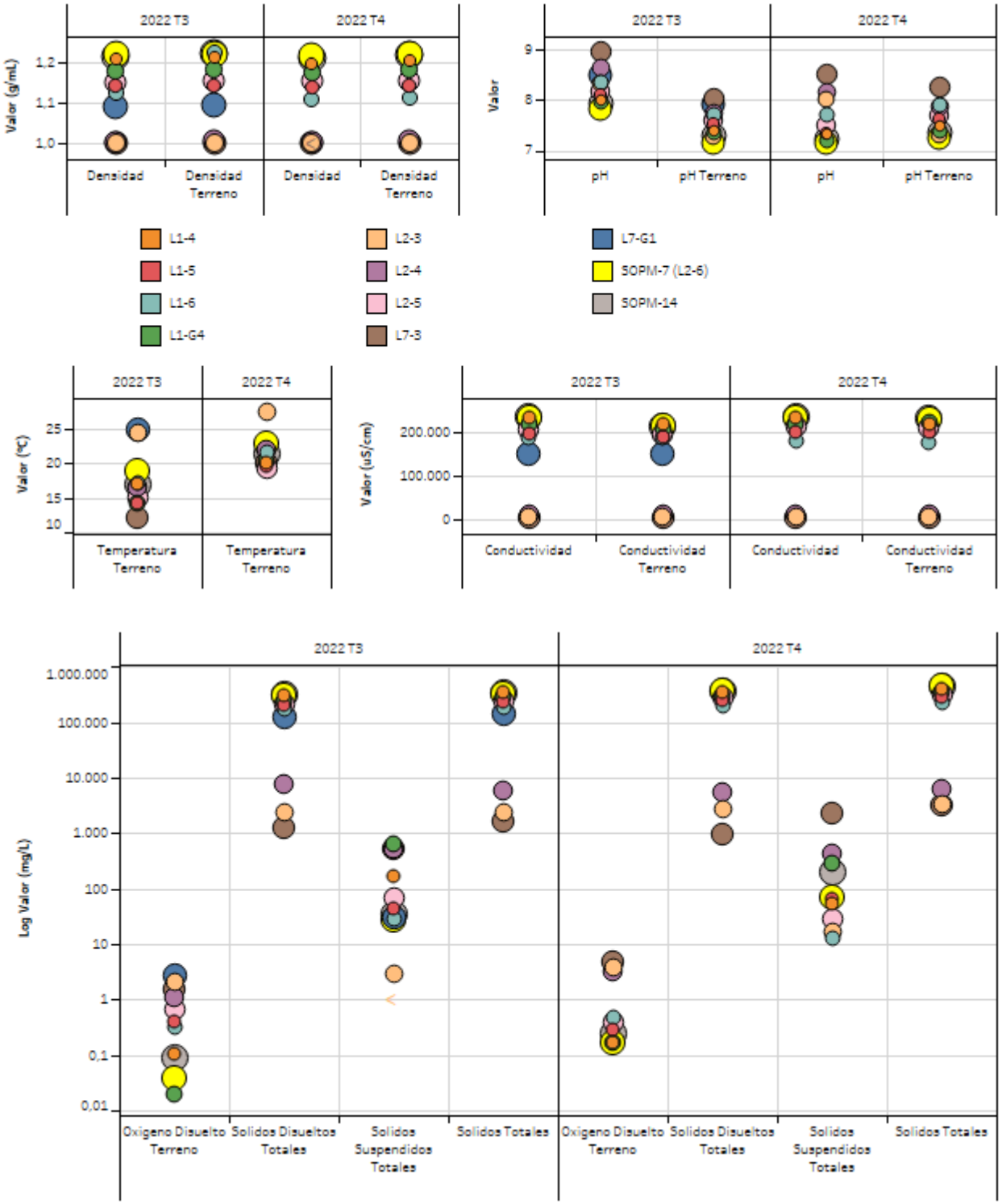
Tabla 5-28: Resultados calidad del agua Sistema Soncor

Parámetro	L1-4		L1-5		L1-6		L2-3		L2-4		L1-G4	
	22/07/22	19/10/22	22/07/22	19/10/22	22/07/22	20/10/22	18/07/22	27/10/22	25/07/22	27/10/22	22/07/22	19/10/22
Conductividad (uS/cm)	233.000	233.000	197.900	201.000	188.300	179.100	3.930	4.000	9.950	9.660	221.000	220.000
Conductividad Terreno (uS/cm)	219.300	221.200	190.700	199.800	188.800	175.400	3.313	4.212	9.321	9.904	208.500	221.700
Densidad (g/mL)	1,210	1,199	1,144	1,141	1,127	1,110	1,000	1,000	1,004	1,004	1,178	1,175
Densidad Terreno (g/mL)	1,214	1,205	1,144	1,145	1,227	1,112	1,000	1,001	1,005	1,005	1,182	1,183
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,11	0,18	0,41	0,29	0,33	0,49	2,12	3,82	1,12	3,32	0,02	0,18
pH ()	8,00	7,31	8,12	7,35	8,34	7,71	8,34	8,01	8,63	8,15	7,95	7,21
pH Terreno ()	7,39	7,47	7,54	7,64	7,71	7,89	7,29	7,32	7,75	7,86	7,34	7,40
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	316.572	354.400	215.570	256.200	183.735	202.100	2.516	2.864	8.040	5.570	247.045	303.800
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	170	57	45	70	29	13	3	17	552	453	667	290
Sólidos Totales (mg/L)	356.805	414.000	241.850	297.600	189.105	240.200	2.520	3.336	6.230	6.485	295.185	353.800
Temperatura Terreno (ºC)	16,9	20,0	14,2	19,5	17,3	21,6	24,3	27,3	16,5	21,9	14,2	20,4

Parámetro	L2-5		L7-3		SOPM-7 (L2-6)		SOPM-14		L7-G1
	22/07/22	19/10/22	25/07/22	27/10/22	22/07/22	19/10/22	22/07/22	19/10/22	20/07/22
Conductividad (uS/cm)	208.000	213.000	2.040	1.920	236.000	235.000	238.000	237.000	151.100
Conductividad Terreno (uS/cm)	196.100	212.200	1.794	1.988	215.700	232.300	215.700	232.700	152.200
Densidad (g/mL)	1,153	1,154	1,001	1,000	1,221	1,216	1,214	1,210	1,093
Densidad Terreno (g/mL)	1,156	1,155	1,001	1,001	1,223	1,223	1,222	1,221	1,094
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,69	0,40	1,63	5,09	0,04	0,17	0,09	0,25	2,75
pH ()	8,16	7,49	8,97	8,52	7,83	7,14	7,92	7,23	8,49
pH Terreno ()	7,61	7,69	8,02	8,24	7,14	7,25	7,29	7,34	7,92
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	216.675	285.400	1.288	996	314.370	386.600	321.230	381.000	128.245
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	69	29	529	2.302	28	73	35	200	32
Sólidos Totales (mg/L)	248.485	320.200	1.704	3.354	342.220	470.000	341.770	457.000	142.475
Temperatura Terreno (ºC)	15,1	19,2	12,2	20,1	18,9	22,8	16,9	21,4	24,7

Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

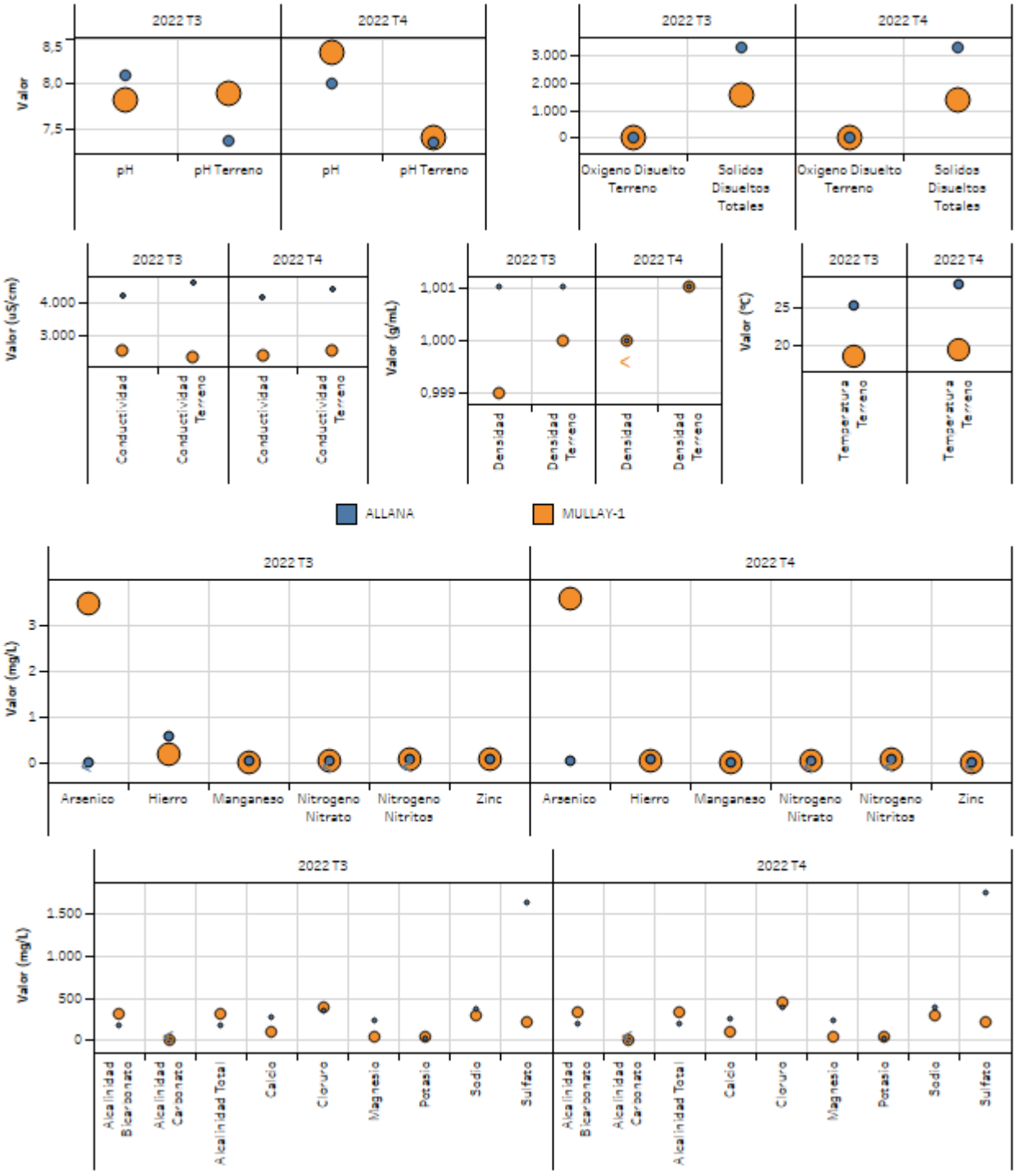
En la Tabla 5-29 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay-1 y Allana durante el segundo semestre de 2022. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-15.

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

Parámetro	ALLANA		MULLAY-1	
	24/07/22	27/10/22	24/07/22	27/10/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	174	189	298	318
Arsénico (mg/L)	0,0003	0,0585	3,4662	3,5683
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	174	189	298	318
Bicarbonatos (mg/L)	212	231	364	388
Calcio (mg/L)	268,02	253,83	100,56	85,83
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1	<1
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	346,5	390,4	384,4	450,6
Conductividad (uS/cm)	4.240	4.160	2.520	2.360
Conductividad Terreno (uS/cm)	4.635	4.445	2.297	2.475
Densidad (g/mL)	1,001	1,000	0,999	1,000
Densidad Terreno (g/mL)	1,001	1,001	1,000	1,001
Hierro (mg/L)	0,591	0,069	0,171	0,027
Magnesio (mg/L)	232,504	234,436	33,166	28,661
Manganeso (mg/L)	0,0387	0,0053	0,0040	0,0025
Nitrógeno Nitrato (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos (mg/L)	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	1,98	2,87	3,10	3,86
pH ()	8,10	8,00	7,81	8,34
pH Terreno ()	7,36	7,33	7,89	7,39
Potasio (mg/L)	26,2	23,6	28,5	26,8
Sodio (mg/L)	369	380	293	284
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	3.272	3.312	1.570	1.368
Sulfato (mg/L)	1.622	1.748	206	215
Temperatura Terreno (°C)	25,2	27,9	18,4	19,3
Zinc (mg/L)	0,0669	0,0007	0,0697	0,0094

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 en ambos trimestres al punto de Burro Muerto. El resto de las reglillas solo fueron posibles de visitar durante el mes de julio; esto debido a que en las visitas de octubre 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.

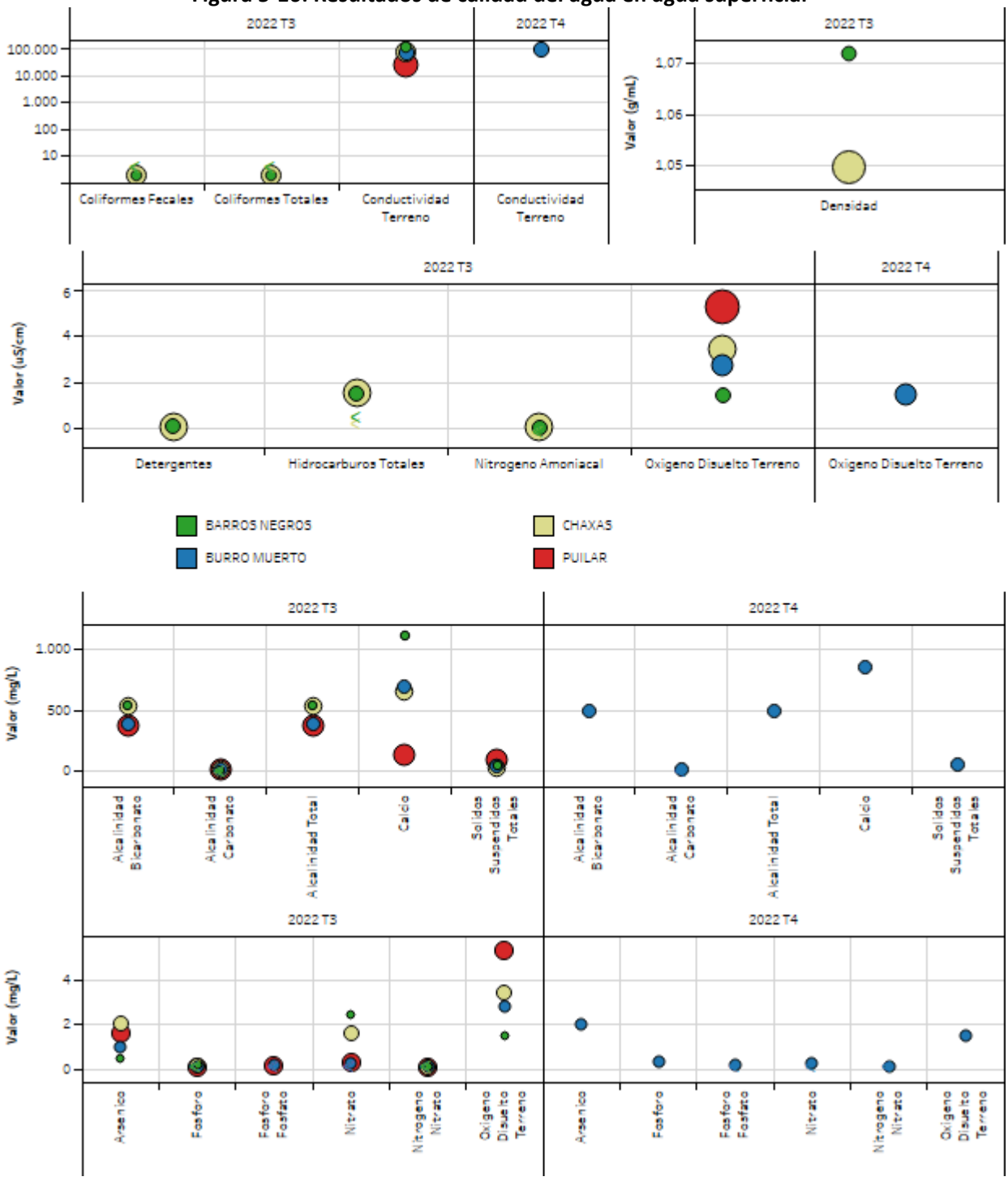
Tal como se muestra en la Tabla 5-10, el análisis de las muestras de julio de Chaxas y Burro Muerto muestran valores de solidos disueltos totales inconsistentes con los resultados de solidos totales. El reanálisis de estos no fue posible de realizar, debido a que la entrega de resultados por parte de la ETFA ALS a SQM es superior a los 7 días máximos de holding time de reanálisis de la misma muestra. Los resultados de solidos disueltos totales son únicamente validos cuando son evaluados frente a su comportamiento histórico, tal como se observa en la sección 6.1.1.5 de Calidad Química del sistema Soncor.

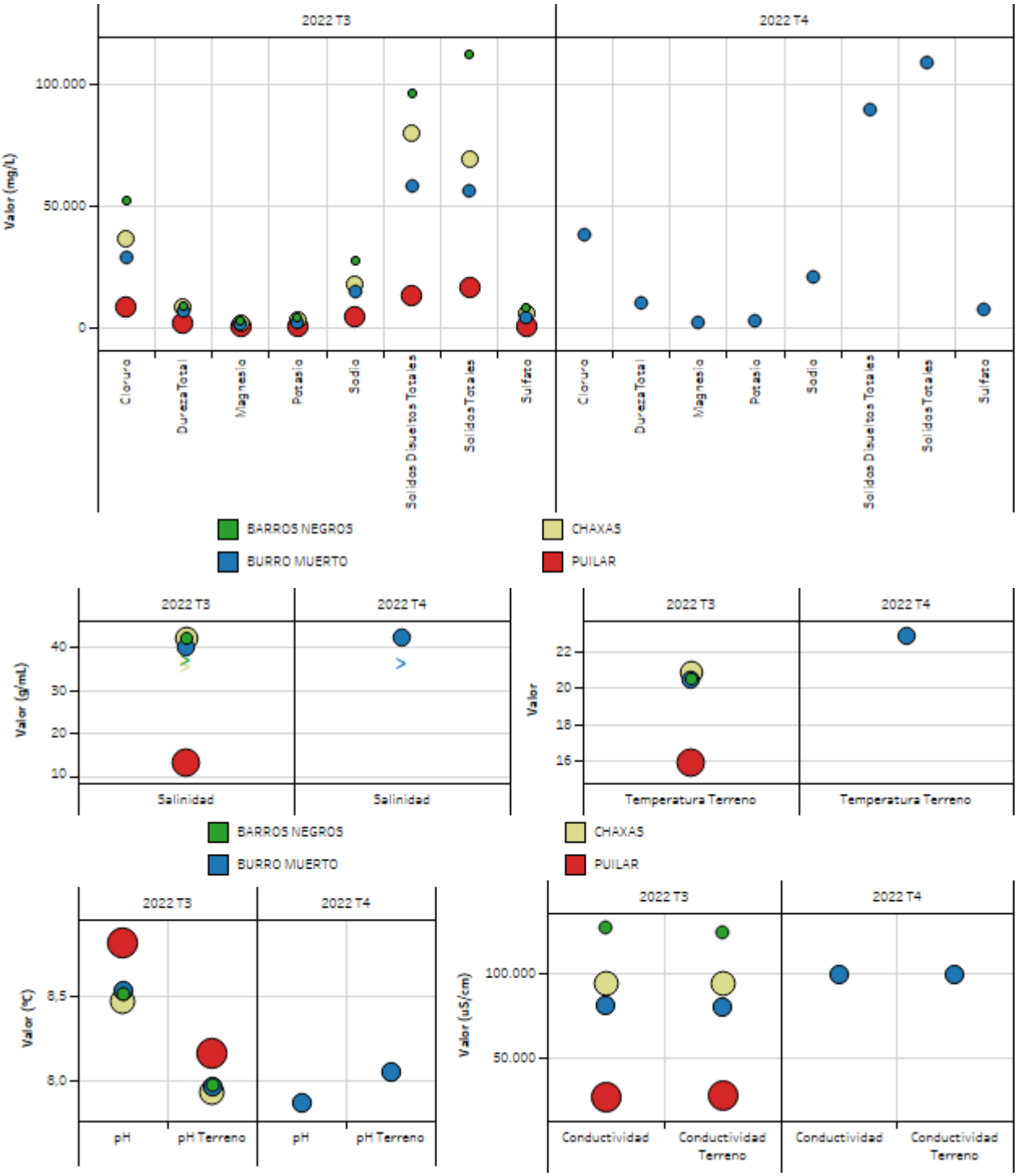
Tabla 5-30 Resultados calidad del agua en agua superficial

Parámetro	BARROS NEGROS	BURRO MUERTO		CHAXAS	PUILAR
	20/07/22	19/07/22	18/10/22	20/07/22	19/07/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	528	385	485	532	372
Arsénico (mg/L)	0,461	0,934	1,961	1,999	1,583
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	528	385	485	532	372
Bicarbonatos (mg/L)	644	470	592	649	454
Calcio (mg/L)	1.113	683	849	653	129
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	52.323	28.963	38.214	36.534	8.354
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<2			<2	
Coliformes Totales (NMP/100mL)	<2			<2	
Conductividad (uS/cm)	126.200	81.200	98.700	93.400	26.700
Conductividad Terreno (uS/cm)	123.500	80.000	98.790	94.250	28.140
Densidad (g/mL)	1,072			1,049	
Densidad Terreno (g/mL)	1,081	1,046	1,054	1,053	1,013
Detergentes (mg/L)	0,10			0,06	
Dureza Total (mg/L)	9.017	6.867	10.517	8.430	2.099
Fosforo (mg/L)	0,130	0,050	0,273	0,130	0,050
Fosfato	-	-	-	-	-
Hidrocarburos Totales (mg/L)	<2			<2	
Magnesio (mg/L)	2.642	1.562	1.948	1.913	509
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)	1,45	2,75	1,47	3,40	5,29
pH Terreno ()	7,97	7,96	8,05	7,92	8,16
Potasio (mg/L)	4.265	2.246	2.943	3.015	836
Salinidad (%)	42	40	42	42	13
Sodio (mg/L)	27.299	14.986	20.976	17.982	4.729
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	96.365	57.980	89.200	79.700	13.420
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	36	32	46	15	78
Sólidos Totales (mg/L)	111.955	56.140	108.900	69.060	16.220
Sulfato (mg/L)	8.455	4.241	7.565	5.776	776
Temperatura Terreno (ºC)	20,5	20,4	22,9	20,8	15,8

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 segundo semestre en el sistema Soncor. En las dos campañas del segundo semestre, las muestras con análisis de sólidos (totales, disueltos y suspendidos) fueron validadas para los balances de masas a excepción de los puntos (Allana y Mullay-1) que se clasifican como Calidad 4 de acuerdo con la Tabla 4-5 y lo descrito en la RCA N° 226/2006. Asimismo, el pozo L2-3 presento una concentración de solidos disueltos totales (mg/L) bajo el límite de detección del método gravimétrico, por lo que, el cálculo de balance de masas no fue posible realizar.

Ahora bien, los balances iónicos de Allana, Barros Negros, Chaxas, Mullay-1 y Puilar aprueban el criterio de validación inferiores al 10% de desviación para los cálculos presentados en la sección 4.5.8.3 Validación de los datos de calidad del agua.

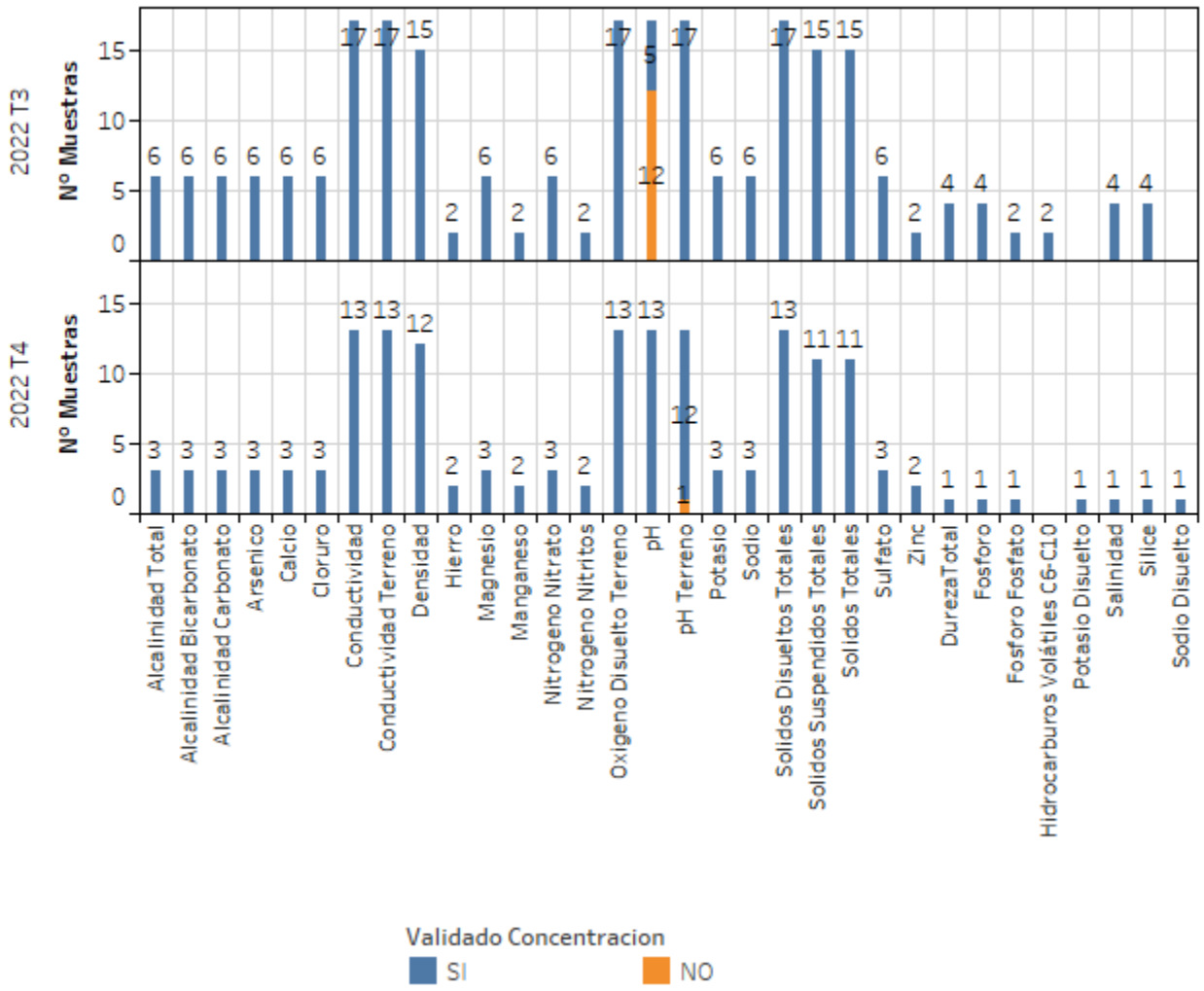
Tabla 5-31: Resultados validación Soncor

Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
3	ALLANA	NA*	2,3
	BARROS NEGROS	-13,9	2,9
	BURRO MUERTO	3,3	2,3
	CHAXAS	15,4	5,1
	L1-4	-11,2	NA*
	L1-5	-10,8	NA*
	L1-6	-2,8	NA*
	L1-G4	-16,1	NA*
	L2-3	NA*	NA*
	L2-4	37,9	NA*
	L2-5	-12,8	NA*
	L7-3	6,6	NA*
	L7-G1	-10,0	NA*
	MULLAY-1	NA*	0,7
	PUILAR	-16,8	3,0
	SOPM-7 (L2-6)	-8,1	NA*
	SOPM-14	-6,0	NA*
4	ALLANA	NA*	2,1
	BURRO MUERTO	-18,0	2,2
	L1-4	-14,4	NA*
	L1-5	-13,9	NA*
	L1-6	-15,9	NA*
	L1-G4	-14,1	NA*
	L2-3	-13,6	NA*
	L2-4	-7,1	NA*
	L2-5	-10,9	NA*
	L7-3	-1,7	NA*
	MULLAY-1	NA*	8,5
	SOPM-7 (L2-6)	-17,7	NA*
	SOPM-14	-16,6	NA*

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

La Figura 5-17 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 segundo semestre 2022, 13 resultados no validados, donde 12 corresponden a pH (de laboratorio) durante el tercer trimestre y 1 dato de pH de terreno durante el cuarto trimestre. Estas desviaciones representan un 3,26% del total de 399 análisis en el sistema Soncor durante el segundo 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 (L/s).

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

meses del segundo semestre de 2022, sin embargo, durante septiembre no se ha logrado realizar mediciones debido a restricción de acceso. 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.

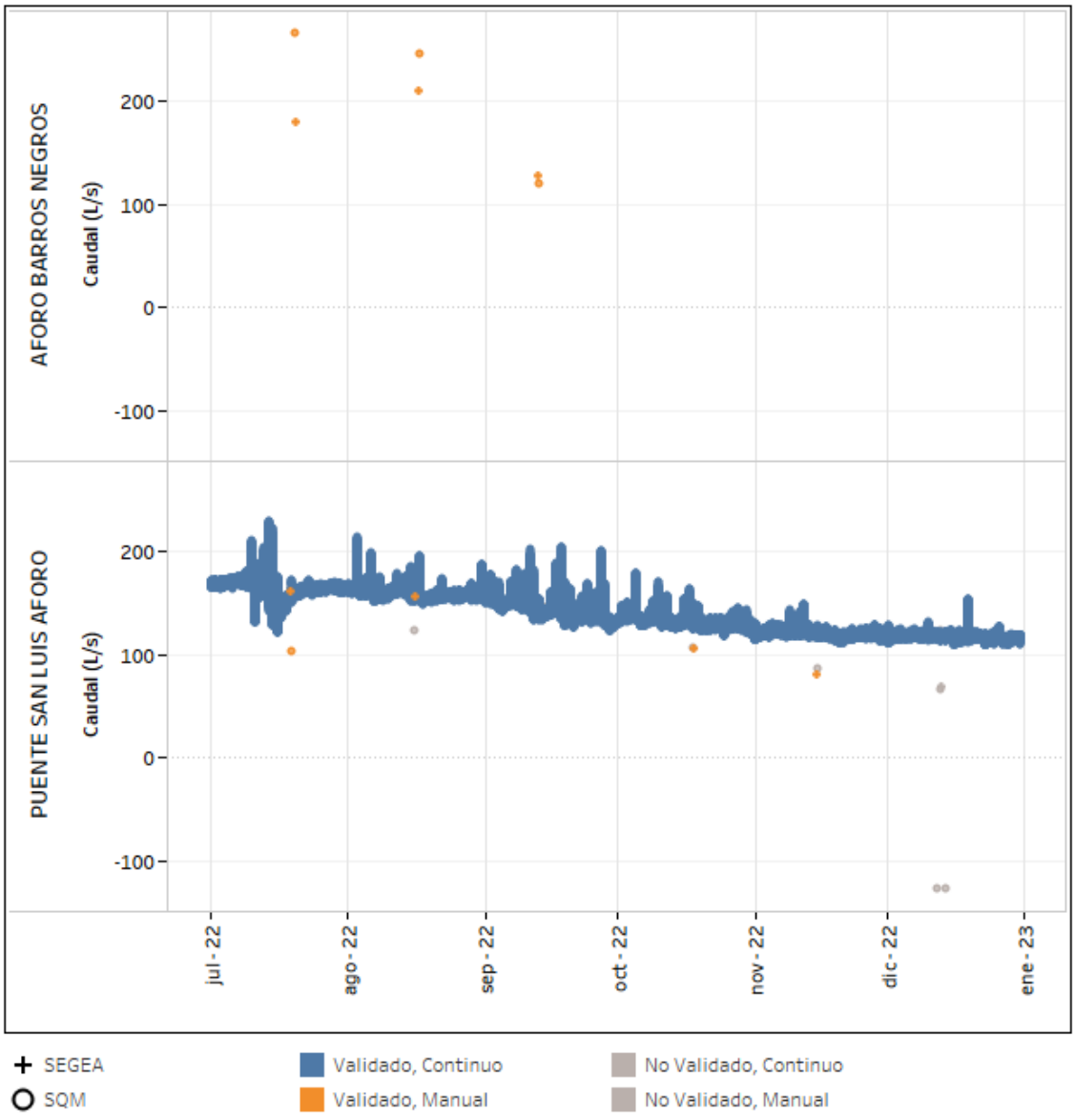
Por su parte, en el punto de Barros Negros solo ha sido posible su medición en los meses de julio, agosto y septiembre (2022). En la Figura 5-18 se muestra gráficamente el resultado obtenido.

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

	AFORO BARROS NEGROS	PUENTE SAN LUIS AFORO
julio de 2022	179,50	161,20
agosto de 2022	209,35	155,50
septiembre de 2022	126,86	S/I
octubre de 2022	S/I	105,40
noviembre de 2022	S/I	80,70
diciembre de 2022		69,60

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) y estacas perimetrales.

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, colaboración SQM-CONAF, por lo que las dimensiones reportadas con esta metodología subestiman la superficie lagunar en el sector de Puilar.

Durante el periodo reportado, y en particular para el mes de julio, se contó con permisos de ingreso a las lagunas de Puilar, Barros Negros y Chaxa. Sin embargo, para el mes de octubre no fue posible el acceso a estos sectores debido a restricciones de ingreso por periodo reproductivo de flamencos, lo cual impidió el desarrollo de trabajos para medición lacustre.

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 10.1) y los informes de sustento para la obtención de resultados mediante imagen satelital y estacas perimetrales (anexo 10.2).

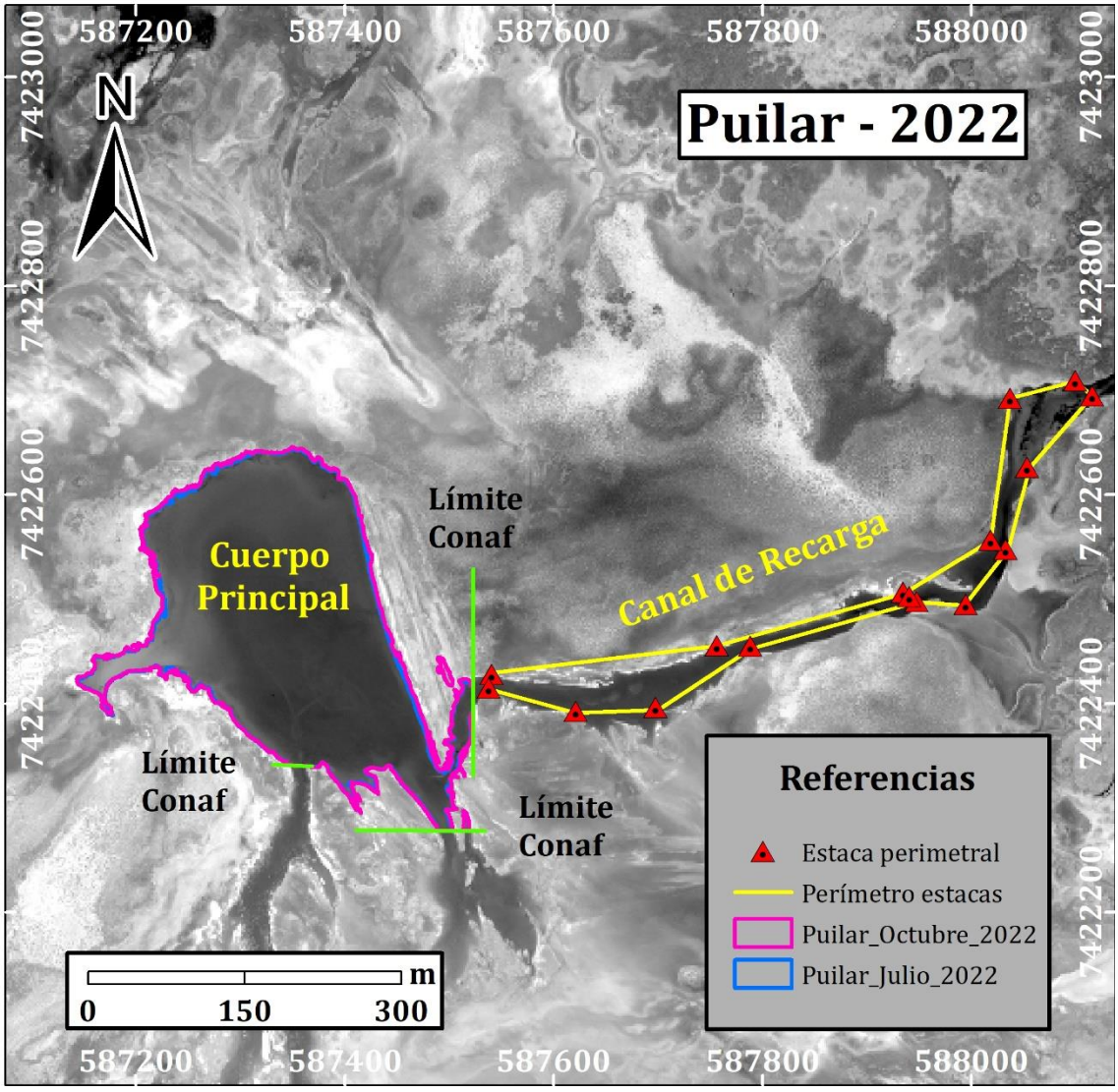
Tabla 5-33. Superficies lacustres obtenidas para el segundo semestre 2022

Periodo de medición	Responsable	Técnica de medición	Superficie (m^2)			
			Laguna Chaxa	Laguna Barros Negros	B. Negros Z. Aledañas + Desborde Sur	Laguna Puilar
Jul 2022	ATyGEO	Estacas Perimetrales	276.977	1.056.237	N/A	18.933
Jul 2022	SRGIS	Imagen Satelital	285.723	994.582	465.723	62.009
Oct 2022	ATyGEO	Estacas Perimetrales	S/I	S/I	N/A	S/I
Oct 2022	SRGIS	Imagen Satelital	279.291	923.416	227.115	64.006

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

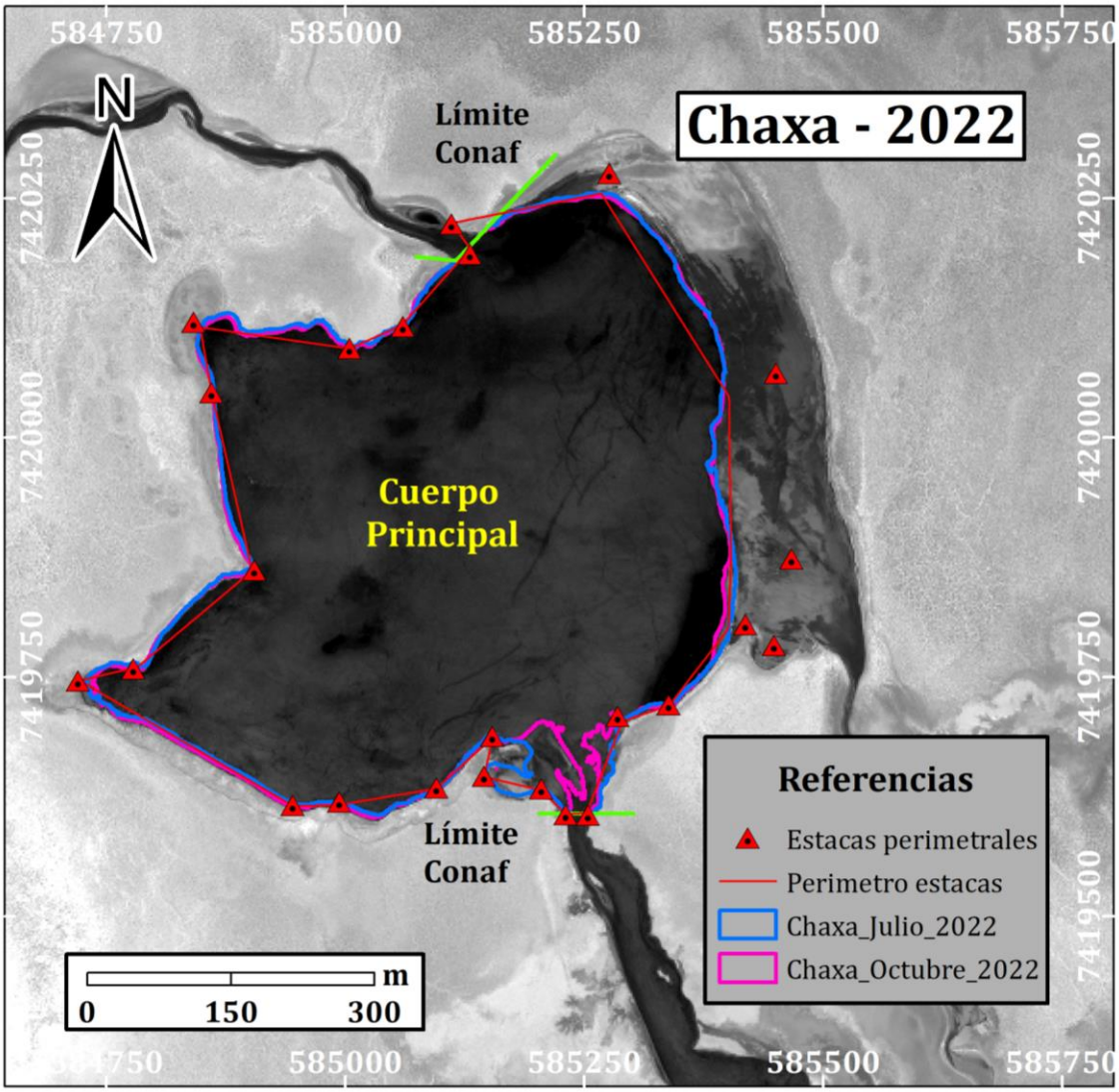
En las siguientes figuras, se muestran mapas con los resultados de las metodologías previamente señaladas para el segundo semestre de 2022.

Figura 5-19: Mapa delimitación lacustre, sector Puilar.



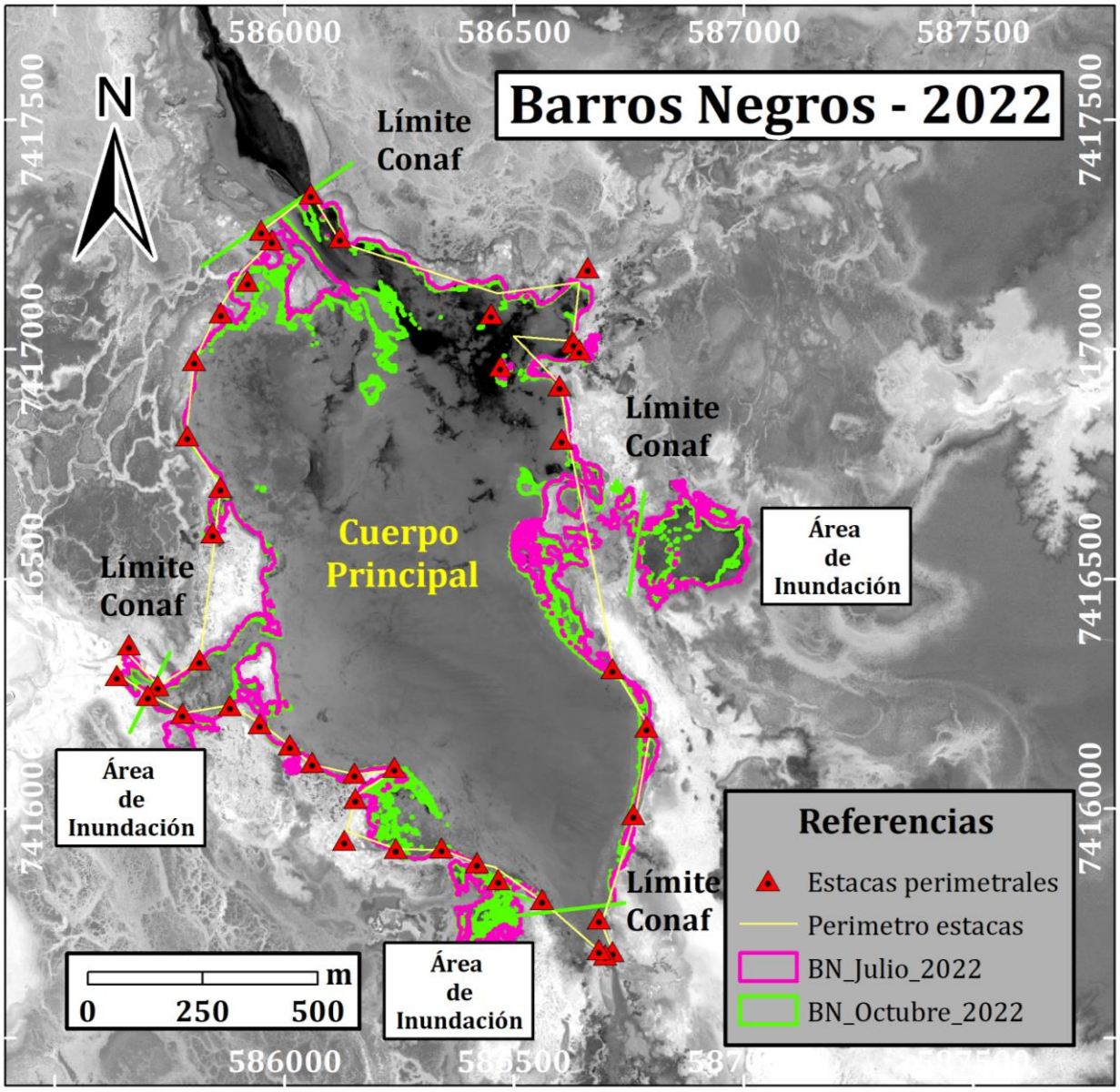
Fuente: elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de la imagen satelital, en escala de grises. Notar estacas perimetrales solo en canal de recarga del sistema lacustre

Figura 5-20: Mapa delimitación lacustre, sector Chaxa.



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

Figura 5-21: Mapa delimitación lacustre, sector Barros Negros.



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

5.1.3 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Aguas de Quelana considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (61 puntos), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (9 puntos) y superficie lacustre. Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2022 se presentan a continuación. Todos los puntos de monitoreos de Aguas de Quelana presentaron al menos una medición de acuerdo con el compromiso por RCA N°226/2006. Todos los indicadores de estado ubicados dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos presentaron al menos 1 medición mensual.

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 4-8 y en la Tabla 4-6. Asimismo, se realizaron mediciones adicionales en algunos pozos por parte de SEGEA posterior al cambio de contrato bajo las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, otorgando así, mayor información a pozos PSAH, principalmente los que se encuentran dentro de RNF.

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 5-34 se muestran los resultados del monitoreo comprometido efectuado para el segundo semestre de 2022 y en la Tabla 5-35 se puede ver con detalle el recuento de mediciones realizadas cada mes por cada empresa. Finalmente, en la Figura 5-22 se muestra gráficamente el resultado completo de monitoreo, con las mediciones comprometidas, adicionales, manuales y continuas.

Como puede verse, para el segundo semestre de 2022 se han realizado todas las visitas mensuales (y diarias para el caso del L4-3) comprometidas, para el mes de septiembre el total de mediciones es 25 días, ya que desde el 6 de septiembre se comenzó a realizar las mediciones diarias por parte de SEGEA según los cambios de las Resoluciones exentas N°573 N°574 y N°575/2022.

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

L3-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 12:42	2.322,952
18/7/22 12:43	2.322,968
18/8/22 15:58	2.322,964
18/8/22 15:58	2.322,979
26/9/22 11:00	2.322,993
23/10/22 10:33	2.322,982
21/11/22 16:46	2.323,003
18/12/22 15:44	2.322,995

L4-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 16:26	2.304,574
17/7/22 16:27	2.304,575
17/8/22 16:20	2.304,558
17/8/22 16:20	2.304,558
23/9/22 15:43	2.304,598
22/10/22 14:50	2.304,269
21/11/22 15:39	2.304,437
18/12/22 12:43	2.304,503

L5-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 15:23	2.322,300
17/7/22 15:38	2.322,325
18/8/22 13:32	2.322,285
18/8/22 13:38	2.322,307
26/9/22 09:46	2.322,306
22/10/22 14:13	2.322,330
21/11/22 15:22	2.322,349
18/12/22 12:01	2.322,299

L5-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 16:14	2.315,120
17/7/22 16:15	2.315,123
18/8/22 13:51	2.315,128
18/8/22 13:52	2.315,135
23/9/22 15:33	2.315,139
22/10/22 14:31	2.315,139
21/11/22 15:30	2.315,140
18/12/22 12:33	2.315,137

CAMAR-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 11:30	2.322,352
18/7/22 11:39	2.322,346
18/8/22 15:40	2.322,387
18/8/22 15:42	2.322,398
26/9/22 11:20	2.322,374
23/10/22 10:53	2.322,366
27/10/22 17:07	2.322,412 *
21/11/22 16:36	2.322,420
18/12/22 15:33	2.322,407
26/12/22 18:15	2.322,414 *

SOCAIRE-5B	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 15:58	2.304,503
17/7/22 15:58	2.304,515
24/7/22 15:53	2.304,399 *
24/7/22 15:54	2.304,411 *
21/8/22 10:20	2.304,292
21/8/22 10:29	2.304,302
26/9/22 10:28	2.304,260
23/10/22 10:06	2.304,390
28/10/22 07:57	2.304,293
28/10/22 09:09	2.304,296 *
24/11/22 10:40	2.306,450
18/12/22 12:16	2.304,416
30/12/22 11:14	2.304,354 *

L4-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.306,826	2.306,906
Ago 2022	2.306,856	2.306,877
Sep 2022	2.306,872	2.306,896
Oct 2022	2.306,847	2.306,908
Nov 2022	2.306,870	2.306,897
Dic 2022	2.306,873	2.306,898

SEGEA SQM

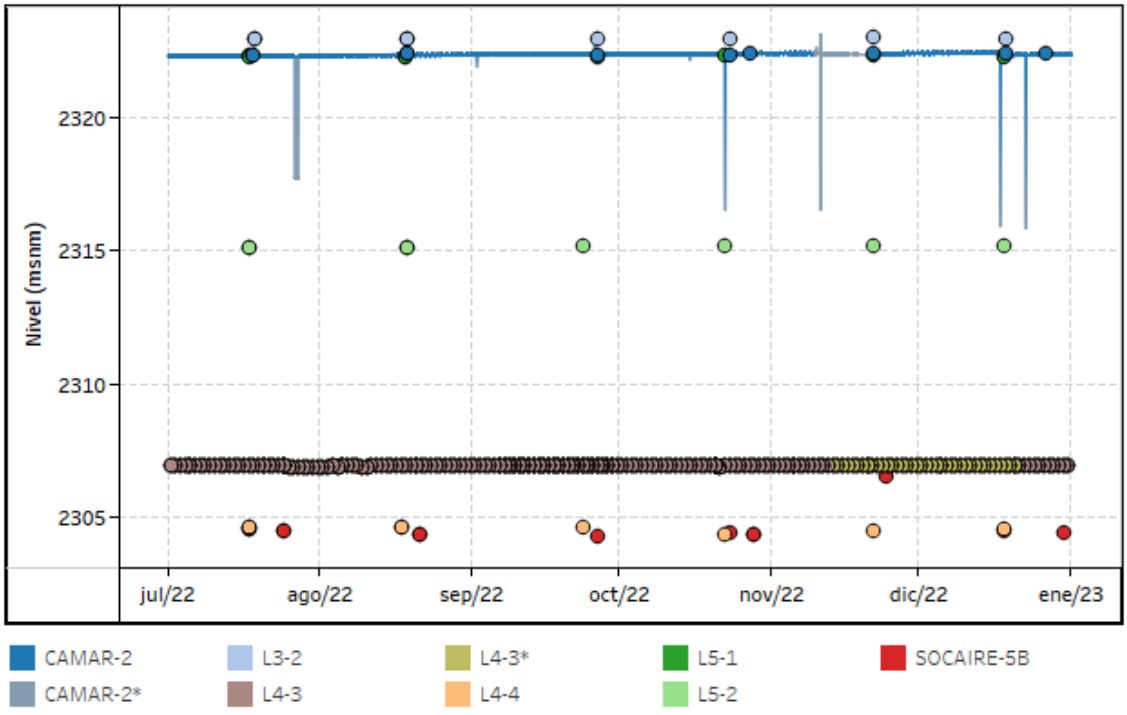
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (1) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
SOCAIRE-5B	2	1		1			2	1	1	2	1	2
L5-2	1	1					1	1	1	1	1	1
L5-1	1	1					1	1	1	1	1	1
L4-4	1	1					1	1	1	1	1	1
L4-3	3	2	25	32	30	31	32	31	29	2	2	2
L3-2	1	1					1	1	1	1	1	1
CAMAR-2	1	1					1	1	1	2	1	2

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 5-36 se muestran las mediciones manuales comprometidas del segundo semestre de 2022 para este grupo, y en la Tabla 5-37 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.

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

L13-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 17:12	2.315,276
13/7/22 17:19	2.315,276
9/8/22 14:02	2.315,293
9/8/22 14:06	2.315,293
6/9/22 13:03	2.315,306
6/9/22 14:04	2.315,306
3/10/22 14:03	2.315,318
3/10/22 15:02	2.315,319
7/11/22 11:44	2.315,327
7/11/22 12:44	2.315,328
5/12/22 11:35	2.315,315
5/12/22 12:38	2.315,315

L13-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 17:00	2.307,327
13/7/22 17:05	2.307,327
9/8/22 13:52	2.307,332
9/8/22 13:54	2.307,333
6/9/22 12:50	2.307,338
6/9/22 13:52	2.307,338
3/10/22 13:02	2.307,337
3/10/22 14:04	2.307,338
7/11/22 12:00	2.307,321
7/11/22 13:00	2.307,322
5/12/22 11:47	2.307,292
5/12/22 12:49	2.307,293

L13-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 16:23	2.302,833
13/7/22 16:31	2.302,834
9/8/22 13:31	2.302,865
9/8/22 13:35	2.302,865
6/9/22 12:34	2.302,888
6/9/22 13:35	2.302,888
3/10/22 13:23	2.302,896
3/10/22 14:24	2.302,897
7/11/22 12:21	2.302,878
7/11/22 13:20	2.302,878
5/12/22 12:04	2.302,834
5/12/22 13:08	2.302,835

L3-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 15:34	2.302,224
13/7/22 15:39	2.302,225
9/8/22 12:29	2.302,226
9/8/22 12:32	2.302,226
6/9/22 11:45	2.302,229
6/9/22 12:47	2.302,228
3/10/22 12:30	2.302,231
3/10/22 13:31	2.302,232
7/11/22 11:07	2.302,218
7/11/22 12:08	2.302,218
5/12/22 11:21	2.302,206
5/12/22 12:22	2.302,207

L3-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.310,884	2.310,893
Ago 2022	2.310,893	2.310,903
Sep 2022	2.310,903	2.310,911
Oct 2022	2.310,908	2.310,912
Nov 2022	2.310,871	2.310,909
Dic 2022	2.310,822	2.310,870

L3-5		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.304,268	2.304,292
Ago 2022	2.304,293	2.304,307
Sep 2022	2.304,306	2.304,319
Oct 2022	2.304,312	2.304,324
Nov 2022	2.304,303	2.304,322
Dic 2022	2.304,260	2.304,301

SEGEA SQM

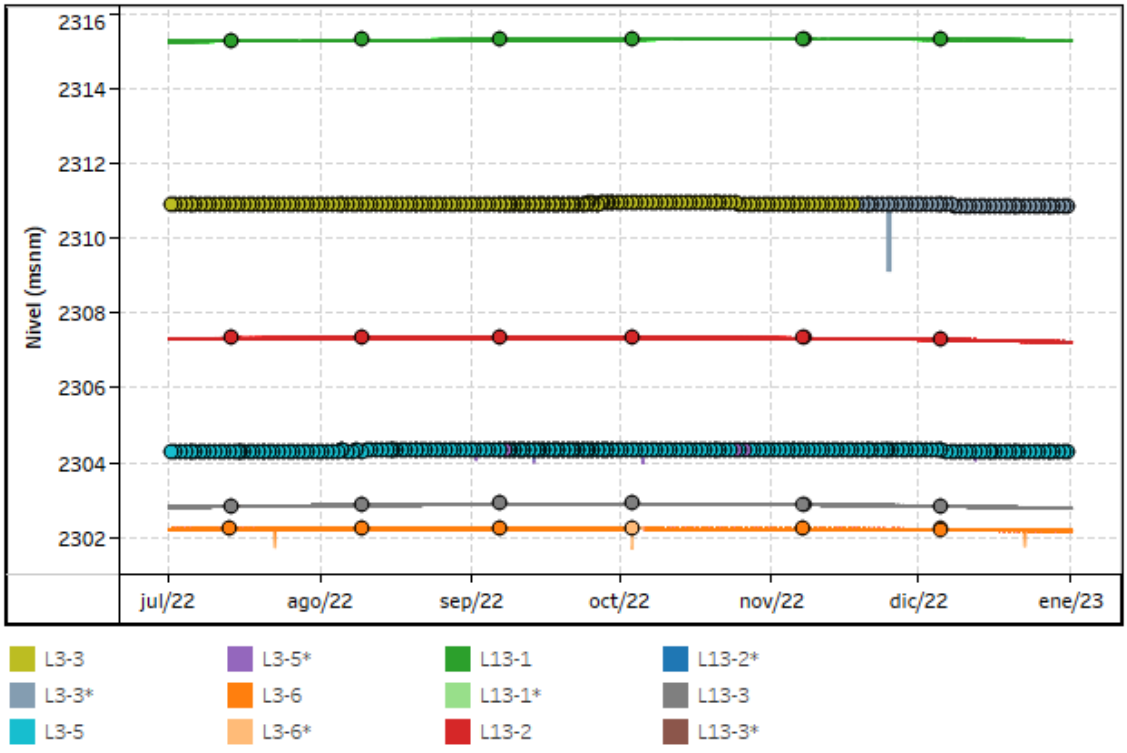
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L3-3	2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	3
L3-5	3	3	25	31	30	31	32	32	29	1	3	4
L3-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

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



*(El Pozo L3-3 contiene 126.718 valores no validados entre 18/11/2022 y 31/12/2022)
*(El Pozo L3-5 contiene 404 valores no validados entre 06/07/2022 y 27/12/2022)
*(El Pozo L3-6 contiene 4.017 valores no validados entre 13/07/2022 y 22/12/2022)
*(El Pozo L13-1 contiene 32 valores no validados entre 14/07/2022 y 30/12/2022)
*(El Pozo L13-2 contiene 93 valores no validados entre 13/07/2022 y 31/12/2022)
*(El Pozo L13-3 contiene 9 valores no validados entre 14/07/2022 y 15/07/2022)

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 5-38 se muestran las mediciones manuales comprometidas para el segundo semestre 2022. En la Tabla 5-39 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, a excepción de los pozos L14-1, L14-2 y L14-3 los cuales no conto con la medición de SEGEA durante septiembre 2022, pues la responsabilidad desde este mes para esos pozos a partir de las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022 las considero inmediatamente SQM y los datos en otros pozos por parte de SEGEA son complementarios a las mediciones de SQM.

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

L14-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 16:48	2.311,833
17/7/22 16:49	2.311,834
17/8/22 16:45	2.311,848
17/8/22 16:45	2.311,850
23/9/22 16:04	2.311,863
22/10/22 15:36	2.311,870
21/11/22 15:58	2.311,858
18/12/22 14:45	2.311,824

L14-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 16:59	2.304,336
17/7/22 17:00	2.304,338
17/8/22 16:54	2.304,349
17/8/22 16:54	2.304,350
23/9/22 16:10	2.304,363
22/10/22 15:09	2.304,367
21/11/22 16:05	2.304,365
18/12/22 14:53	2.304,347

L14-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 10:33	2.301,681
18/7/22 10:34	2.301,682
17/8/22 17:05	2.301,686
17/8/22 17:05	2.301,688
23/9/22 16:20	2.301,683
22/10/22 15:19	2.301,679
21/11/22 16:12	2.301,667
18/12/22 15:04	2.301,657

L14-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 12:51	2.300,465
12/7/22 12:52	2.300,466
10/8/22 13:32	2.300,454
10/8/22 13:34	2.300,455
7/9/22 12:46	2.300,454
7/9/22 13:57	2.300,454
4/10/22 10:38	2.300,436
4/10/22 11:36	2.300,437
8/11/22 10:50	2.300,415
8/11/22 11:49	2.300,415
6/12/22 11:17	2.300,399
6/12/22 12:22	2.300,399

L14-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 12:59	2.300,090
12/7/22 13:01	2.300,090
10/8/22 13:23	2.300,093
10/8/22 13:26	2.300,093
7/9/22 13:05	2.300,092
7/9/22 14:07	2.300,092
4/10/22 10:44	2.300,080
4/10/22 11:42	2.300,080
8/11/22 10:58	2.300,065
8/11/22 11:57	2.300,065
6/12/22 11:08	2.300,053
6/12/22 12:11	2.300,053

L14-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 13:08	2.299,883
12/7/22 13:10	2.299,884
10/8/22 13:06	2.299,893
10/8/22 13:15	2.299,893
7/9/22 13:15	2.299,896
7/9/22 14:17	2.299,896
4/10/22 10:51	2.299,890
4/10/22 11:50	2.299,890
8/11/22 11:08	2.299,878
8/11/22 12:10	2.299,878
6/12/22 10:56	2.299,870
6/12/22 12:04	2.299,870

L4-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 12:36	2.301,018
13/7/22 12:41	2.301,019
9/8/22 10:51	2.301,010
9/8/22 10:55	2.301,011
6/9/22 10:38	2.301,003
6/9/22 11:40	2.301,003
3/10/22 10:05	2.300,991
3/10/22 11:14	2.300,991
7/11/22 09:48	2.300,965
7/11/22 10:48	2.300,966
5/12/22 09:15	2.300,950
5/12/22 10:18	2.300,951

L5-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 10:43	2.302,097
13/7/22 10:48	2.302,096
9/8/22 10:20	2.302,098
9/8/22 10:50	2.302,098
6/9/22 09:39	2.302,093
6/9/22 10:40	2.302,094
3/10/22 08:30	2.302,078
3/10/22 09:41	2.302,077
7/11/22 08:38	2.302,042
7/11/22 09:39	2.302,043
5/12/22 08:27	2.302,014
5/12/22 09:29	2.302,014

L5-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 16:15	2.309,097
15/7/22 16:22	2.309,099
20/7/22 17:17	2.309,100 *
20/7/22 17:19	2.309,098 *
15/8/22 14:54	2.309,104
15/8/22 14:55	2.309,105
20/8/22 13:22	2.309,102 *
20/8/22 13:23	2.309,103 *
20/9/22 12:40	2.309,110
20/9/22 12:41	2.309,111
26/9/22 13:55	2.309,111 *
20/10/22 13:51	2.309,112
20/10/22 14:52	2.309,113
22/10/22 14:42	2.309,112 *
20/11/22 14:02	2.309,097
20/11/22 14:07	2.309,094
24/11/22 10:34	2.309,092 *
20/12/22 13:34	2.309,056
20/12/22 14:38	2.309,051

L5-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/7/22 15:47	2.307,063
15/7/22 15:52	2.307,064
20/7/22 17:34	2.307,065 *
20/7/22 17:36	2.307,064 *
15/8/22 14:38	2.307,079
15/8/22 14:39	2.307,080
20/8/22 12:53	2.307,079 *
20/8/22 12:53	2.307,080 *
20/9/22 12:52	2.307,087
20/9/22 12:58	2.307,087
26/9/22 14:12	2.307,088 *
20/10/22 13:37	2.307,089
20/10/22 14:39	2.307,090
20/11/22 14:21	2.307,074
20/11/22 14:26	2.307,071
24/11/22 10:08	2.307,064 *
15/12/22 13:51	2.307,030
20/12/22 13:45	2.307,021
20/12/22 14:49	2.307,017 *
27/12/22 10:57	2.307,007 *

L4-8		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.301,286	2.301,287
Ago 2022	2.301,287	2.301,288
Sep 2022	2.301,286	2.301,286
Oct 2022	2.301,282	2.301,283
Nov 2022	2.301,277	2.301,277
Dic 2022	2.301,276	2.301,276

L4-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.301,406	2.301,412
Ago 2022	2.301,408	2.301,412
Sep 2022	2.301,406	2.301,411
Oct 2022	2.301,403	2.301,408
Nov 2022	2.301,400	2.301,406
Dic 2022	2.301,396	2.301,401

L5-8		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.303,768	2.303,780
Ago 2022	2.303,777	2.303,782
Sep 2022	2.303,773	2.303,781
Oct 2022	2.303,768	2.303,775
Nov 2022	2.303,752	2.303,767
Dic 2022	2.303,728	2.303,750

SEGEA SQM

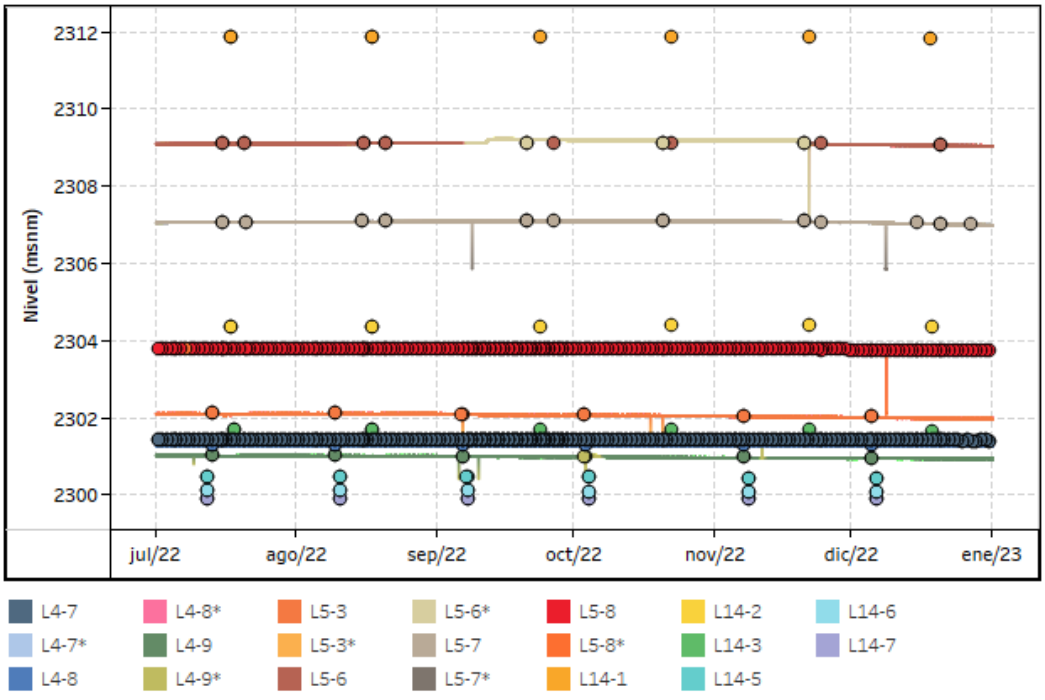
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L4-7	3	3	25	31	30	31	32	32	29	1	3	3
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	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
L5-7	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	3
L5-8	2	3	25	31	30	31	33	32	29	1	3	3
L14-1	1	1					1	1	1	1	1	1
L14-2	1	1					1	1	1	1	1	1
L14-3	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 8 valores no validados entre 26/08/2022 y 19/12/2022)
*(El Pozo L4-8 contiene 59 valores no validados entre 13/07/2022 y 03/10/2022)
*(El Pozo L4-9 contiene 7.444 valores no validados entre 09/07/2022 y 12/11/2022)
*(El Pozo L5-3 contiene 56 valores no validados entre 06/09/2022 y 20/10/2022)
*(El Pozo L5-6 contiene 109.513 valores no validados entre 15/07/2022 y 25/11/2022)
*(El Pozo L5-7 contiene 22 valores no validados entre 08/09/2022 y 08/12/2022)
*(El Pozo L5-8 contiene 17.753 valores no validados entre 01/07/2022 y 11/12/2022)

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 segundo semestre de 2022 se muestra en la Tabla 5-40. En la Tabla 5-41 se encuentra el detalle del número de mediciones realizado por cada empresa para cada mes, donde SEGEA incorporo mediciones complementarias a las que realiza SQM cada mes para la mayoría de los pozos 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.

Tabla 5-40: 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.)
12/7/22 14:14	2.300,455
12/7/22 14:14	2.300,455
10/8/22 14:57	2.300,465
10/8/22 15:00	2.300,465
7/9/22 14:30	2.300,476
7/9/22 15:30	2.300,476
4/10/22 11:46	2.300,482
4/10/22 12:46	2.300,483
8/11/22 12:13	2.300,484
8/11/22 13:13	2.300,485
6/12/22 12:02	2.300,480
6/12/22 13:06	2.300,481

L13-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 14:20	2.300,159
12/7/22 14:22	2.300,160
10/8/22 14:46	2.300,152
10/8/22 14:52	2.300,151
7/9/22 14:43	2.300,148
7/9/22 15:45	2.300,148
4/10/22 11:58	2.300,148
4/10/22 12:56	2.300,149
8/11/22 12:21	2.300,153
8/11/22 13:22	2.300,154
6/12/22 11:48	2.300,145
6/12/22 12:59	2.300,146

L13-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 10:07	2.299,922
17/7/22 10:10	2.299,924
18/8/22 09:54	2.299,917
18/8/22 09:55	2.299,918
25/9/22 10:42	2.299,913
22/10/22 11:06	2.299,898
25/11/22 13:31	2.299,904
17/12/22 10:52	2.299,899

L3-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 13:48	2.300,265
12/7/22 13:48	2.300,266
10/8/22 14:19	2.300,270
10/8/22 14:20	2.300,271
7/9/22 13:50	2.300,276
7/9/22 14:54	2.300,276
4/10/22 11:19	2.300,278
4/10/22 12:18	2.300,279
8/11/22 11:47	2.300,274
8/11/22 12:45	2.300,274
6/12/22 12:28	2.300,270
6/12/22 13:30	2.300,270

L3-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 13:37	2.300,375
12/7/22 13:38	2.300,375
10/8/22 14:29	2.300,390
10/8/22 14:31	2.300,391
7/9/22 13:38	2.300,400
7/9/22 14:39	2.300,400
4/10/22 11:06	2.300,394
4/10/22 12:07	2.300,395
8/11/22 12:01	2.300,382
8/11/22 13:04	2.300,382
6/12/22 12:15	2.300,371
6/12/22 13:19	2.300,371

L3-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 13:56	2.300,167
12/7/22 13:57	2.300,167
10/8/22 14:06	2.300,165
10/8/22 14:09	2.300,166
7/9/22 14:03	2.300,166
7/9/22 15:05	2.300,166
4/10/22 11:27	2.300,166
4/10/22 12:26	2.300,167
8/11/22 11:35	2.300,165
8/11/22 12:34	2.300,166
6/12/22 12:40	2.300,164
6/12/22 13:43	2.300,165

L3-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 14:02	2.300,140
12/7/22 14:02	2.300,141
10/8/22 14:00	2.300,137
10/8/22 14:02	2.300,138
7/9/22 14:11	2.300,135
7/9/22 15:13	2.300,135
4/10/22 11:31	2.300,134
4/10/22 12:30	2.300,134
8/11/22 11:20	2.300,130
8/11/22 12:28	2.300,131
6/12/22 12:46	2.300,129
6/12/22 13:55	2.300,129

L3-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 11:23	2.299,760
20/7/22 11:23	2.299,762
20/8/22 11:08	2.299,755
20/8/22 11:08	2.299,757
20/9/22 10:38	2.299,750
20/9/22 10:38	2.299,750
20/10/22 10:26	2.299,744
20/10/22 11:28	2.299,745
20/11/22 10:27	2.299,737
20/11/22 10:29	2.299,737
20/12/22 09:39	2.299,732
20/12/22 10:40	2.299,732
27/12/22 08:27	2.299,733 *

SEGEA SQM

L3-9		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Máx
Jul 2022	2.300,337	2.300,338
Ago 2022	2.300,345	2.300,346
Sep 2022	2.300,353	2.300,353
Oct 2022	2.300,355	2.300,355
Nov 2022	2.300,347	2.300,348
Dic 2022	2.300,341	2.300,341

L3-11		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.300,214	2.300,214
Ago 2022	2.300,217	2.300,217
Sep 2022	2.300,219	2.300,219
Oct 2022	2.300,220	2.300,221
Nov 2022	2.300,217	2.300,218
Dic 2022	2.300,215	2.300,316

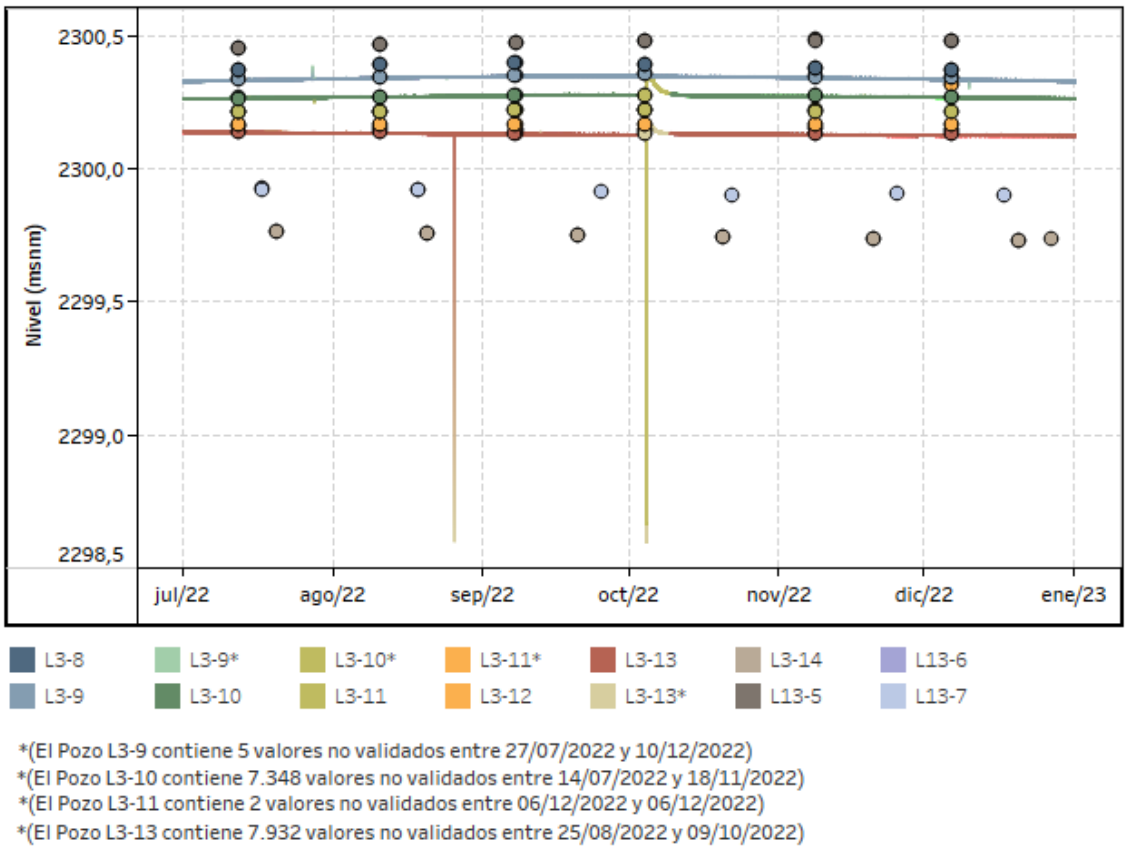
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L3-8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L3-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L3-10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L3-11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L3-12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L3-13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L3-14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
L13-5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L13-7	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



*(El Pozo L3-9 contiene 5 valores no validados entre 27/07/2022 y 10/12/2022)
*(El Pozo L3-10 contiene 7.348 valores no validados entre 14/07/2022 y 18/11/2022)
*(El Pozo L3-11 contiene 2 valores no validados entre 06/12/2022 y 06/12/2022)
*(El Pozo L3-13 contiene 7.932 valores no validados entre 25/08/2022 y 09/10/2022)

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-5 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 5-42 se muestra el resultado del monitoreo manual comprometido para el segundo semestre de 2022, en la Tabla 5-43 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. Asimismo, los dos indicadores de estado se limitan a contar con al menos una medición mensual debido a la restricción de acceso a Aguas de Quelana – RNF, debido a que los accesos son restringidos no es posible concretar las mediciones diarias comprometidas, por contra, se tienen entre 1 y 4 mediciones realizadas por SQM cada mes, y luego entre 1 y 2 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 5-42: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5 al oeste de las lagunas difusas

GD-02	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 12:12	2.298,962
17/7/22 12:14	2.298,963
18/8/22 11:46	2.298,949
18/8/22 11:46	2.298,951
25/9/22 11:18	2.298,936
22/10/22 12:01	2.298,929
24/11/22 15:54	2.298,925
17/12/22 12:40	2.298,922

L4-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 11:21	2.299,221
17/7/22 11:33	2.299,223
18/8/22 11:13	2.299,220
18/8/22 11:14	2.299,220
25/9/22 11:08	2.299,208
22/10/22 11:33	2.299,195
25/11/22 14:22	2.299,186
17/12/22 11:51	2.299,178
27/12/22 08:58	2.299,175 *

L4-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 11:08	2.299,890
12/7/22 11:08	2.299,891
10/8/22 12:24	2.299,869
10/8/22 12:25	2.299,869
7/9/22 11:43	2.299,848
7/9/22 12:45	2.299,847
4/10/22 09:25	2.299,788
4/10/22 10:24	2.299,788
8/11/22 09:46	2.299,746
8/11/22 10:45	2.299,746
6/12/22 10:24	2.299,712
6/12/22 11:29	2.299,713

L4-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 12:18	2.299,696
12/7/22 12:20	2.299,696
10/8/22 12:05	2.299,679
10/8/22 12:10	2.299,680
7/9/22 11:57	2.299,659
7/9/22 12:59	2.299,659
4/10/22 10:09	2.299,622
4/10/22 11:09	2.299,621
8/11/22 10:02	2.299,592
8/11/22 11:02	2.299,593
6/12/22 10:06	2.299,570
6/12/22 11:10	2.299,571

L4-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 12:23	2.299,722
12/7/22 12:24	2.299,722
10/8/22 11:57	2.299,710
10/8/22 11:59	2.299,711
7/9/22 12:04	2.299,694
7/9/22 13:08	2.299,694
4/10/22 10:14	2.299,664
4/10/22 11:12	2.299,665
8/11/22 10:08	2.299,636
8/11/22 11:09	2.299,636
6/12/22 10:01	2.299,617
6/12/22 11:03	2.299,618

L4-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/7/22 11:39	2.299,434
20/7/22 11:40	2.299,434
20/8/22 11:42	2.299,433
20/8/22 11:43	2.299,431
20/9/22 10:55	2.299,417
20/9/22 10:56	2.299,417
20/10/22 10:49	2.299,396
20/10/22 11:50	2.299,396
20/11/22 10:00	2.299,378
20/11/22 10:03	2.299,379
20/12/22 09:09	2.299,364
20/12/22 10:06	2.299,366
27/12/22 09:11	2.299,362 *

L5-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 10:19	2.299,925
12/7/22 11:39	2.299,926
10/8/22 11:03	2.299,921
10/8/22 11:06	2.299,921
7/9/22 10:45	2.299,912
7/9/22 11:48	2.299,912
4/10/22 08:45	2.299,893
4/10/22 09:44	2.299,894
8/11/22 08:48	2.299,872
8/11/22 09:46	2.299,873
6/12/22 09:07	2.299,854
6/12/22 10:14	2.299,854

L5-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 10:26	2.299,786
12/7/22 10:28	2.299,786
10/8/22 10:55	2.299,796
10/8/22 10:59	2.299,796
7/9/22 10:53	2.299,791
7/9/22 11:55	2.299,791
4/10/22 08:53	2.299,778
4/10/22 09:48	2.299,778
8/11/22 08:55	2.299,760
8/11/22 09:54	2.299,760
6/12/22 09:03	2.299,747
6/12/22 10:06	2.299,748

L5-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 10:32	2.299,787
12/7/22 10:34	2.299,788
10/8/22 10:45	2.299,790
10/8/22 10:50	2.299,790
7/9/22 10:59	2.299,780
7/9/22 12:01	2.299,780
4/10/22 08:58	2.299,766
4/10/22 09:55	2.299,766
8/11/22 09:03	2.299,755
8/11/22 10:02	2.299,756
6/12/22 08:57	2.299,744
6/12/22 10:01	2.299,745

L5-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 10:38	2.299,605
12/7/22 10:39	2.299,604
10/8/22 10:34	2.299,606
10/8/22 10:39	2.299,605
7/9/22 11:08	2.299,602
7/9/22 12:09	2.299,602
4/10/22 09:02	2.299,592
4/10/22 09:58	2.299,593
8/11/22 09:09	2.299,587
8/11/22 10:08	2.299,588
6/12/22 08:52	2.299,575
6/12/22 09:54	2.299,575

L5-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 10:44	2.299,513
12/7/22 10:45	2.299,514
10/8/22 10:04	2.299,511
10/8/22 10:08	2.299,512
7/9/22 11:14	2.299,505
7/9/22 12:18	2.299,505
4/10/22 09:08	2.299,496
4/10/22 10:04	2.299,496
8/11/22 09:15	2.299,482
8/11/22 10:13	2.299,482
6/12/22 08:45	2.299,471
6/12/22 09:50	2.299,472

L5-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 10:09	2.300,105
12/7/22 10:09	2.300,105
10/8/22 11:21	2.300,094
10/8/22 11:24	2.300,095
7/9/22 10:26	2.300,081
7/9/22 11:28	2.300,081
4/10/22 08:32	2.300,059
4/10/22 09:30	2.300,060
8/11/22 08:35	2.300,033
8/11/22 09:36	2.300,034
6/12/22 09:22	2.300,014
6/12/22 10:27	2.300,015

L4-12		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.299,749	2.299,788
Ago 2022	2.299,758	2.299,794
Sep 2022	2.299,740	2.299,740
Oct 2022	2.299,695	2.299,696
Nov 2022	2.299,683	2.299,684
Dic 2022	2.299,655	2.299,657

L5-10		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.299,952	2.299,957
Ago 2022	2.299,958	2.299,962
Sep 2022	2.299,951	2.299,951
Oct 2022	2.299,934	2.299,935
Nov 2022	2.299,917	2.299,917
Dic 2022	2.299,903	2.299,903

SEGEA SQM

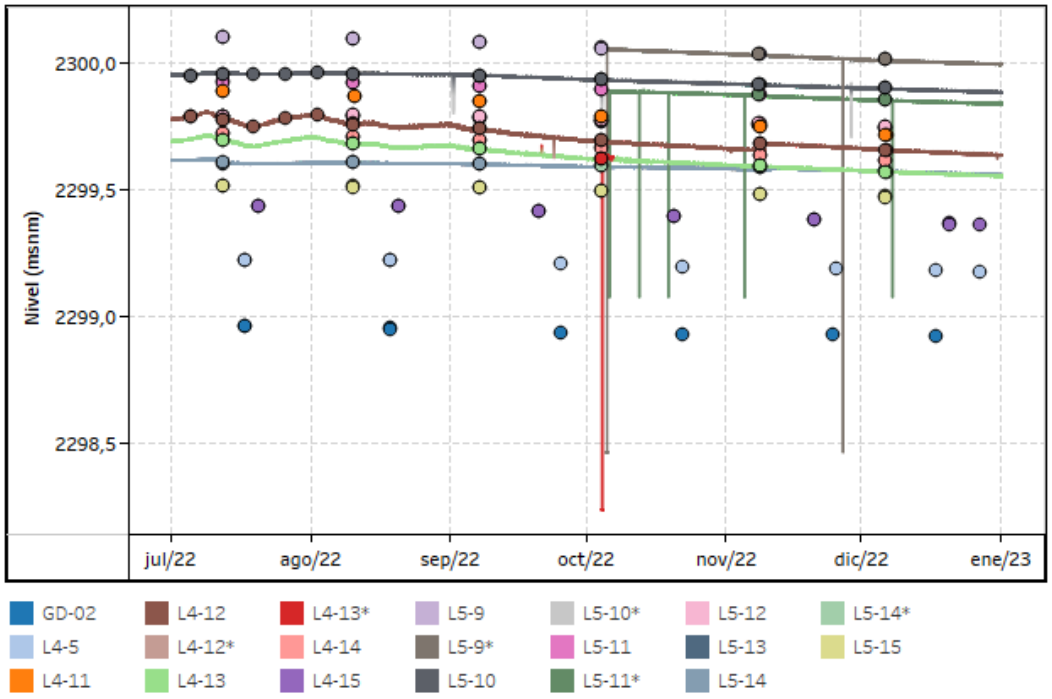
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

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

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
GD-02	1	1					1	1	1	1	1	1
L4-5	1	1					1	1	1	1	1	2
L4-11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L4-12	2	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1
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	1	1	1	1	1	1	1	1	2
L5-9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L5-10	2	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1
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	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-5 al oeste de las lagunas difusas



*(El Pozo L4-12 contiene 1 valores no validados entre 23/09/2022 y 23/09/2022)
*(El Pozo L4-13 contiene 4.892 valores no validados entre 20/09/2022 y 07/10/2022)
*(El Pozo L5-9 contiene 125.900 valores no validados entre 05/10/2022 y 31/12/2022)
*(El Pozo L5-10 contiene 20 valores no validados entre 01/09/2022 y 28/11/2022)
*(El Pozo L5-11 contiene 125.839 valores no validados entre 05/10/2022 y 31/12/2022)
*(El Pozo L5-14 contiene 1 valores no validados entre 04/10/2022 y 04/10/2022)

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 segundo semestre de 2022 se muestra en la Tabla 5-44, en la Tabla 5-45 puede verse el detalle del número de mediciones realizada por cada empresa, con una medición adicional por parte de SEGEA para el pozo L4-6 durante octubre. 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 5-44: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana

D-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 11:54	2.298,820
17/7/22 11:55	2.298,821
18/8/22 11:30	2.298,808
18/8/22 11:31	2.298,809
15/9/22 14:54	2.298,808
17/10/22 11:05	2.298,794
24/11/22 15:40	2.298,794
17/12/22 12:15	2.298,788

L4-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 11:11	2.298,781
17/7/22 11:14	2.298,782
18/8/22 11:02	2.298,771
18/8/22 11:03	2.298,772
15/9/22 14:41	2.298,767
17/10/22 10:43	2.298,757
25/11/22 14:11	2.298,753
17/12/22 11:45	2.298,749

L4-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 10:44	2.298,720
17/7/22 10:59	2.298,723
22/7/22 09:30	2.298,724 *
22/7/22 09:45	2.298,726 *
18/8/22 10:49	2.298,711
18/8/22 10:49	2.298,713
15/9/22 14:32	2.298,718
17/10/22 10:26	2.298,701
19/10/22 14:37	2.298,710
19/10/22 15:48	2.298,710 *
25/11/22 12:39	2.298,704
17/12/22 11:20	2.298,701

L5-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 12:04	2.298,809
17/7/22 12:05	2.298,811
18/8/22 11:39	2.298,798
18/8/22 11:40	2.298,799
25/9/22 11:20	2.298,787
22/10/22 11:53	2.298,781
24/11/22 15:50	2.298,779
17/12/22 12:36	2.298,774
27/12/22 13:48	2.298,763 *

SOPM-8 (L3-4)	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 10:29	2.298,597
17/7/22 10:31	2.298,599
18/8/22 10:36	2.298,589
18/8/22 10:36	2.298,589
15/9/22 14:23	2.298,595
17/10/22 10:14	2.298,578
25/11/22 14:00	2.298,583
17/12/22 11:09	2.298,576

SOPM-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 11:45	2.298,796
17/7/22 11:46	2.298,798
18/8/22 12:06	2.298,791
18/8/22 13:24	2.298,793
15/9/22 14:49	2.298,790
17/10/22 10:59	2.298,775
24/11/22 15:34	2.298,778
17/12/22 12:09	2.298,769

SEGEA SQM

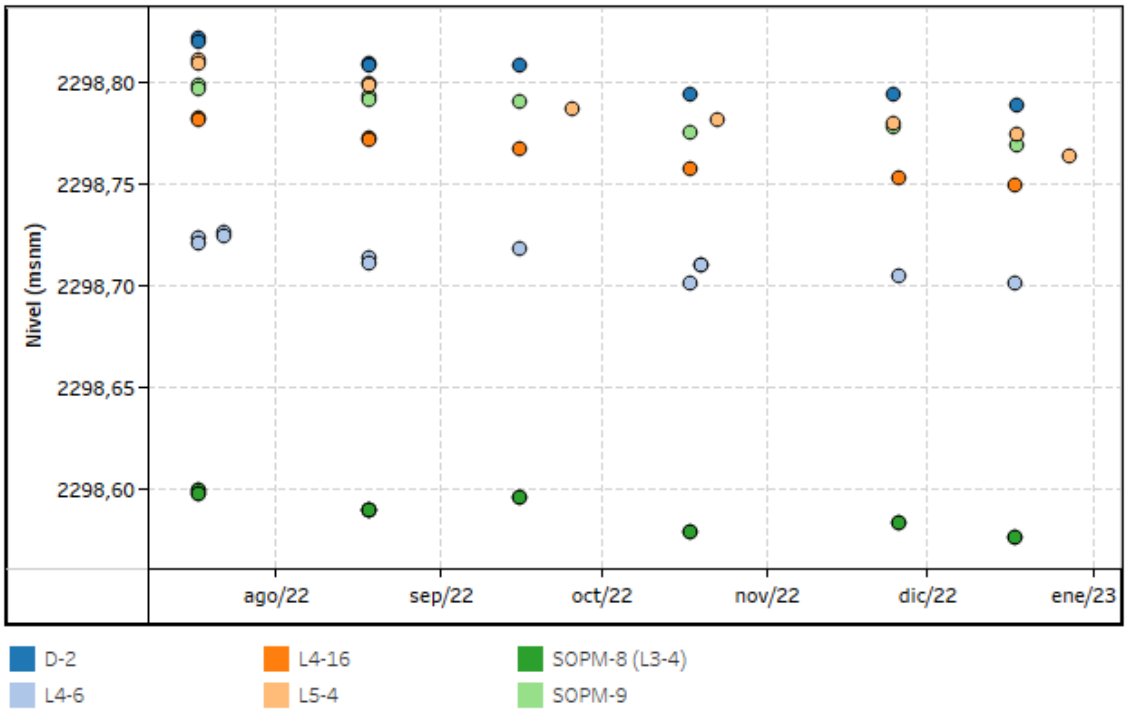
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la SQM en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de ETFA.

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

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	10/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
D-2	1	1		1	1	1	1	1	1
L4-6	2	1	1	2	1	1	2	1	1
L4-16	1	1		1	1	1	1	1	1
L5-4	1	1		1	1	1	1	1	2
SOPM-8 (L3-4)	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-9	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 5-46 se presenta el resultado del monitoreo manual comprometido del segundo semestre 2022, en la Tabla 5-47 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 pozo 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, esto debido, a la restricción de acceso a RNF.

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

L13-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 16:36	2.301,544
13/7/22 16:41	2.301,544
9/8/22 13:20	2.301,554
9/8/22 13:26	2.301,554
6/9/22 12:24	2.301,554
6/9/22 13:26	2.301,554
3/10/22 13:36	2.301,550
3/10/22 14:38	2.301,550
7/11/22 12:30	2.301,535
7/11/22 13:30	2.301,536
5/12/22 12:16	2.301,518
5/12/22 13:17	2.301,519

L14-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 15:10	2.300,952
13/7/22 15:15	2.300,952
9/8/22 12:03	2.300,896
9/8/22 12:13	2.300,896
6/9/22 11:24	2.300,856
6/9/22 12:27	2.300,855
3/10/22 12:05	2.300,811
3/10/22 13:06	2.300,811
7/11/22 10:41	2.300,763
7/11/22 11:40	2.300,762
5/12/22 10:42	2.300,729
5/12/22 11:49	2.300,729

L3-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 15:49	2.301,262
13/7/22 15:52	2.301,262
9/8/22 12:40	2.301,261
9/8/22 13:25	2.301,261
6/9/22 11:55	2.301,259
6/9/22 12:58	2.301,259
3/10/22 12:40	2.301,249
3/10/22 13:39	2.301,249
7/11/22 11:18	2.301,219
7/11/22 12:17	2.301,220
5/12/22 11:11	2.301,191
5/12/22 12:10	2.301,191

L5-G3 POZO	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 11:26	2.300,719
13/7/22 11:30	2.300,719
9/8/22 09:57	2.300,720
9/8/22 10:17	2.300,721
6/9/22 09:50	2.300,719
6/9/22 11:15	2.300,718
3/10/22 09:27	2.300,695
3/10/22 10:28	2.300,696
7/11/22 08:57	2.300,675
7/11/22 09:57	2.300,675
5/12/22 08:40	2.300,668
5/12/22 09:43	2.300,669

L5-G3 REGLILLA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 11:31	2.300,721
13/7/22 11:34	2.300,721
9/8/22 10:03	2.300,721
9/8/22 10:17	2.300,722
6/9/22 09:55	2.300,718
6/9/22 11:15	2.300,718
3/10/22 09:20	2.300,698
3/10/22 10:21	2.300,698
7/11/22 09:01	2.300,675
7/11/22 09:59	2.300,675
5/12/22 08:46	2.300,647
5/12/22 09:46	2.300,647

L4-10		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.300,688	2.300,688
Ago 2022	2.300,690	2.300,691
Sep 2022	2.300,687	2.300,688
Oct 2022	2.300,678	2.300,679
Nov 2022	2.300,603	2.300,603
Dic 2022	2.300,573	2.300,573

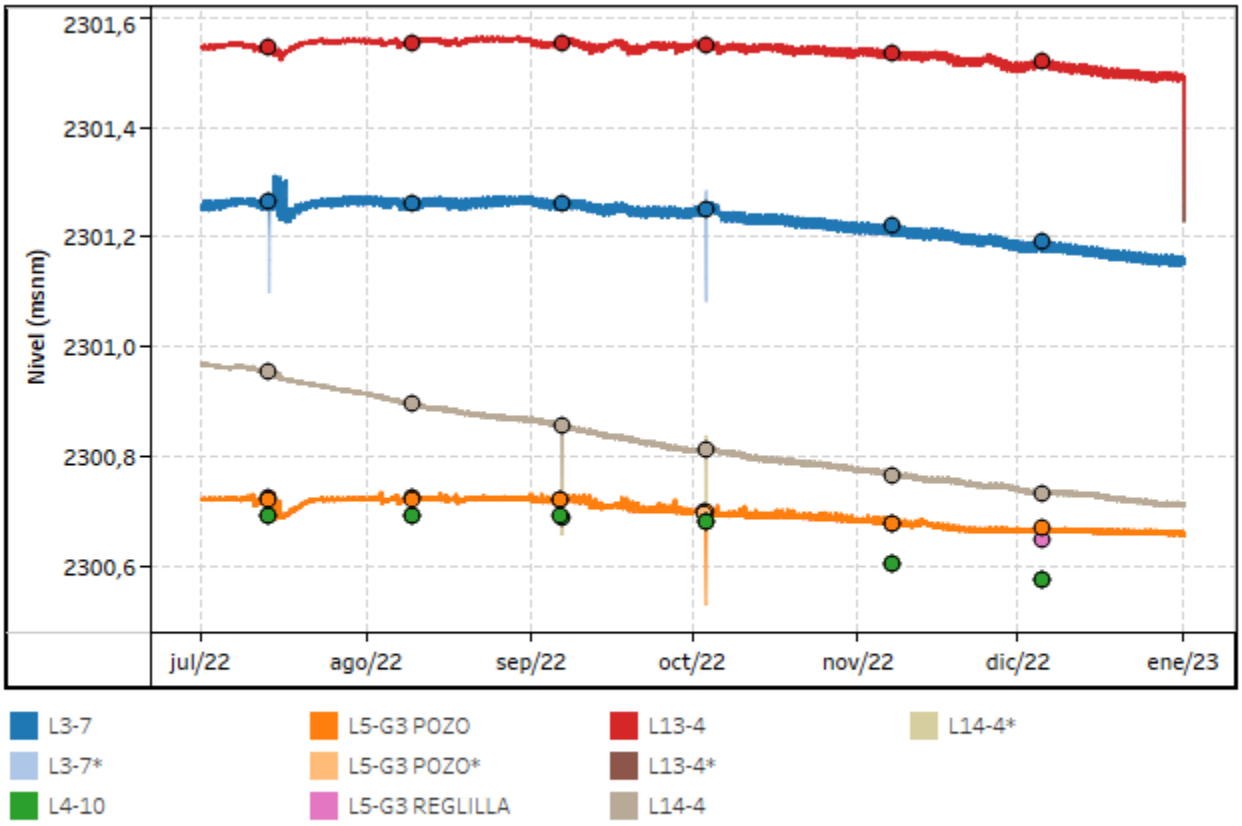
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-47: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	7/22	8/22	9/22	10/22	11/22	12/22	7/22	8/22	9/22	10/22	11/22	12/22
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	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 29 valores no validados entre 13/07/2022 y 03/10/2022)
*(L5-G3 POZO contiene 250 valores no validados entre 31/08/2022 y 03/10/2022)
*(Pozo L13-4 contiene 1 valores no validados entre 31/12/2022 y 31/12/2022) *(Pozo L14-4 contiene 44 valores no validados entre 06/09/2022 y 03/10/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.3.2 Superficie Lacustre

Para el semestre reportado, se ha calculado la extensión lagunar de Aguas de Quelana en los meses de Julio y Octubre. En este último se tuvo acceso a puntos de control en terreno en la misma semana que la captura satelital. Se debe destacar, que producto de la dispersión, reducido tamaño y alta variación espacial en los cuerpos de agua no es viable la realización de estacas perimetrales ni levantamiento de perímetro lagunar con GNSS diferencial.

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al cálculo de superficie lacustre para ambos meses (Tabla 5-48).

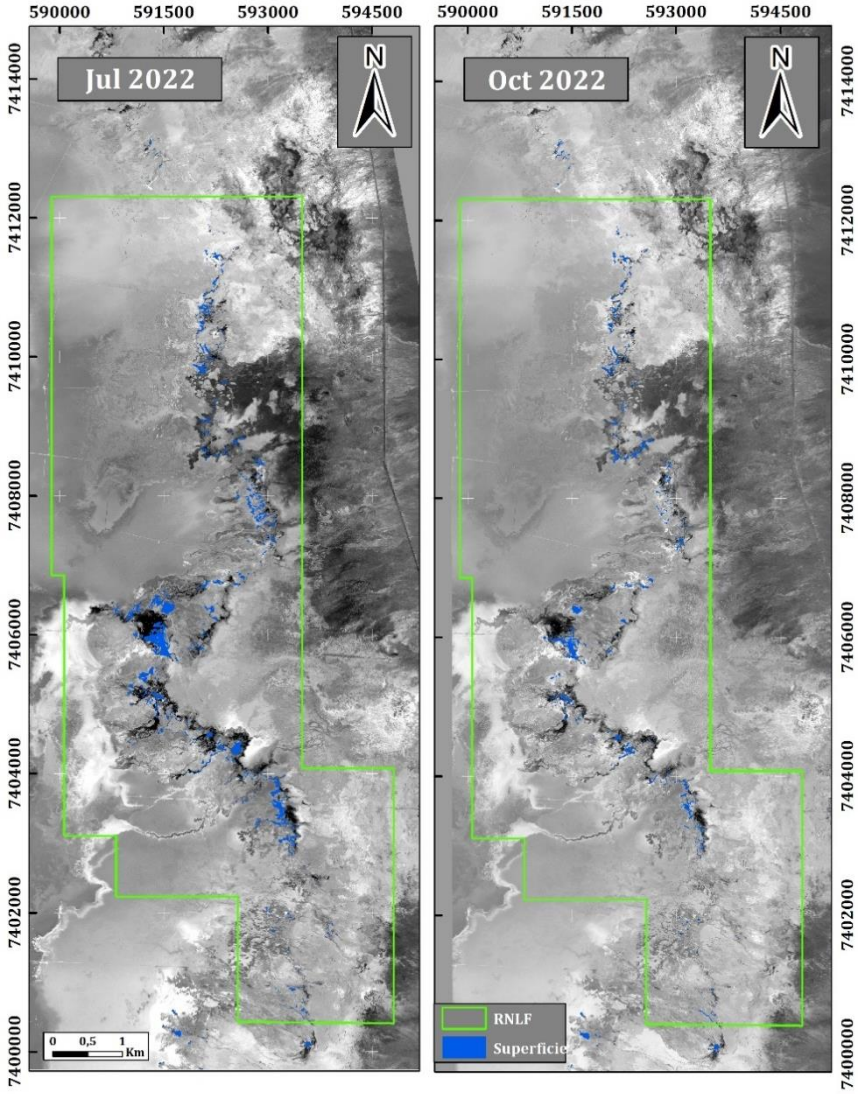
Tabla 5-48: Superficie lacustre para el segundo semestre de 2022 en Aguas de Quelana.

Periodo de medición	Responsable	Metodología	Sistema Lacustre de Aguas de Quelana [m2]
Jul 2022	SRGIS	Imagen Satelital	351.199
Oct 2022	SRGIS	Imagen Satelital	165.836

Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta en un mapa las delimitaciones lacustres (Figura 5-29).

Figura 5-29: Mapas de extensión lagunar en Aguas de Quelana en julio (izquierda) y octubre (derecha) a misma escala gráfica.



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

5.1.3.3 Caudal bombeado

En el sector aluvial del Sistema Aguas de Quelana es posible extraer agua industrial únicamente desde el pozo Socaire-5; tal como se indicó en el informe PSAH N°30 y PSAH N°31 el pozo Camar-2 se encuentra desmantelado por lo que, no se está bombeando agua en ese punto. Así, los caudales medios mensuales

extraídos del pozo Socaire-5 durante el período del segundo semestre de 2022 se presentan en la Figura 5-30.

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

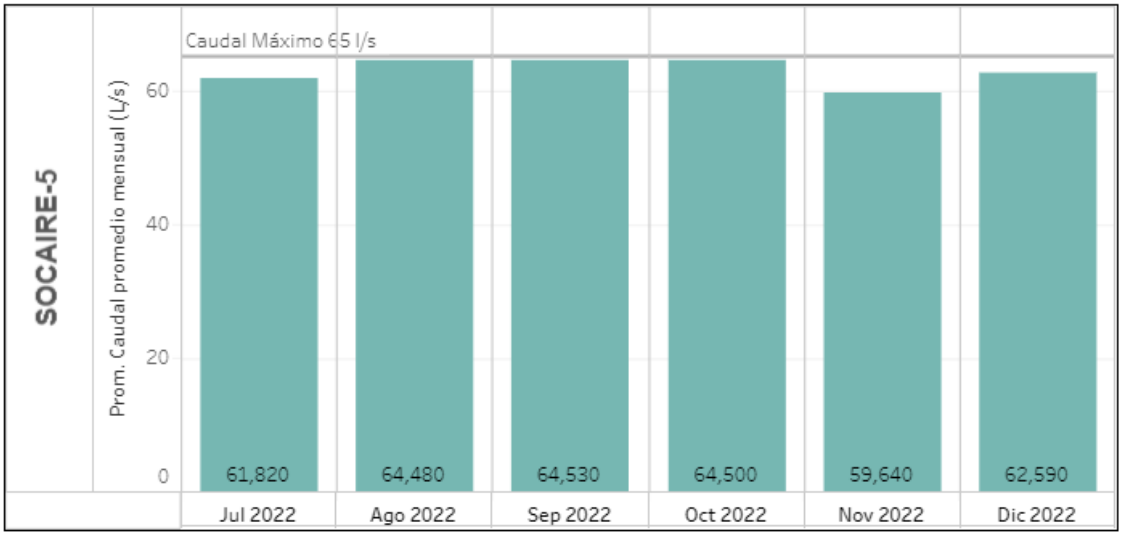
Como se observa, el flujo de extracción se mantuvo por debajo de los máximos establecidos en la autorización ambiental del pozo Socaire-5, con un promedio semestral de 62,92 L/s.

Tabla 5-49: 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)	Prom. Caudal promedio mensual (L/s)
SOCAIRE-5	Jul 2022	01/07/2022	01/08/2022	S5P800409	439.049	604.629	165.580	61,82
	Ago 2022	01/08/2022	01/09/2022	S5P800409	604.629	777.335	172.706	64,48
	Sep 2022	01/09/2022	01/10/2022	S5P800409	777.335	944.592	167.257	64,53
	Oct 2022	01/10/2022	01/11/2022	S5P800409	944.592	1.117.359	172.767	64,50
	Nov 2022	01/11/2022	01/12/2022	S5P800409	1.117.359	1.271.958	154.599	59,64
	Dic 2022	01/12/2022	31/12/2022	S5P800409	1.271.958	1.439.598	167.640	62,59
		31/12/2022	01/01/2023	S5P800409	1.439.598	1.439.598	0	62,59

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-30: 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 segundo 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 4-8 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 segundo semestre de 2022.

5.1.3.4.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-50 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 (julio y octubre 2022), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre del año. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-31.

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

Tal como se observa en la Tabla 5-50, los análisis por parte de la ETFA ALS durante julio 2022, muestran valores inconsistentes para los sólidos disueltos totales donde estos son mayores que los sólidos totales para el pozo L4-3. Dado que los resultados son entregados posterior al holding time de 7 días posterior a la toma de muestra en terreno, no fue posible su reanálisis. Este dato es solo valido cuando es comparado

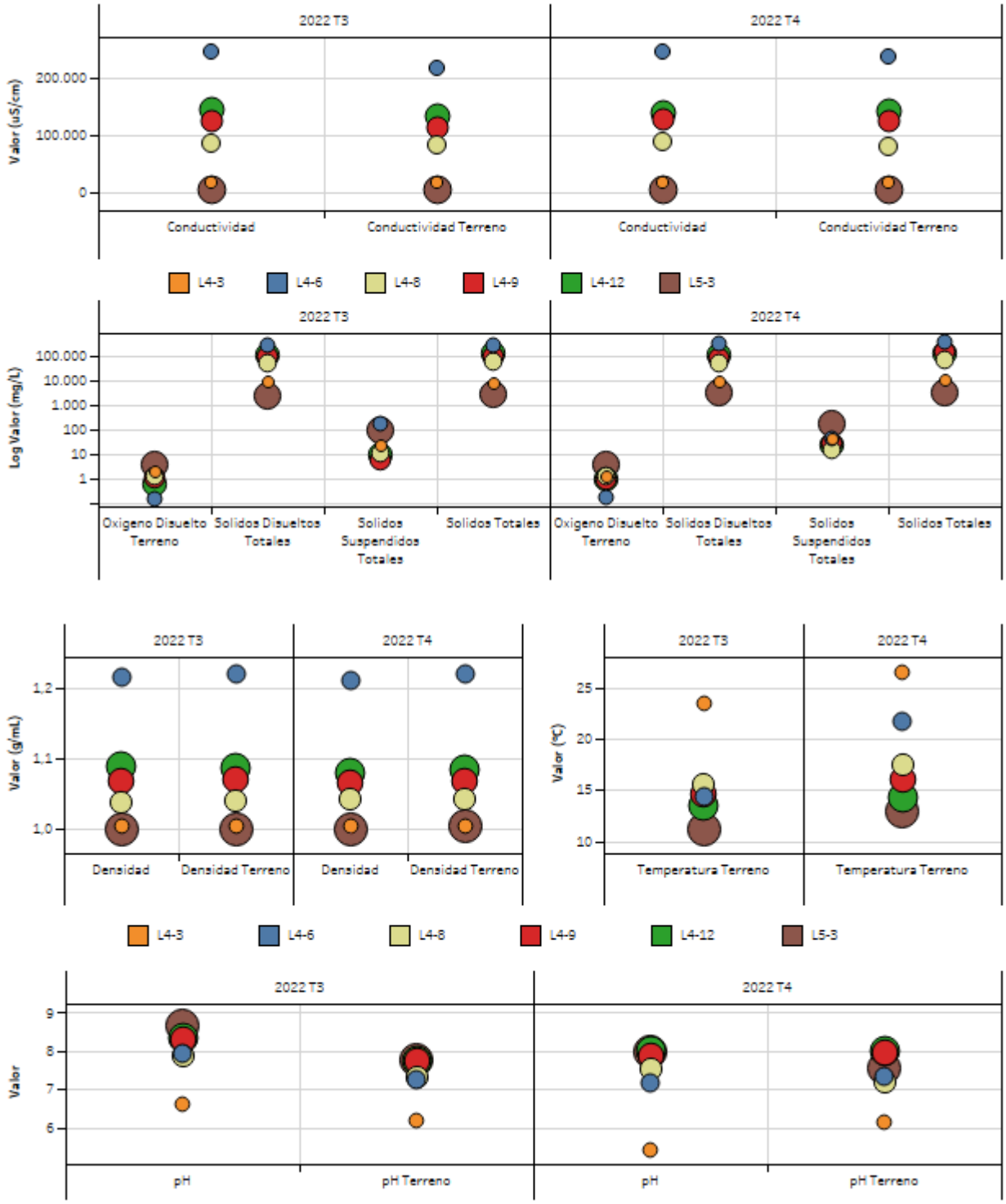
a su serie histórica, tal como se muestra en la sección 6.1.2.4 de Calidad química del Sistema Aguas de Quelana.

Tabla 5-50: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana

Parámetro	L4-3		L4-6		L4-8	
	24/07/22	20/10/22	22/07/22	19/10/22	13/07/22	03/10/22
Conductividad (uS/cm)	16.070	17.640	244.000	244.000	84.400	88.300
Conductividad Terreno (uS/cm)	16.300	18.270	217.000	236.200	81.450	80.320
Densidad (g/mL)	1,005	1,004	1,216	1,212	1,039	1,043
Densidad Terreno (g/mL)	1,004	1,004	1,221	1,220	1,040	1,044
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	1,96	1,27	0,17	0,19	1,50	1,38
pH ()	6,59	5,42	7,93	7,16	7,87	7,52
pH Terreno ()	6,19	6,13	7,25	7,34	7,29	7,18
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	9.600	10.050	311.870	372.200	57.640	61.550
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	23	42	182	52	12	16
Sólidos Totales (mg/L)	8.730	11.740	336.095	452.000	68.140	76.500
Temperatura Terreno (°C)	23,4	26,5	14,3	21,6	15,6	17,5
Parámetro	L4-9		L4-12		L5-3	
	13/07/22	03/10/22	12/07/22	04/10/22	13/07/22	03/10/22
Conductividad (uS/cm)	122.600	125.700	143.000	138.400	4.780	6.050
Conductividad Terreno (uS/cm)	113.200	122.700	131.200	140.300	4.076	5.907
Densidad (g/mL)	1,069	1,066	1,089	1,081	1,000	1,000
Densidad Terreno (g/mL)	1,070	1,069	1,087	1,085	1,000	1,005
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	1,25	0,98	0,62	1,04	3,92	4,20
pH ()	8,28	7,88	8,31	7,97	8,64	7,98
pH Terreno ()	7,72	7,94	7,74	7,99	7,74	7,54
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	100.430	87.100	120.165	123.100	2.808	3.348
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	7	32	10	27	100	191
Sólidos Totales (mg/L)	108.960	172.800	144.780	150.400	2.956	3.820
Temperatura Terreno (°C)	14,6	16,1	13,5	14,3	11,2	12,8

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-31: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 5-51, se presentan los resultados del monitoreo de calidad para el segundo semestre 2022 en los pozos de Socaire-5, Camar-2 y L4-10, considerar que para este último punto de monitoreo, la medición de calcio total se presenta en el Anexo 6.1.2, sin embargo, este dato ha sido invalidado debido a que el laboratorio ALS Life Sciences Chile entrego un valor de calcio disuelto mayor al total, generando una inconsistencia entre estas mediciones[46], esta situación ocurrió para las mediciones de julio y octubre de 2022.

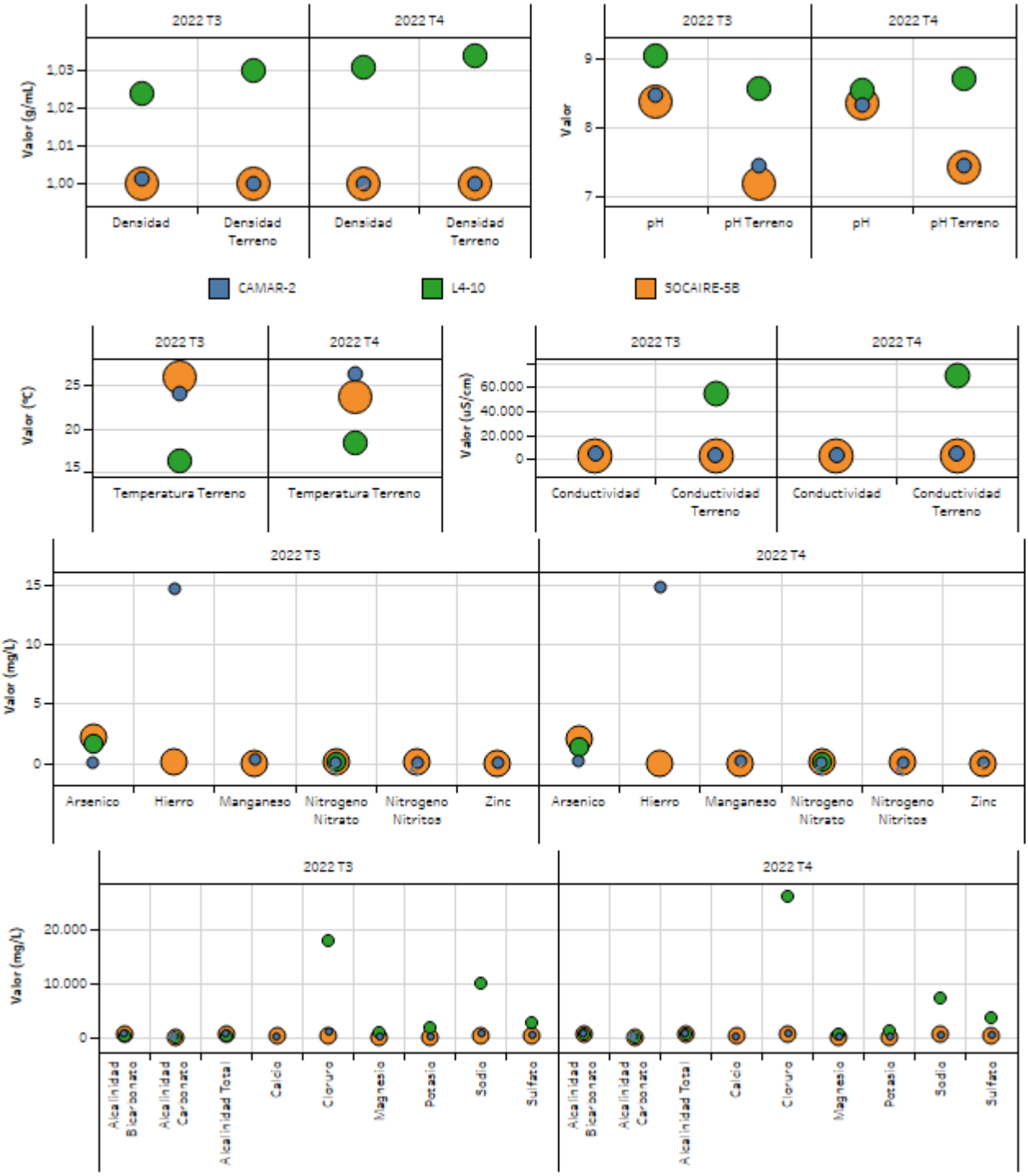
Tabla 5-51: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B, Camar-2 y L4-10

Parámetro	CAMAR-2		L4-10		SOCAIRE-5B	
	18/07/22	27/10/22	13/07/22	03/10/22	24/07/22	28/10/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	548	559	366	546	462	482
Arsénico (mg/L)	0,092	0,127	1,563	1,309	2,145	2,048
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	548	559	366	546	462	482
Bicarbonatos (mg/L)	669	682	447	666	564	588
Calcio (mg/L)	131	122	-	-	103	99
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	903	827	17.929	26.020	349	426
Conductividad (uS/cm)	4.620	3.830	-	-	2.830	2.780
Conductividad Terreno (uS/cm)	3.624	4.168	54.670	70.080	3.027	3.129
Densidad (g/mL)	1,001	1,000	1,024	1,031	1,000	1,000
Densidad Terreno (g/mL)	1,000	1,000	1,030	1,034	1,000	1,000
Dureza Total (mg/L)	-	-	3.930	6.072	-	-
Fosforo (mg/L)						
Hierro (mg/L)	14,595	14,792			0,062	0,022
Magnesio (mg/L)	131	115	959	677	50	50
Manganeso (mg/L)	0,256	0,237			0,003	0,000
Nitrógeno Nitrato (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos (mg/L)	<0,09	<0,09			<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	2,39	2,06	3,79	1,07	2,93	3,39
pH ()	8,47	8,31	9,04	8,54	8,37	8,35
pH Terreno ()	7,44	7,45	8,56	8,69	7,19	7,43
Potasio (mg/L)	30	23	1.646	1.224	31	30
Salinidad (%)	-	-	35	42	-	-
Sodio (mg/L)	608	523	9.961	7.337	371	404
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2.576	1.872	25.320	44.950	1.798	1.760
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	-	-	26	308	-	-
Sólidos Totales (mg/L)	-	-	38.220	54.950	-	-
Sulfato (mg/L)	313	306	2.780	3.604	320	335
Temperatura Terreno (ºC)	24,0	26,3	16,3	18,3	25,8	23,6
Zinc (mg/L)	0,051	0,086			0,042	0,001

Fuente: Elaboración propia.

[46] SQM solicita adicionalmente la medición de analitos extras para verificar los parámetros de medición, tal caso, es cuando los analitos disueltos son mayores a los totales. Esta inconsistencia permite generar un procedimiento de calidad y seguimiento a los resultados entregados por la ETFA ALS Life Sciences Chile.

Figura 5-32: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2 , L4-10 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 segundo 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 5-52 muestra los resultados de la validación para los puntos en el sistema Aguas de Quelana. Los resultados son satisfactorios en el balance de masas para todos los puntos, a excepción del L4-10 que presenta un desbalance mayor al 20% durante el tercer trimestre y el L4-9 durante el cuarto trimestre de 2022. Recordar, que tanto los puntos Camar-2 y Socaire-5 son clasificados a partir de Calidad 4 en la Tabla 4-5, por lo que, los parámetros para calcular el balance de masa no son compromiso para estos puntos según RCA N°226/2006.

Ahora bien, los balances iónicos para los puntos Camar-2, L4-10 y Socaire-5, se encuentran dentro del 10% recomendable durante ambos trimestres a excepción del punto L4-10 durante el cuarto trimestre el cual supera el 7,5% 10% recomendable y, por lo tanto, no es un valor considerado como valido.

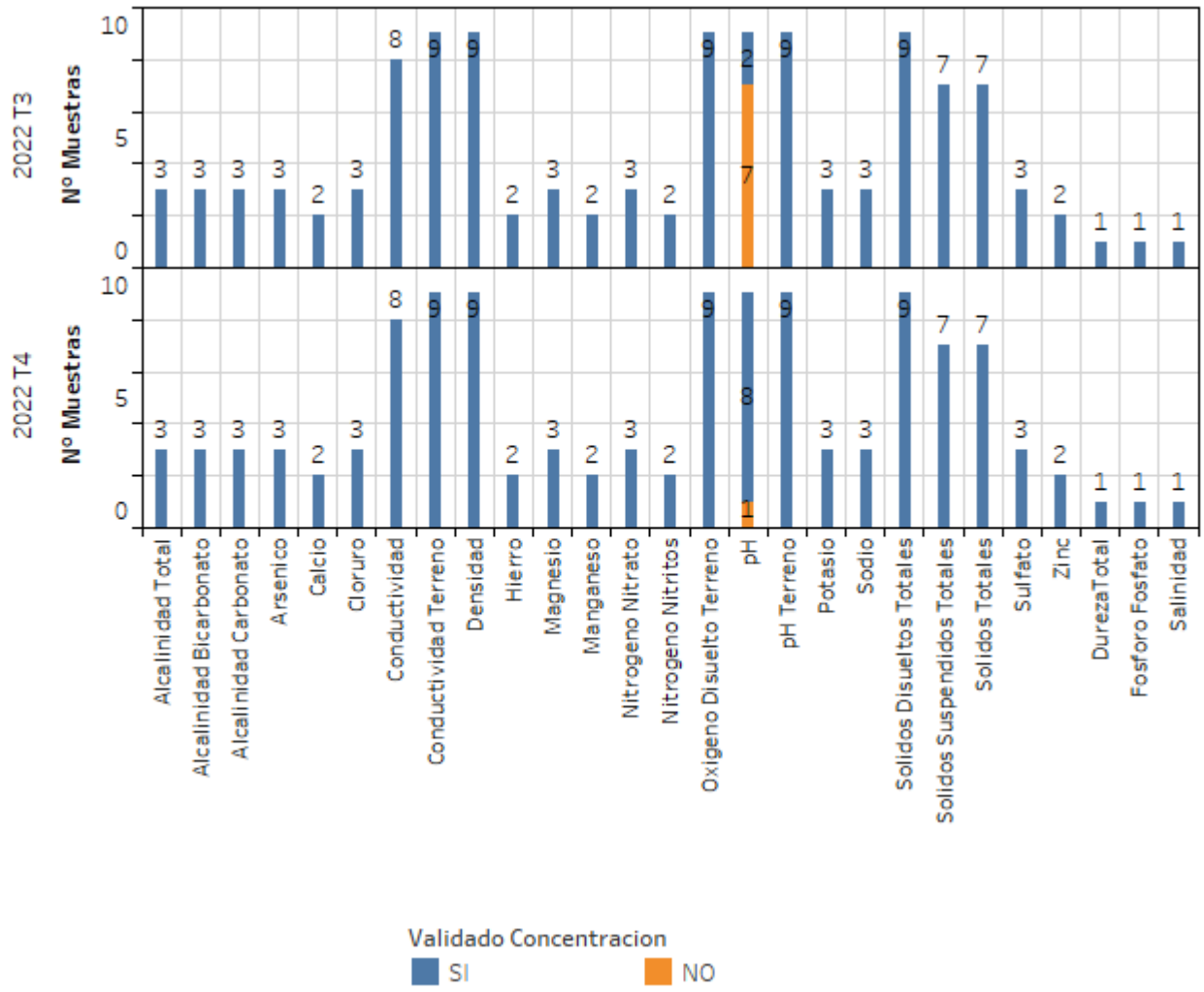
Tabla 5-52: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana

Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
3	CAMAR-2	NA*	2,4
	L4-3	10,2	NA*
	L4-6	-7,2	NA*
	L4-8	-15,4	NA*
	L4-9	-7,8	NA*
	L4-10	-33,7	1,5
	L4-12	-17,0	NA*
	L5-3	-1,6	NA*
	SOCAIRE-5B	NA*	1,0
4	CAMAR-2	NA*	1,8
	L4-3	-14,0	NA*
	L4-6	-17,6	NA*
	L4-8	-19,5	NA*
	L4-9	-49,6	NA*
	L4-10	-17,6	33,7
	L4-12	-18,1	NA*
	L5-3	-7,4	NA*
	SOCAIRE-5B	NA*	2,0

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 5-33 se observa que durante el tercer trimestre se registraron 7 desviaciones de pH con respecto al histórico. Durante el cuarto trimestre las desviaciones fueron menores correspondiendo a tan solo 1 desviación en pH. Esto implica que la desviación de los analitos con respecto a desviaciones semestrales representa tan solo un 3,36% del total de 238 análisis en el sistema Aguas de Quelana durante el segundo semestre de 2022.

Figura 5-33: 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 segundo 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 e incluso con mediciones adicionales por parte de SEGEA y la comunidad de Talabre, donde estas mediciones caen dentro del marco del Programa de Monitoreo Participativo, acción 11 del actual aprobado PdC (2022).

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 4-9 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 presentado 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 5-53 se muestran los resultados del monitoreo efectuado en estos 7 puntos de control (más el P2) situados en la zona aluvial. En la Tabla 5-54 se muestra del recuento de las mediciones efectuadas cada empresa y comunidad en cada mes medido. En la Figura 5-34 se muestra gráfica el resultado de los niveles medidos en el presente semestre reportado.

Como puede verse, en el segundo 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 5-53: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este

CA-2015

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 14:48	2.304,359
17/7/22 14:48	2.304,365
24/7/22 14:40	2.304,326 *
24/7/22 14:50	2.304,332 *
21/8/22 15:23	2.305,820
21/8/22 15:35	2.305,830
26/9/22 09:23	2.304,317
23/10/22 09:38	2.304,375
28/10/22 07:00	2.304,318
28/10/22 08:12	2.304,314 *
24/11/22 12:11	2.304,316
19/12/22 10:19	2.304,275

L3-16

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 10:55	2.321,565
18/7/22 10:58	2.321,572
18/8/22 15:23	2.321,604
18/8/22 15:27	2.321,611
26/9/22 11:12	2.321,592
23/10/22 10:43	2.321,590
21/11/22 16:28	2.321,629
18/12/22 15:26	2.321,624

P2

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 14:43	2.311,998
17/7/22 14:43	2.312,002
21/8/22 15:30	2.312,008
21/8/22 15:34	2.312,011
26/9/22 09:22	2.311,954
23/10/22 09:44	2.311,934
24/11/22 12:06	2.311,982
19/12/22 10:15	2.311,932

L7-15

Fecha	Nivel (m s.n.m.)
24/7/22 10:09	2.329,312
24/7/22 10:12	2.329,328
21/8/22 12:54	2.329,312
21/8/22 12:55	2.329,322
26/9/22 13:36	2.329,373
23/10/22 12:29	2.329,321
10/11/22 09:48	2.329,318
15/12/22 09:47	2.329,339

L7-13

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.323,130	2.323,142
Ago 2022	2.323,142	2.323,155
Sep 2022	2.323,152	2.323,163
Oct 2022	2.323,161	2.323,173
Nov 2022	2.323,172	2.323,182
Dic 2022	2.323,177	2.323,184

L2-26

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.318,248	2.318,264
Ago 2022	2.318,261	2.318,276
Sep 2022	2.318,275	2.318,287
Oct 2022	2.318,286	2.318,297
Nov 2022	2.318,295	2.318,307
Dic 2022	2.318,294	2.318,306

L9-1

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.309,666	2.309,676
Ago 2022	2.309,675	2.309,684
Sep 2022	2.309,681	2.309,693
Oct 2022	2.309,686	2.309,701
Nov 2022	2.309,695	2.309,701
Dic 2022	2.309,695	2.309,705

SEGEA SQM

L9-2		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.308,865	2.308,882
Ago 2022	2.308,879	2.308,894
Sep 2022	2.308,893	2.308,906
Oct 2022	2.308,903	2.308,915
Nov 2022	2.308,913	2.308,919
Dic 2022	2.308,908	2.308,918

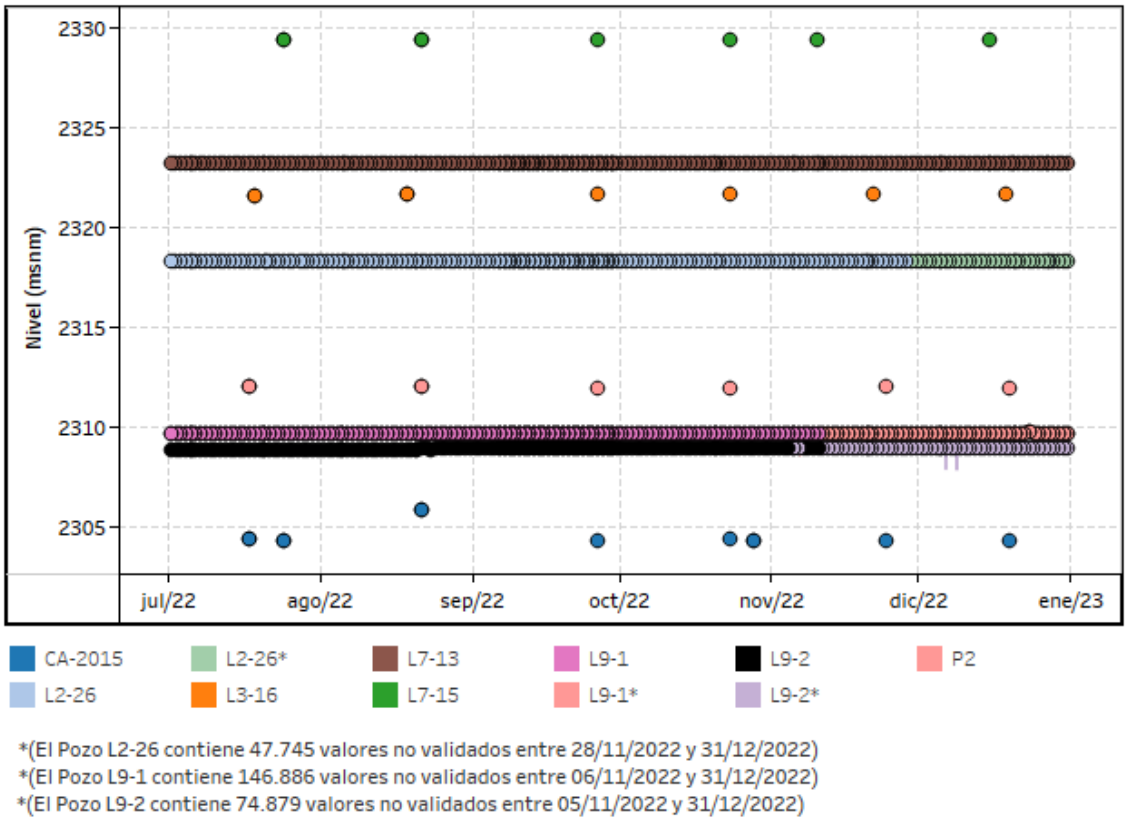
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (*) corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-54: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	Comunidad Talabre	SEGEA						SQM					
	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
CA-2015		2	1		1			2	1	1	2	1	1
L2-26		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	3
L3-16		1	1					1	1	1	1	1	1
L7-13	1	2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4
L7-15		1	1					1	1	1	1	1	1
L9-1		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	2
L9-2		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	2
P2		1	1					1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-34: 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 5-55 se muestra el resultado del monitoreo manual efectuado en este segundo semestre de 2022, en la Tabla 5-56 se muestra el detalle del número de medidas que ha efectuado cada empresa para cada mes y en la Figura 5-35 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 la ETFA que les corresponde por ser indicadores de estado, traspaso de responsabilidad que se ejecuta desde el 06 de septiembre de 2022 bajo las nuevas Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022. De la misma forma que en todos los anteriores casos, estos puntos han sido adicionalmente medidos por SQM desde esta fecha

Tabla 5-55: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este

L1-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.306,636	2.306,723
Ago 2022	2.306,726	2.306,762
Sep 2022	2.306,761	2.306,765
Oct 2022	2.306,743	2.306,764
Nov 2022	2.306,685	2.306,742
Dic 2022	2.306,592	2.306,682

L2-25		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.308,827	2.308,832
Ago 2022	2.308,831	2.308,836
Sep 2022	2.308,832	2.308,839
Oct 2022	2.308,834	2.308,838
Nov 2022	2.308,834	2.308,838
Dic 2022	2.308,827	2.308,834

L2-27		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.310,545	2.310,737
Ago 2022	2.310,745	2.310,893
Sep 2022	2.310,895	2.310,969
Oct 2022	2.310,967	2.310,990
Nov 2022	2.310,935	2.310,992
Dic 2022	2.310,791	2.310,931

L2-28		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.316,232	2.316,265
Ago 2022	2.316,267	2.316,294
Sep 2022	2.316,293	2.316,313
Oct 2022	2.316,313	2.316,328
Nov 2022	2.316,321	2.316,331
Dic 2022	2.316,262	2.316,322

L3-15		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.315,506	2.315,519
Ago 2022	2.315,516	2.315,527
Sep 2022	2.315,526	2.315,534
Oct 2022	2.315,532	2.315,540
Nov 2022	2.315,533	2.315,543
Dic 2022	2.315,514	2.315,535

L4-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.306,419	2.306,430
Ago 2022	2.306,430	2.306,441
Sep 2022	2.306,439	2.306,448
Oct 2022	2.306,446	2.306,453
Nov 2022	2.306,443	2.306,453
Dic 2022	2.306,417	2.306,442

L7-14		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	Mín	Max
Jul 2022	2.315,621	2.315,643
Ago 2022	2.315,644	2.315,659
Sep 2022	2.315,660	2.315,675
Oct 2022	2.315,674	2.315,685
Nov 2022	2.315,681	2.315,686
Dic 2022	2.315,664	2.315,683

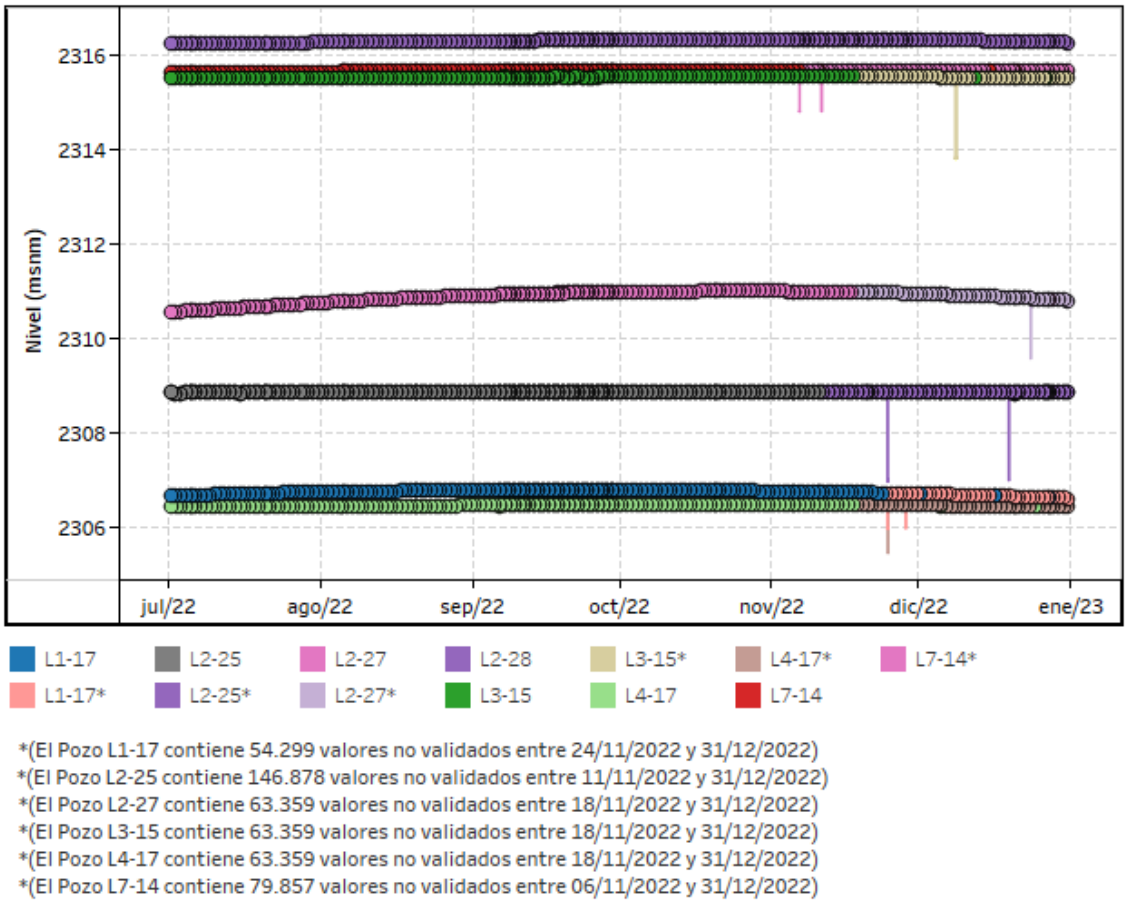
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de SQM.

Tabla 5-56: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	Comunidad Talabre	SEGEA						SQM					
	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L1-17	1	2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4
L2-25		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4
L2-27		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	3
L2-28		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	24	3
L3-15		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4
L4-17		2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	3
L7-14	1	2	2	25	31	30	31	31	31	29	1	2	4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-35: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.4.2 Caudal bombeado

Para el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, el único pozo de extracción corresponde al denominado CA-2015. Su caudal medio mensual extraído durante el período julio a diciembre de 2022 es 30,49 L/s y se presenta en la Tabla 5-57 y gráficamente en la Figura 5-36. 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 5-57 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 5-57: 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)	Prom. Caudal promedio mensual (L/s)
CA-2015	Jul 2022	01/07/2022	01/08/2022	S5W504502	239.076	316.589	77.513	28,94
	Ago 2022	01/08/2022	01/09/2022	S5W504502	316.589	400.826	84.237	31,45
	Sep 2022	01/09/2022	01/10/2022	S5W504502	400.826	477.048	76.222	29,41
	Oct 2022	01/10/2022	01/11/2022	S5W504502	477.048	564.965	87.917	32,82
	Nov 2022	01/11/2022	01/12/2022	S5W504502	564.965	642.143	77.178	29,78
	Dic 2022	01/12/2022	22/12/2022	S5W504502	642.143	699.022	56.879	30,51
		22/12/2022	22/12/2022	S5W504502	699.022	699.022	0	30,51
			01/01/2023	S5Y703946	0	24.841	24.841	30,51

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-36: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.3 Calidad química

5.1.4.3.1 Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Vegetación Borde Este durante el segundo semestre de 2022.

Como se señaló en la sección 0, los pozos L2-4 y L7-3 pertenecen tanto a la red de monitoreo del Sistema Soncor como a la del Sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del

monitoreo efectuado en dichos puntos fueron presentados en la mencionada sección, ellos no se incluyen en el presente acápite.

De la misma forma, y como fue señalado en la sección 5.1.3, el pozo L4-3 es parte del monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dicho punto fueron presentados como parte del Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente acápite.

En la Figura 4-9 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).

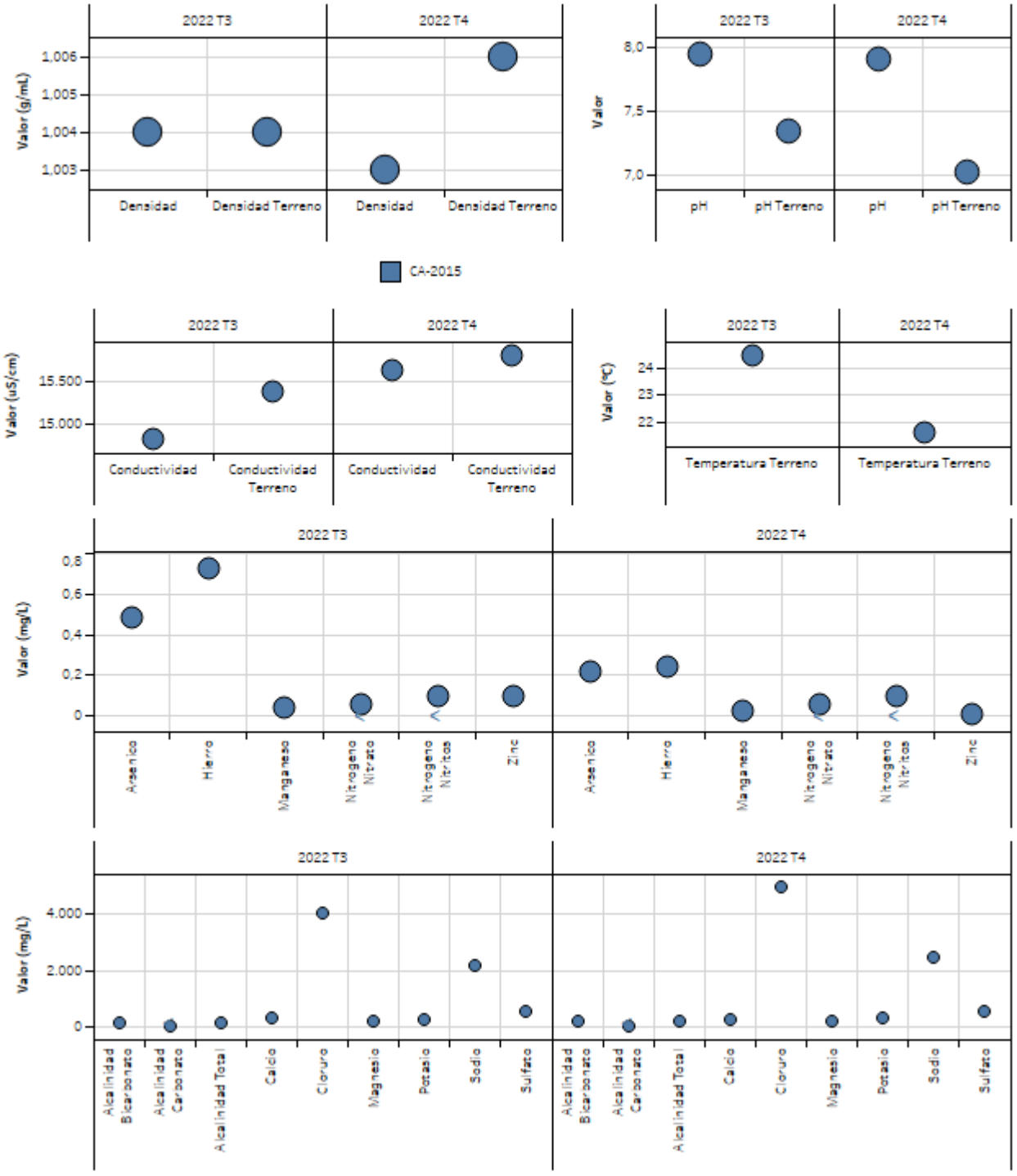
A continuación, en la Tabla 5-58 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (SEGEA en ambos trimestres) y analizadas por el laboratorio ALS, al pozo de bombeo CA-2015 en el segundo semestre del año 2022. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-37. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-58: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015

Parámetro	CA-2015	
	24/07/22	28/10/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	153	157
Arsénico (mg/L)	0,478	0,218
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	153	157
Bicarbonatos (mg/L)	187	192
Calcio (mg/L)	273	258
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1
Cloruro (mg/L)	3.997	4.956
Conductividad (uS/cm)	14.820	15.610
Conductividad Terreno (uS/cm)	15.370	15.780
Densidad (g/mL)	1,004	1,003
Densidad Terreno (g/mL)	1,004	1,006
Hierro (mg/L)	0,721	0,242
Magnesio (mg/L)	205	211
Manganeso (mg/L)	0,037	0,024
Nitrógeno Nitrato (mg/L)	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos (mg/L)	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	2,83	3,59
pH ()	7,94	7,91
pH Terreno ()	7,34	7,02
Potasio (mg/L)	261	280
Sodio (mg/L)	2.184	2.475
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	9.100	9.990
Sulfato (mg/L)	534	524
Temperatura Terreno (°C)	24,4	21,6
Zinc (mg/L)	0,096	0,007

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015



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

5.1.4.3.2 Validación Resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el segundo semestre de 2022 en el sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.9.

En la Tabla 5-59 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 según la clasificación de Calidad 4 que considera los analitos que se muestran en la Tabla 4-5. Respecto del balance iónico, ambos trimestres se ajustan a un desbalance inferior al 10% entre las cargas principales de sus iones, por lo que se considera una diferencia aceptable entre macroelementos de la muestra obtenida en este punto.

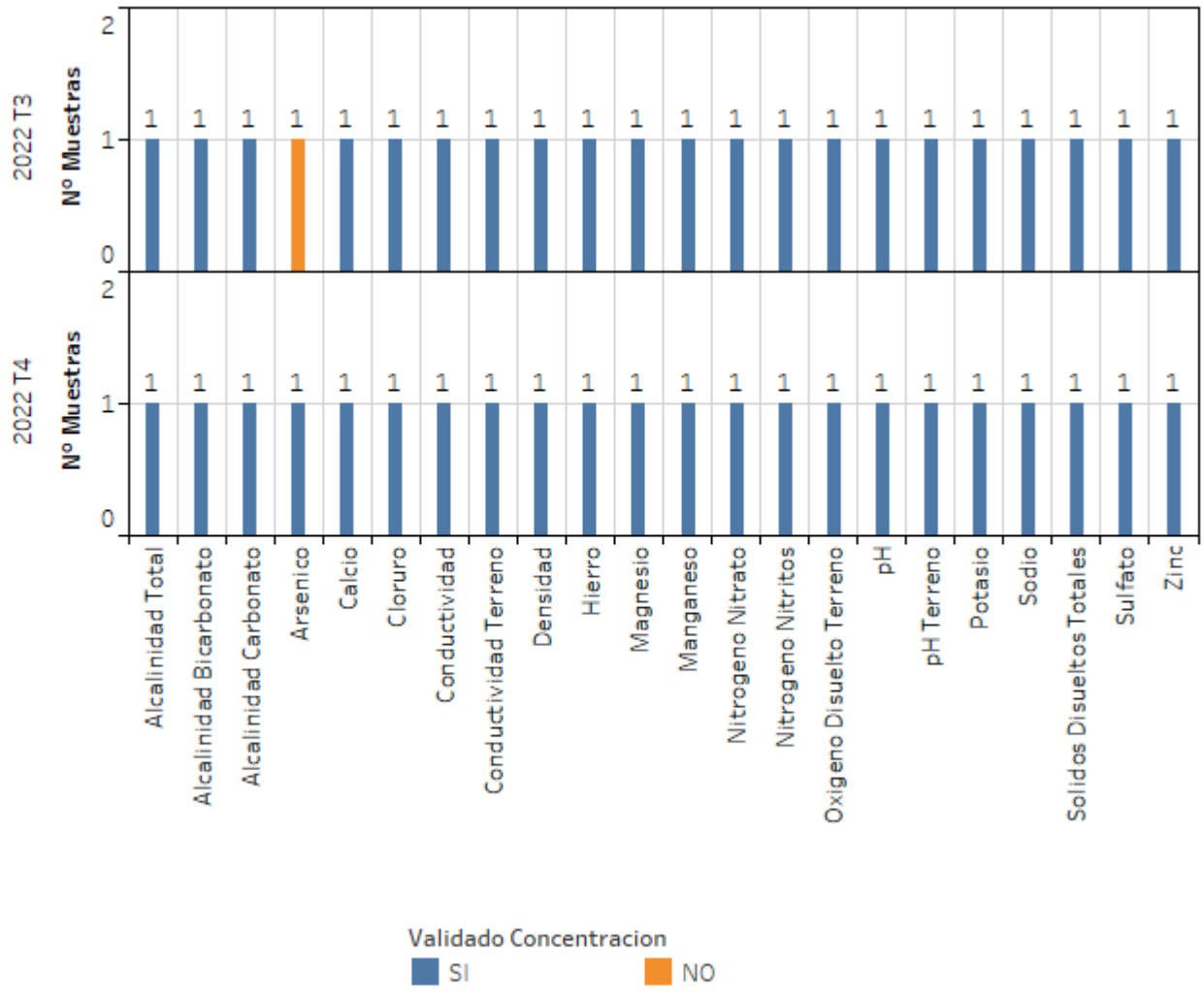
Tabla 5-59 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este.

Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
3	CA-2015	NA*	2,0
4	CA-2015	NA*	2,9

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 5-38 muestra los resultados de la validación por concentraciones con relación a cada analito y punto (consultar capítulo 4.4.9). Puede verse que en la campaña del tercer trimestre todos los parámetros fueron validados a excepción del arsénico. En la campaña del cuarto trimestre se observan todos los parámetros validados. Considerando el único valor “anómalo” de arsénico, el error detectado durante el semestre a reportar corresponde a un 2,27% del total de análisis realizados en el sistema de Vegetación Borde Este.

Figura 5-38: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia

5.1.5 SISTEMA PEINE

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Peine considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (26 puntos), calidad química (6 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (3 áreas). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2022 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-60 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-60: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-22
L10-2	4					*	*
L10-9	4					*	*
L10-10	4					*	*
GD-03	4					*	*
GD-04	4					*	*
L10-6	4					*	*
L10-7	4					*	*
L10-8	4					*	*
Reglilla Salada CONAF	4			*	*	*	*
Reglilla Interna 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 4-10 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 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, indicador que contiene mediciones diarias por parte de SEGEA respondiendo a la ejecución de la acción 5 del aprobado PdC.

En la Tabla 5-61 se muestra el resultado del monitoreo comprometido llevado a cabo en el segundo semestre de 2022 y la Tabla 5-62 se muestra el detalle del número de mediciones efectuadas cada mes por cada empresa. Finalmente, en la Figura 5-39 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 noviembre y diciembre debido a la restricción de acceso por parte de Comunidad Peine. 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 SEGEA del pozo L10-4, que pasaron a ser responsabilidad de la ETFA desde el 06 de septiembre según las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022.

Tabla 5-61: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine

L10-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 12:44	2.305,214
12/7/22 12:48	2.305,215
31/7/22 09:33	2.305,243 *
31/7/22 09:38	2.305,243 *
12/8/22 13:23	2.305,241
12/8/22 13:24	2.305,241
27/8/22 09:59	2.305,264 *
27/8/22 10:01	2.305,266 *
10/9/22 13:02	2.305,284
24/9/22 08:31	2.305,332
24/9/22 09:32	2.305,331 *
11/10/22 11:34	2.305,346
31/10/22 14:32	2.305,375
31/10/22 15:31	2.305,376 *
11/11/22 10:00	2.305,371
27/11/22 08:22	2.305,422
27/11/22 09:24	2.305,422 *
11/12/22 16:33	2.305,372
29/12/22 08:51	2.305,364
29/12/22 10:33	2.305,364 *

L10-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 16:55	2.300,690
11/7/22 17:02	2.300,690
31/7/22 13:54	2.300,689 *
31/7/22 13:55	2.300,689 *
12/8/22 09:30	S/I
18/8/22 10:49	2.300,687 *
18/8/22 10:51	2.300,687
28/8/22 15:45	2.300,686 *
28/8/22 15:46	2.300,687 *
11/9/22 12:11	2.300,687
25/9/22 13:31	2.300,685 *
25/9/22 13:32	2.300,685
12/10/22 13:54	2.300,684
12/11/22 12:00	S/I
28/11/22 12:00	S/I
30/12/22 12:00	S/I

L10-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 09:49	2.300,133
12/7/22 09:52	2.300,134
31/7/22 15:05	2.300,124 *
31/7/22 15:06	2.300,124 *
18/8/22 13:20	2.300,117
18/8/22 13:22	2.300,117
27/8/22 18:18	2.300,112 *
27/8/22 18:22	2.300,113 *
10/9/22 17:12	2.300,110
24/9/22 14:02	2.300,102
24/9/22 15:06	2.300,101 *
12/10/22 15:04	2.300,095
31/10/22 10:54	2.300,088
31/10/22 11:54	2.300,089 *
12/11/22 10:12	2.300,085
28/11/22 10:02	2.300,080
28/11/22 11:04	2.300,081 *
11/12/22 10:59	2.300,076
30/12/22 10:31	2.300,071
30/12/22 11:31	2.300,072 *

L10-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 16:41	2.299,973
11/7/22 16:44	2.299,973
31/7/22 13:35	2.299,966 *
31/7/22 13:37	2.299,965 *
12/8/22 09:30	S/I
18/8/22 10:30	2.299,961 *
18/8/22 10:34	2.299,960
28/8/22 15:22	2.299,955 *
28/8/22 15:22	2.299,957 *
11/9/22 11:53	2.299,953
25/9/22 13:08	2.299,947 *
25/9/22 13:09	2.299,947
12/10/22 13:43	2.299,944
12/11/22 12:00	S/I
28/11/22 12:00	S/I
30/12/22 12:00	S/I

L10-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 16:36	2.300,373
11/7/22 16:38	2.300,373
31/7/22 13:29	2.300,370 *
31/7/22 13:30	2.300,370 *
12/8/22 09:30	S/I
18/8/22 10:23	2.300,368 *
18/8/22 10:26	2.300,367
28/8/22 15:08	2.300,367 *
28/8/22 15:10	2.300,367 *
11/9/22 11:48	2.300,367
25/9/22 12:58	2.300,365 *
25/9/22 12:59	2.300,364
12/10/22 13:37	2.300,364
12/11/22 12:00	S/I
28/11/22 12:00	S/I
30/12/22 12:00	S/I

L10-15	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 09:28	2.299,795
11/7/22 09:30	2.299,797
30/7/22 14:47	2.299,787 *
30/7/22 14:50	2.299,786 *
18/8/22 09:19	2.299,778
18/8/22 09:21	2.299,777
28/8/22 15:29	2.299,774 *
28/8/22 15:30	2.299,775 *
11/9/22 08:58	2.299,770
25/9/22 09:23	2.299,763
25/9/22 09:24	2.299,764 *
12/10/22 10:27	2.299,760
31/10/22 08:42	2.299,756
31/10/22 09:42	2.299,755 *
12/11/22 09:08	2.299,755
28/11/22 08:26	2.299,750
28/11/22 09:27	2.299,750 *
11/12/22 09:39	2.299,750
30/12/22 08:25	2.299,748
30/12/22 09:25	2.299,748 *

SEGEA SQM

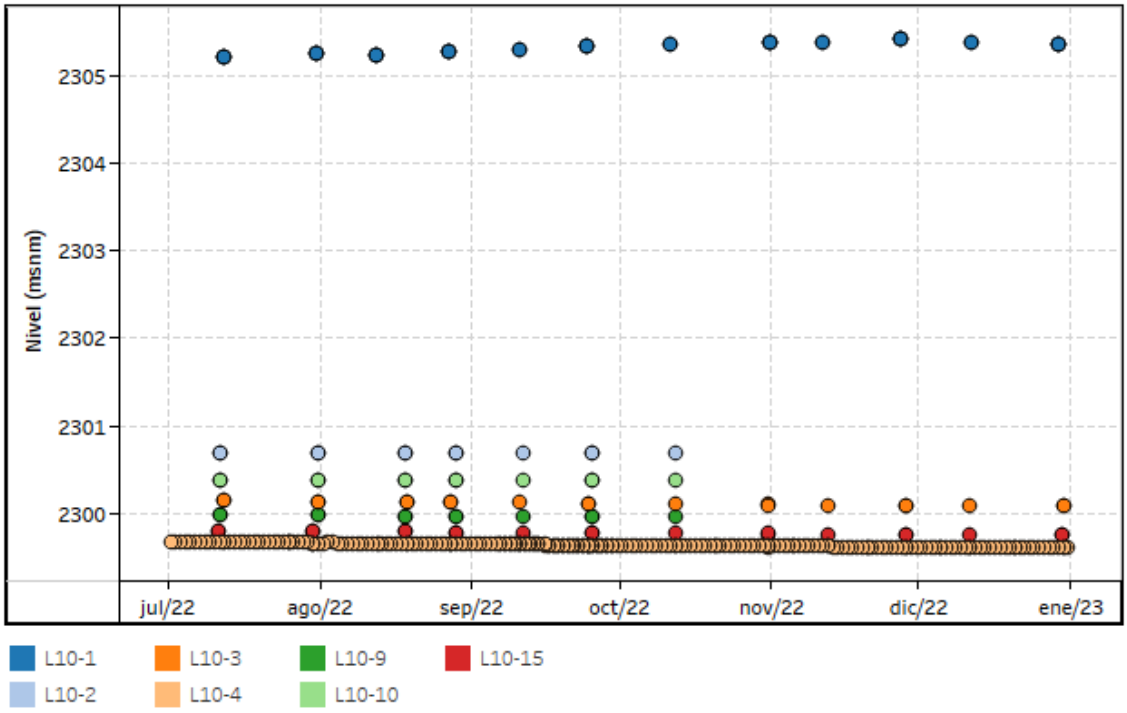
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a SQM en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones a SEGEA.

Tabla 5-62: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L10-1	4	4	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
L10-2	2	2	1				2	2	2	1		
L10-3	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L10-4	3	3	26	32	30	31	33	32	31	3	4	4
L10-9	2	2	1				2	2	2	1		
L10-10	2	2	1				2	2	2	1		
L10-15	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-39: 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. Todos los indicadores de estado de Sistema Peine han aumentado la frecuencia de monitoreo a partir del

01 de diciembre de 2018 y durante toda la vigencia del actual aprobado PdC, respondiendo a la acción 5 del mismo.

En la Tabla 5-63 se muestra el monitoreo comprometido y resultante para este segundo semestre de 2022, en la Tabla 5-64 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), recordar que desde el 06 de septiembre de 2022 la ETFA comenzó con el monitoreo diario de los indicadores de estado y SQM a su vez, disminuyo su frecuencia a monitoreo de acuerdo a la frecuencia de monitoreo según la fase en la que se encuentre en indicador de estado, tal como se especifica en el apartado 11.3.3 Acciones a implementar según las Fases del Plan de Contingencia RCA N°226/2006.

Como puede verse, los pozos GD-03, GD-04, L10-6, L10-7 y L10-8 no pudieron ser visitados durante los meses de noviembre y diciembre debido a prohibición de acceso por la Comunidad de Peine. 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 SEGEA desde septiembre de los pozos L10-11 y 1028.

Tabla 5-63: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine

1024	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 13:07	2.299,056
19/7/22 13:09	2.299,058
22/8/22 12:49	2.299,045
22/8/22 12:49	2.299,048
27/9/22 13:31	2.299,040
23/10/22 16:30	2.299,040
23/11/22 14:26	2.299,039
17/12/22 14:46	2.299,036

2018	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 09:43	2.299,150
19/7/22 09:45	2.299,152
26/8/22 14:11	2.299,139
26/8/22 14:11	2.299,140
16/9/22 15:35	2.299,134
17/10/22 14:32	2.299,126
23/11/22 16:14	2.299,127
17/12/22 16:57	2.299,124

2037	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 11:35	2.299,131
19/7/22 11:45	2.299,133
22/8/22 14:44	2.299,119
22/8/22 14:45	2.299,117
16/9/22 14:48	2.299,113
17/10/22 14:02	2.299,105
23/11/22 15:58	2.299,103
17/12/22 16:20	2.299,102

GD-03	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 16:01	2.299,542
11/7/22 16:04	2.299,543
31/7/22 12:13	2.299,534 *
31/7/22 12:16	2.299,534 *
11/8/22 16:40	2.299,529
11/8/22 16:40	2.299,530
28/8/22 13:43	2.299,522 *
28/8/22 13:43	2.299,523 *
11/9/22 09:21	2.299,516
25/9/22 12:03	2.299,509
25/9/22 12:03	2.299,510 *
12/10/22 10:53	2.299,505
12/11/22 12:00	S/I
28/11/22 12:00	S/I
30/12/22 12:00	S/I

GD-04	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 17:17	2.299,270
11/7/22 17:19	2.299,271
31/7/22 11:56	2.299,262 *
31/7/22 11:58	2.299,261 *
11/8/22 16:57	2.299,256
11/8/22 16:58	2.299,257
28/8/22 16:15	2.299,248 *
28/8/22 16:15	2.299,249 *
11/9/22 09:08	2.299,241
25/9/22 14:02	2.299,236 *
25/9/22 14:04	2.299,235
12/10/22 10:36	2.299,228
12/11/22 12:00	S/I
28/11/22 12:00	S/I
30/12/22 12:00	S/I

L10-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 12:00	2.299,155
19/7/22 12:07	2.299,157
22/8/22 14:22	2.299,143
22/8/22 14:23	2.299,143
16/9/22 14:30	2.299,140
17/10/22 13:47	2.299,130
23/11/22 15:44	2.299,128
17/12/22 15:58	2.299,126

L10-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 09:25	2.299,356
12/7/22 09:28	2.299,357
31/7/22 14:40	2.299,356 *
31/7/22 14:41	2.299,356 *
18/8/22 12:54	2.299,344
18/8/22 12:56	2.299,344
27/8/22 17:48	2.299,341 *
27/8/22 17:52	2.299,343 *
10/9/22 16:34	2.299,337
24/9/22 12:51	2.299,328
24/9/22 13:52	2.299,327 *
12/10/22 15:26	2.299,325
31/10/22 09:54	2.299,312
31/10/22 10:54	2.299,312 *
12/11/22 09:50	2.299,312
28/11/22 09:35	2.299,313
28/11/22 10:36	2.299,313 *
11/12/22 10:27	2.299,309
30/12/22 09:59	2.299,302
30/12/22 10:58	2.299,303 *

L10-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 09:16	2.299,417
12/7/22 09:20	2.299,419
31/7/22 14:31	2.299,423 *
31/7/22 14:32	2.299,422 *
18/8/22 12:42	2.299,409
18/8/22 12:44	2.299,409
27/8/22 17:35	2.299,406 *
27/8/22 17:37	2.299,408 *
10/9/22 16:22	2.299,404
24/9/22 12:40	2.299,395
24/9/22 13:41	2.299,395 *
12/10/22 15:34	2.299,395
31/10/22 09:44	2.299,377
31/10/22 10:44	2.299,377 *
12/11/22 09:42	2.299,379
28/11/22 09:25	2.299,378
28/11/22 10:26	2.299,379 *
11/12/22 10:10	2.299,375
30/12/22 09:46	2.299,369
30/12/22 10:45	2.299,370 *

L10-16	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 12:30	2.299,288
19/7/22 12:51	2.299,290
22/8/22 13:48	2.299,276
22/8/22 13:50	2.299,276
27/9/22 12:42	2.299,265
23/10/22 15:57	2.299,260
23/11/22 15:26	2.299,258
17/12/22 15:30	2.299,256

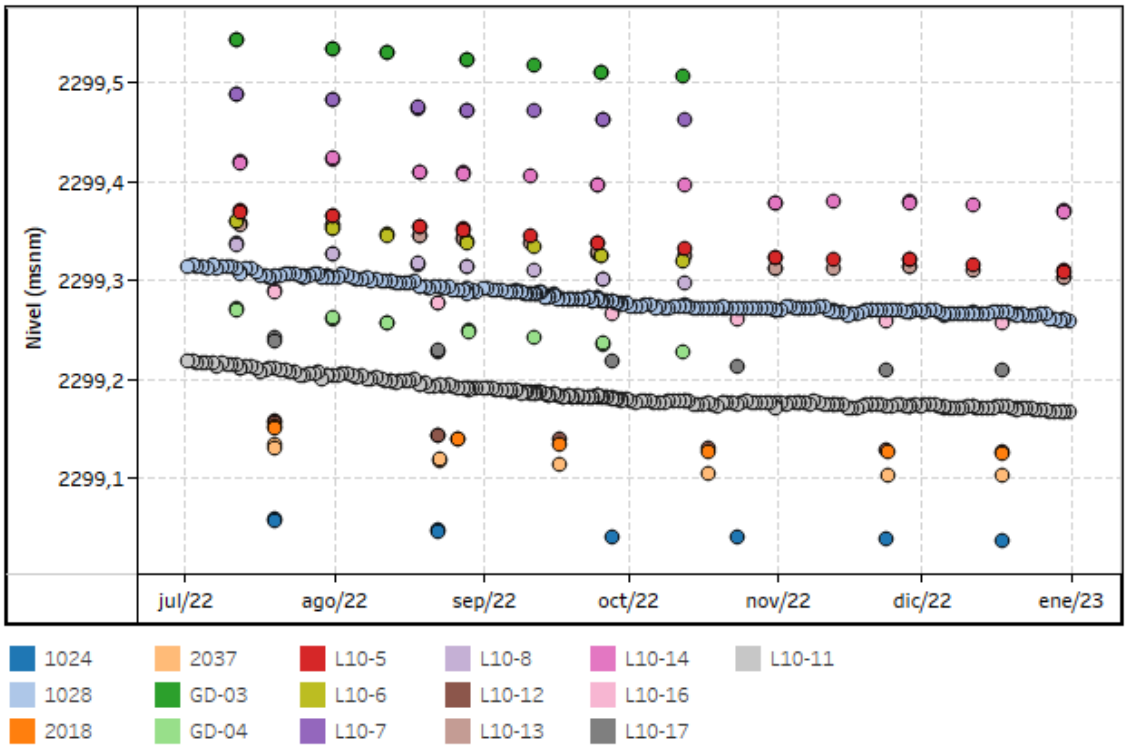
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (*) Corresponde a una remedición. Los valores mostrados corresponden a SQM en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de la ETFA.

Tabla 5-64: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
1024	1	1					1	1	1	1	1	1
1028	3	3	26	32	30	31	33	32	31	3	4	4
2018	1	1					1	1	1	1	1	1
2037	1	1					1	1	1	1	1	1
GD-03	2	2	1				2	2	2	1		
GD-04	2	2	1				2	2	2	1		
L10-5	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L10-6	2	2	1				2	2	2	1		
L10-7	2	2	1				2	2	2	1		
L10-8	2	2	1				2	2	2	1		
L10-11	2	3	26	32	31	31	32	32	31	3	4	4
L10-12	1	1					1	1	1	1	1	1
L10-13	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L10-14	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L10-16	1	1					1	1	1	1	1	1
L10-17	1	1					1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-40: 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 5-65 se muestra el monitoreo comprometido y resultante para este segundo semestre de 2022, en la Tabla 5-66 se muestra el detalle del número de mediciones que ha realizado cada empresa en cada punto y en la Figura 5-41 se muestra el resultado del monitoreo completo (mediciones comprometidas y adicionales).

Como puede verse, la reglilla de Salada no pudo ser medida por la ETFA durante septiembre debido a la restricción de acceso por la alta cantidad de flamencos, ni por SQM durante octubre, noviembre y diciembre por prohibición de acceso por parte de Comunidad de Peine. Al mismo tiempo, Saladita no pudo ser medidas durante los meses de noviembre y diciembre. Para el resto de los meses del presente semestre se han realizado entre 1 y 2 medidas por parte de SQM a excepción, de los meses con restricción de acceso y por parte de la ETFA las mediciones comprometidas hasta septiembre de 2022 de acuerdo a las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022.

Tabla 5-65: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine

REGLILLA SALADA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 14:35	2.301,176
11/7/22 14:38	2.301,176
28/7/22 09:25	2.301,176 *
28/7/22 09:54	2.301,176 *
11/8/22 16:10	2.301,178
11/8/22 16:14	2.301,178
28/8/22 11:40	2.301,171 *
28/8/22 11:46	2.301,172 *
11/9/22 10:19	2.301,171
25/9/22 10:01	SECO
31/10/22 12:00	SECO
12/11/22 12:00	SECO
28/11/22 12:00	SECO
30/12/22 12:00	SECO

REGLILLA SALADITA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 15:36	2.300,936
11/7/22 15:37	2.300,936
28/7/22 10:44	2.300,935 *
28/7/22 11:08	2.300,935 *
18/8/22 11:35	2.300,933
18/8/22 11:38	2.300,932
28/8/22 10:34	2.300,934 *
28/8/22 10:38	2.300,934 *
11/9/22 09:47	2.300,932
25/9/22 10:32	2.300,927
25/9/22 11:06	2.299,667 *
12/10/22 11:33	2.300,928
12/11/22 12:00	SECO
28/11/22 12:00	SECO
30/12/22 12:00	SECO

REGLILLA INTERNA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 15:54	SECO
11/7/22 15:55	SECO
28/7/22 11:44	SECO
28/7/22 11:55	SECO
18/8/22 11:57	SECO
18/8/22 12:00	SECO
28/8/22 12:00	SECO
28/8/22 13:00	SECO
28/8/22 13:04	SECO
11/9/22 10:38	SECO
25/9/22 11:33	SECO
25/9/22 11:33	SECO
12/10/22 11:48	SECO
12/11/22 12:00	SECO
28/11/22 12:00	SECO
30/12/22 12:00	SECO

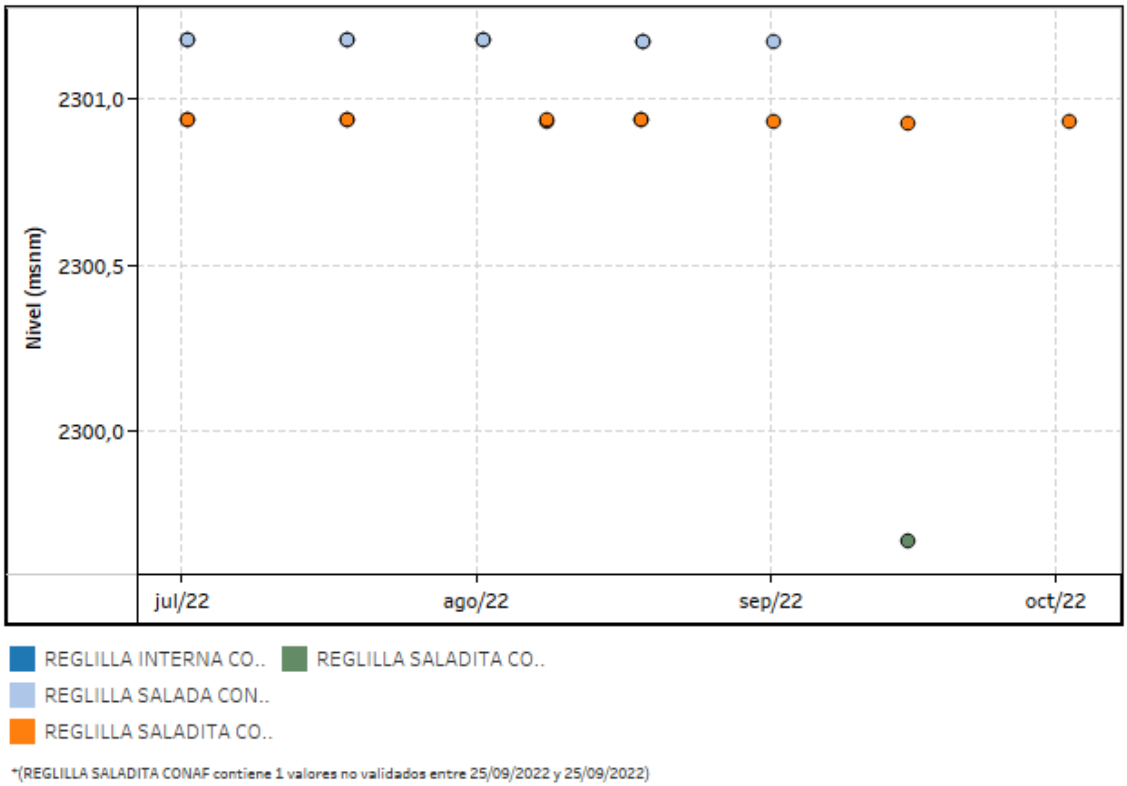
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Tabla 5-66: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	09/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
REGLILLA INTERNA CONAF									
REGLILLA SALADA CONAF	2	2		2	2	1			
REGLILLA SALADITA CONAF	2	2	1	2	2	2	1		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-41: 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 segundo 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 4-10 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. Dado el aprobado PdC, se ha aumentado la frecuencia de monitoreo a mensual (frecuencia aplicable en este sector) en los indicadores de estado de acuerdo a lo comprometido en la Acción 5 y de acuerdo, además, a las medidas de control de activación de Fase I comprometidas a la Acción 40, la cual dicta aumentar la frecuencia de monitoreo de trimestral a mensual en la calidad de las lagunas del Sistema Peine.

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 5-67 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas el laboratorio ALS a los pozos de monitoreo. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-42. Como se observa, durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos comprometidos en los pozos L10-1, 1028 y L10-4 según RCA N°226/2006 y además de las mediciones

mensuales de calidad (frecuencia aplicable a acción 40 del PdC como medida de control a la activación de Fase I) comprometidas. Adicionalmente a ello, los pozos del plan de contingencias que adicionalmente cuentan con medición de calidad química cuentan con toda la información de análisis físicoquímico a disposición publica en el sitio web https://www.sqmsenlinea.com/ respondiendo al compromiso de la Acción 7 del PdC.

Tal como se observa en la Tabla 5-67, los resultados entregados por parte de la ETFA ALS de sólidos disueltos totales del pozo L10-4 durante julio presentó valores inconsistentes, superando el total de solidos totales. Dado que los resultados son entregados en una fecha superior al holding time de 7 días, el reanálisis de la muestra no fue posible de realizar. Ahora bien, el dato fue validado ya que este, se encuentra dentro del rango histórico, tal como se observa en la sección 6.1.4.3 Calidad Química Sector Peine.

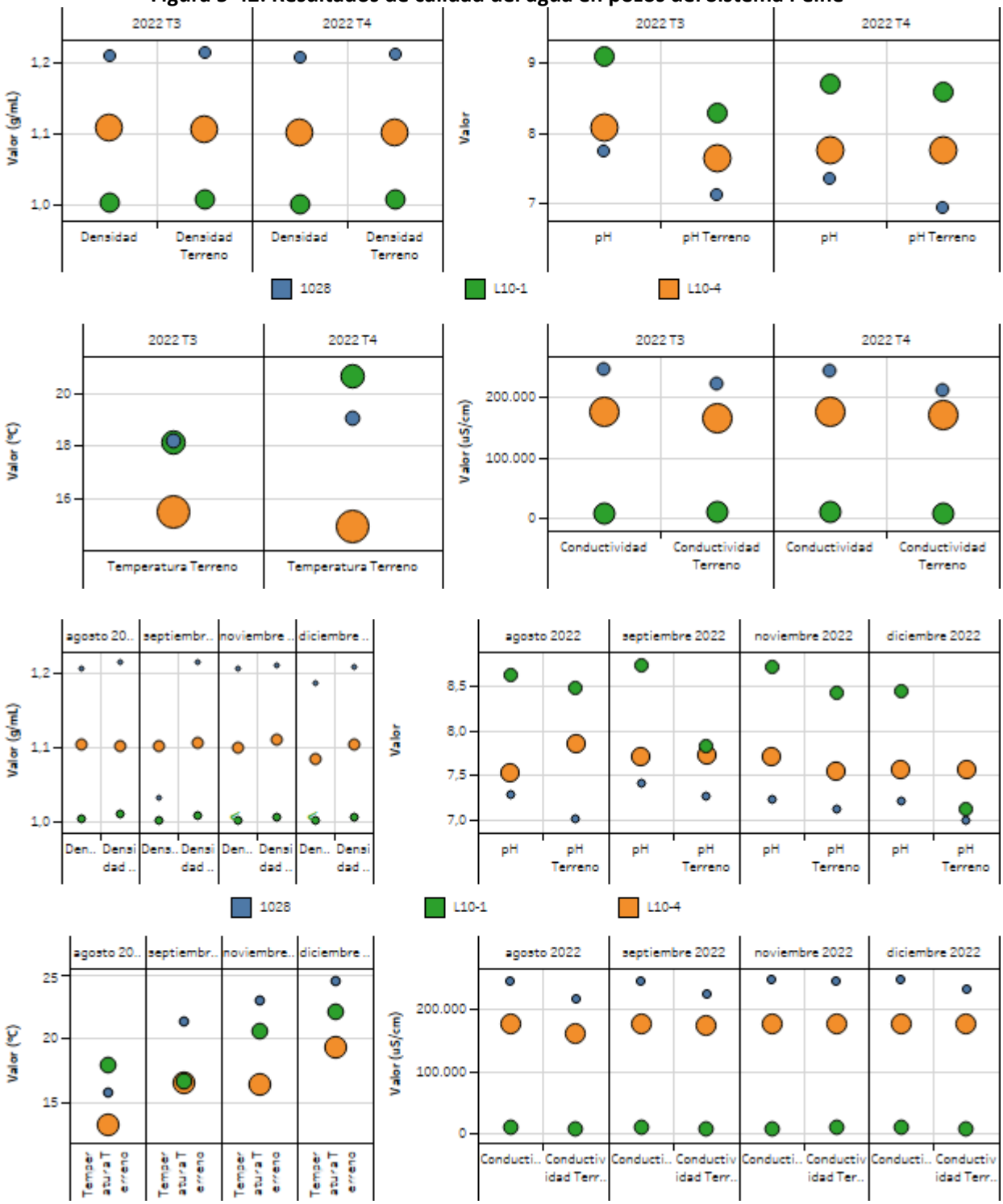
Tabla 5-67: Resultados calidad del agua en pozos del sistema Peine

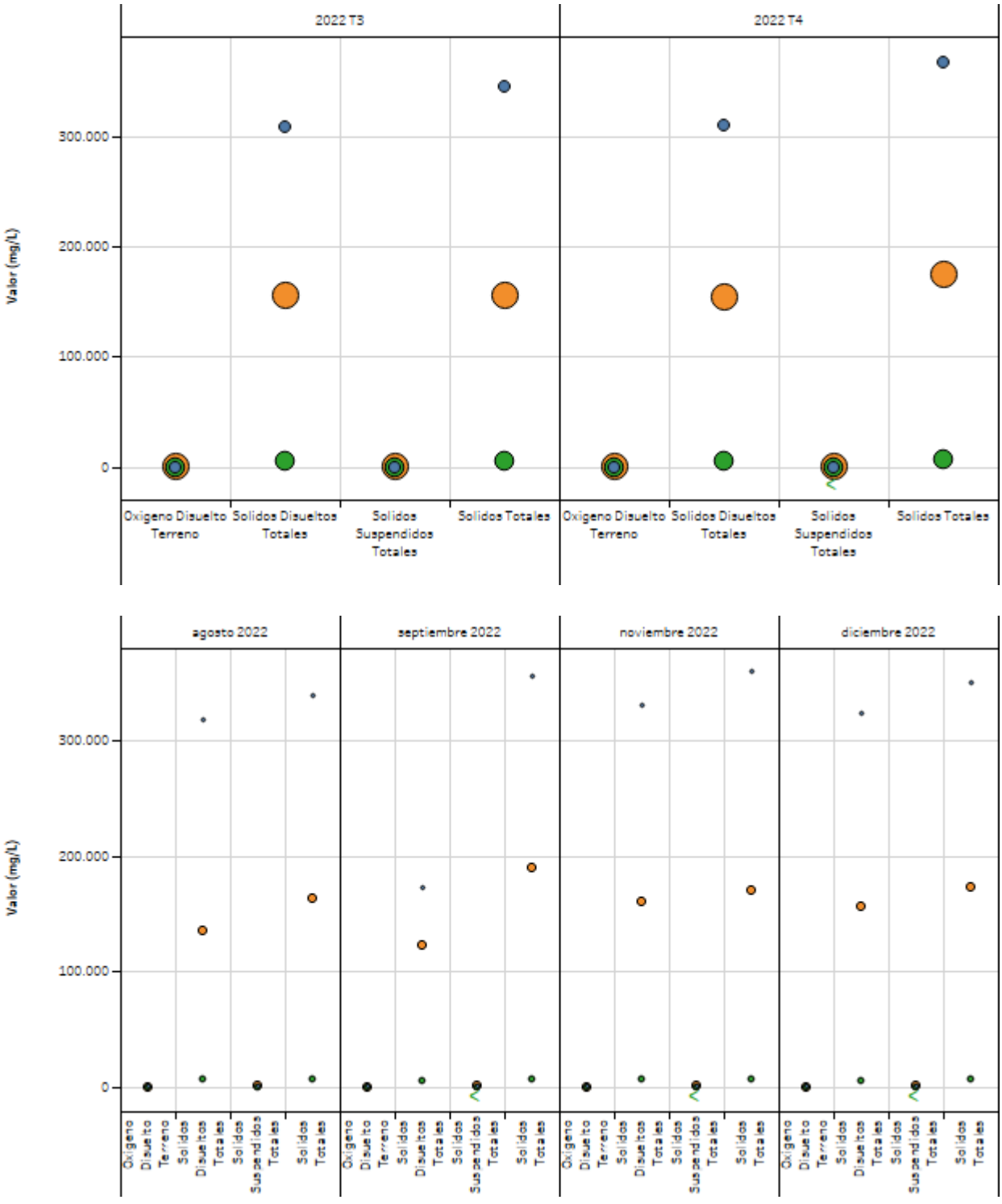
Parámetro	1028		L10-1		L10-4	
	25/07/22	31/10/22	31/07/22	31/10/22	25/07/22	31/10/22
Conductividad (uS/cm)	245.000	244.000	8.540	8.760	174.300	174.600
Conductividad Terreno (uS/cm)	222.200	210.400	9.218	8.154	164.900	171.500
Densidad (g/mL)	1,209	1,207	1,001	1,000	1,106	1,101
Densidad Terreno (g/mL)	1,212	1,210	1,005	1,005	1,105	1,100
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,23	0,31	2,43	1,36	0,82	0,76
pH ()	7,74	7,36	9,07	8,68	8,08	7,76
pH Terreno ()	7,13	6,95	8,27	8,57	7,63	7,76
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	308.500	310.000	4.990	5.940	155.510	153.785
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	44	27	8	3	114	27
Sólidos Totales (mg/L)	345.270	366.930	5.200	6.940	155.000	174.360
Temperatura Terreno (°C)	18,2	19,1	18,1	20,7	15,5	14,9

Parámetro	1028				L10-1				L10-4			
	28/08/22	24/09/22	28/11/22	30/12/22	27/08/22	24/09/22	27/11/22	29/12/22	27/08/22	24/09/22	28/11/22	31/12/22
Conductividad (uS/cm)	245.000	245.000	246.000	246.000	8.670	8.400	8.140	8.370	175.000	175.300	174.400	175.800
Conductividad Terreno (uS/cm)	214.900	223.700	243.200	232.500	8.042	8.227	8.537	8.285	159.000	171.800	175.700	174.600
Densidad (g/mL)	1,207	1,030	1,207	1,187	1,002	1,001	1,000	1,000	1,104	1,102	1,099	1,083
Densidad Terreno (g/mL)	1,215	1,215	1,210	1,208	1,010	1,006	1,005	1,004	1,100	1,105	1,109	1,103
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,36	0,38	0,31	0,28	1,48	2,12	2,32	2,80	0,75	0,65	0,61	0,57
pH ()	7,29	7,40	7,23	7,21	8,61	8,72	8,71	8,44	7,52	7,70	7,70	7,57
pH Terreno ()	7,01	7,26	7,12	6,99	8,47	7,82	8,41	7,12	7,85	7,73	7,54	7,56
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	317.570	172.600	330.275	323.705	5.730	5.560	6.265	5.140	134.630	123.100	159.930	155.740
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	21	95	55	615	7	3	3	3	62	25	161	86
Sólidos Totales (mg/L)	338.525	356.000	360.495	349.765	6.305	6.765	6.350	6.200	162.920	189.200	170.690	173.555
Temperatura Terreno (°C)	15,7	21,3	22,9	24,5	18,0	16,6	20,6	22,1	13,2	16,5	16,4	19,3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine





Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.2.2 Muestreo realizado en el marco del ex convenio con CONAF

En el segundo semestre de 2022 pudieron realizarse tan solo uno de los dos muestreos trimestrales comprometidos por RCA N°226/2006, tanto en Interna, Salada como en Saladita; la segunda medición trimestral en octubre no pudo realizarse debido a restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine. Sin embargo, fue posible realizar las mediciones mensuales en el mes de agosto y septiembre en Interna como en Saladita y durante agosto en Salada, esto, bajo los restringidos permisos otorgados por la Comunidad Peine para dar respuesta a la Acción 40 del PdC como medida de control frente a activación de Fase I en los indicadores de estado (L10-4, L10-11 y 1028). En la Tabla 5-68 se muestran las fechas en las que se trató de realizar el muestreo y en el Anexo 6.1 se encuentran los certificados de laboratorio.

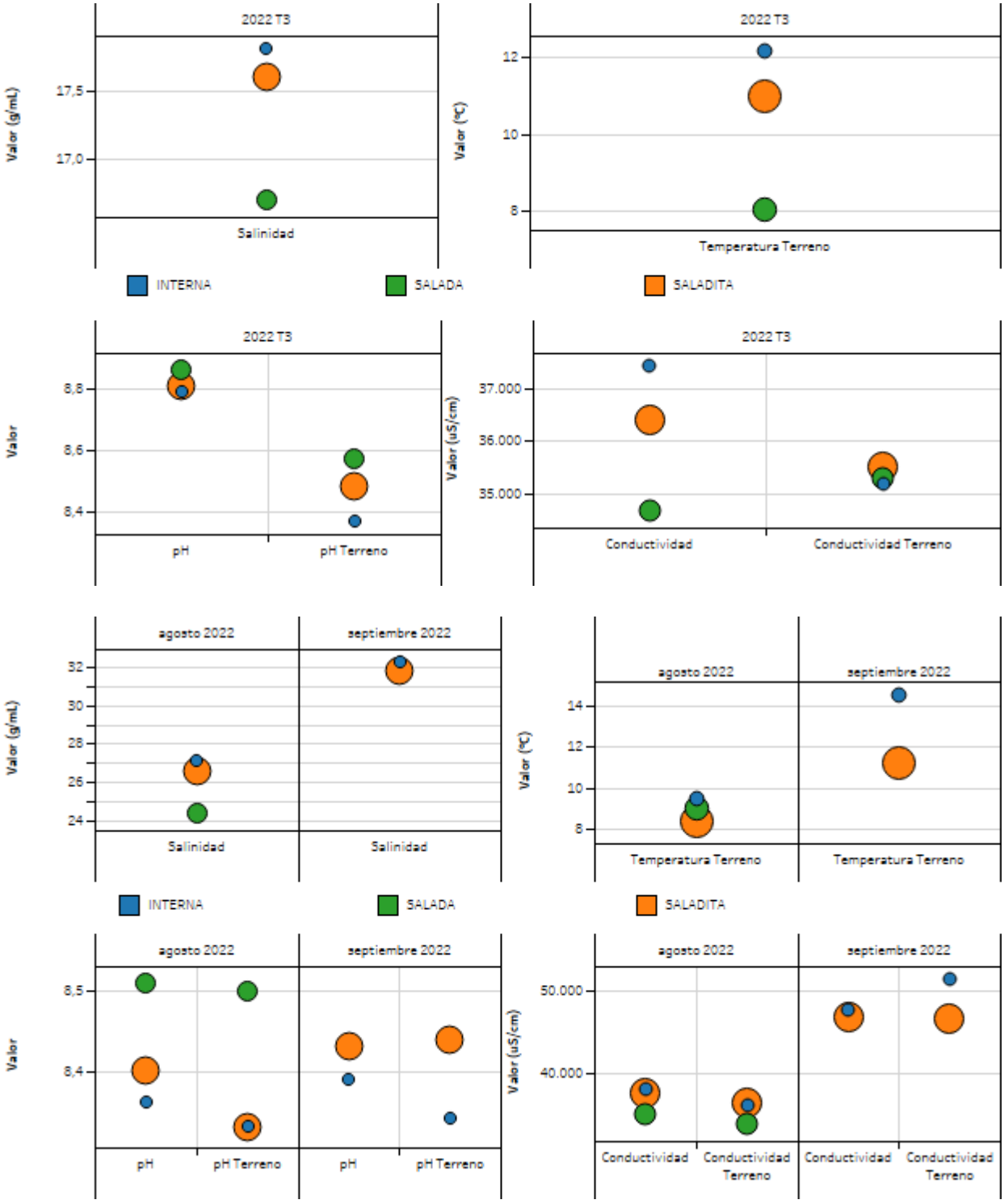
Tabla 5-68: Resultados calidad del agua en cuerpos lagunares del sistema Peine.

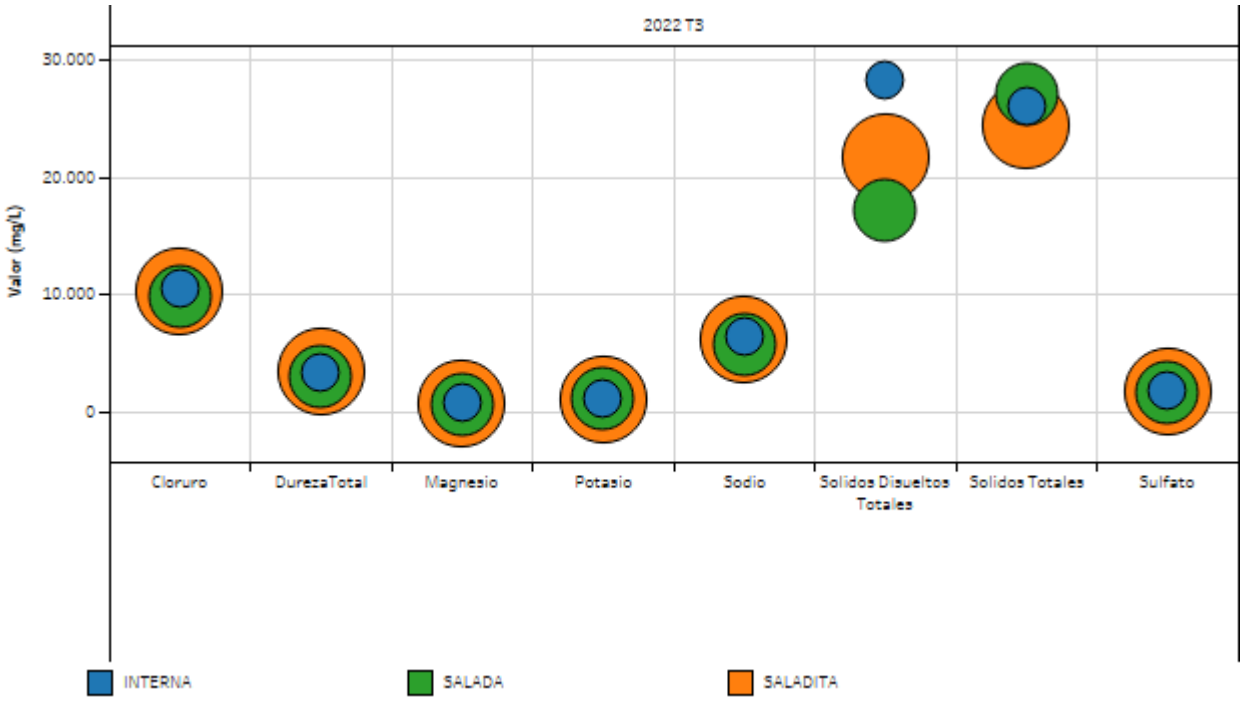
Parámetro	INTERNA	SALADA	SALADITA
	28/07/22	28/07/22	28/07/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	193	216	213
Arsénico (mg/L)	0,664	0,630	0,548
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	193	216	213
Bicarbonatos (mg/L)	235	264	260
Calcio (mg/L)	545	470	492
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	10.468	9.726	10.243
Dureza Total (mg/L)	3.241	2.876	3.405
Fosforo (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05
Magnesio (mg/L)	676	626	657
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	3,28	3,30	3,37
pH ()	8,79	8,86	8,81
pH Terreno ()	8,37	8,57	8,48
Potasio (mg/L)	1.005	1.050	964
Salinidad (%)	18	17	18
Sodio (mg/L)	6.313	5.758	6.068
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	28.160	17.100	21.600
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	50	35	16
Sólidos Totales (mg/L)	25.940	26.960	24.460
Sulfato (mg/L)	1.718	1.569	1.618
Temperatura Terreno (°C)	12,2	8,0	11,0

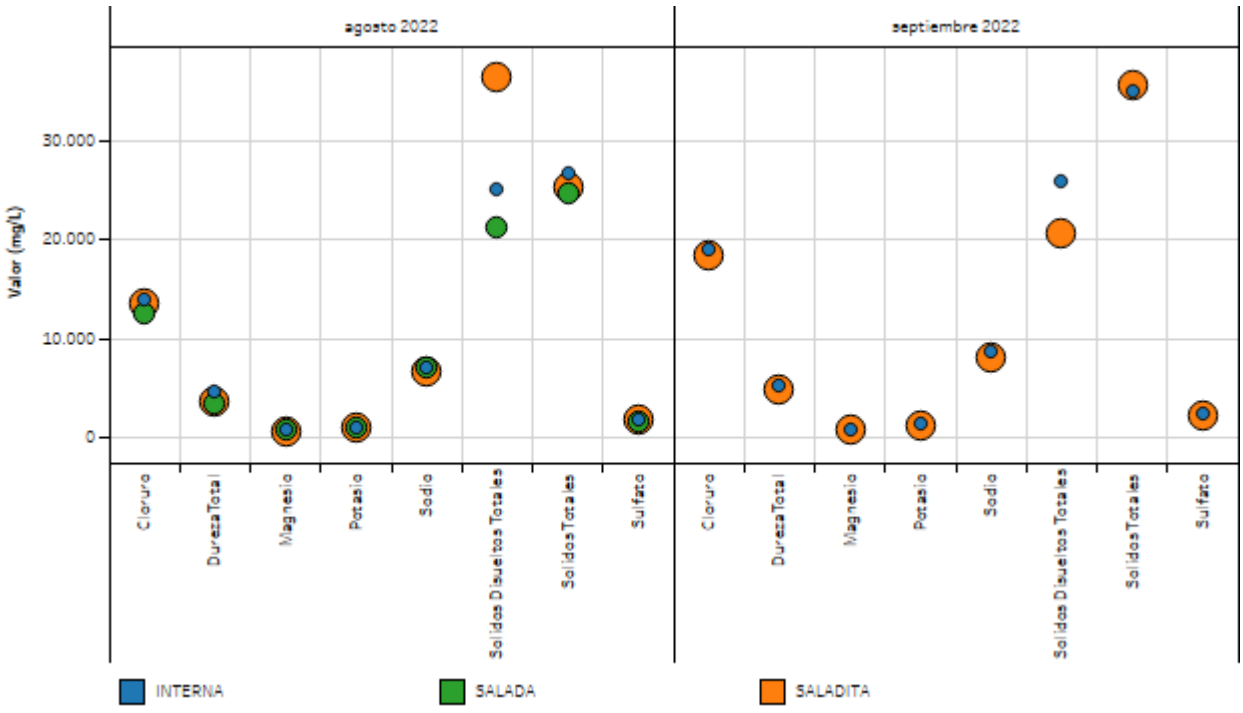
Parámetro	INTERNA		SALADA	SALADITA	
	28/08/22	25/09/22	28/08/22	28/08/22	25/09/22
Alcalinidad Total (mgCaCO3/L)	197	187	226	215	187
Arsénico (mg/L)	0,636	0,753	0,539	0,541	0,628
Alcalinidad Bicarbonato (mgCaCO3/L)	197	187	226	215	187
Bicarbonatos (mg/L)	240	228	276	262	228
Calcio (mg/L)	594	739	595	530	657
Alcalinidad Carbonato (mgCaCO3/L)	<1	<1	<1	<1	<1
Carbonatos (mg/L)	<1	<1	<1	<1	<1
Cloruro (mg/L)	13.879	18.912	12.485	13.512	18.408
Dureza Total (mg/L)	4.521	5.295	3.427	3.500	4.904
Fosforo (mg/L)	<1,79	<1,82	<1,68	<1,75	<4,73
Magnesio (mg/L)	672	803	693	649	787
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	3,45	2,97	3,61	3,00	3,20
pH ()	8,36	8,39	8,51	8,40	8,43
pH Terreno ()	8,33	8,34	8,50	8,33	8,44
Potasio (mg/L)	1.015	1.289	1.025	971	1.203
Salinidad (%)	27	32	24	27	32
Sodio (mg/L)	6.953	8.654	7.051	6.701	8.101
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	25.120	25.950	21.130	36.310	20.600
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	37	123	147	76	230
Sólidos Totales (mg/L)	26.600	34.950	24.680	25.280	35.700
Sulfato (mg/L)	1.864	2.444	1.592	1.710	2.243
Temperatura Terreno (ºC)	9,4	14,5	9,0	8,4	11,2

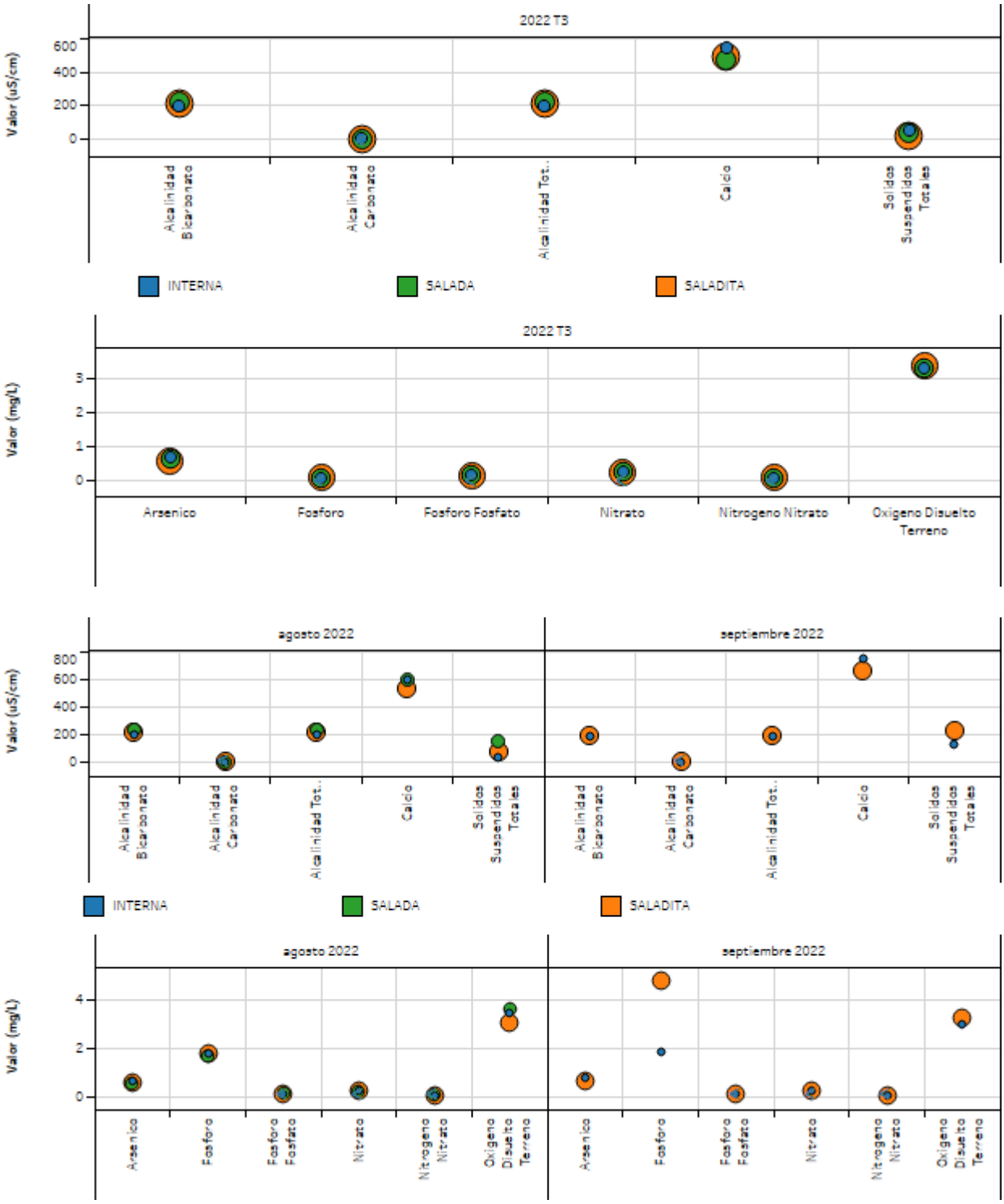
Fuente: Elaboración propia.

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




2022 T3
Valor (mg/L)
30.000
20.000
10.000
0
Cloruro
DurezaTotal
Magnesio
Potasio
Sodio
Solidos Disueltos Totales
Solidos Totales
Sulfato
INTERNA
SALADA
SALADITA


agosto 2022
septiembre 2022
Valor (mg/L)
30.000
20.000
10.000
0
Cloruro
DurezaTotal
Magnesio
Potasio
Sodio
Solidos Disueltos Totales
SolidosTotales
Sulfato
INTERNA
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 segundo semestre de 2022 en el sistema Peine, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.5.8.

La Tabla 5-69 muestra los resultados de la validación para las muestras colectadas en el sistema Peine, tanto para las mediciones trimestrales como las mediciones mensuales con las que se contó con acceso por parte de la Comunidad de Peine.

Para todos los puntos de monitoreo de calidad química se obtuvo el cálculo de balances de masas dentro del rango máximo del 20% de desviación a excepción del balance de Salada durante julio, Saladita durante agosto y finalmente los puntos de monitoreo 1028, Interna, L10-4 y Saladita durante septiembre. Asimismo, los balances iónicos se encontraron dentro del rango máximo de 10% de desviación en todos los puntos en los que se cuentan con medición de iones que permiten evaluar la relación entre cationes y aniones.

Tabla 5-69 Resultados de la validación en el sistema Peine.

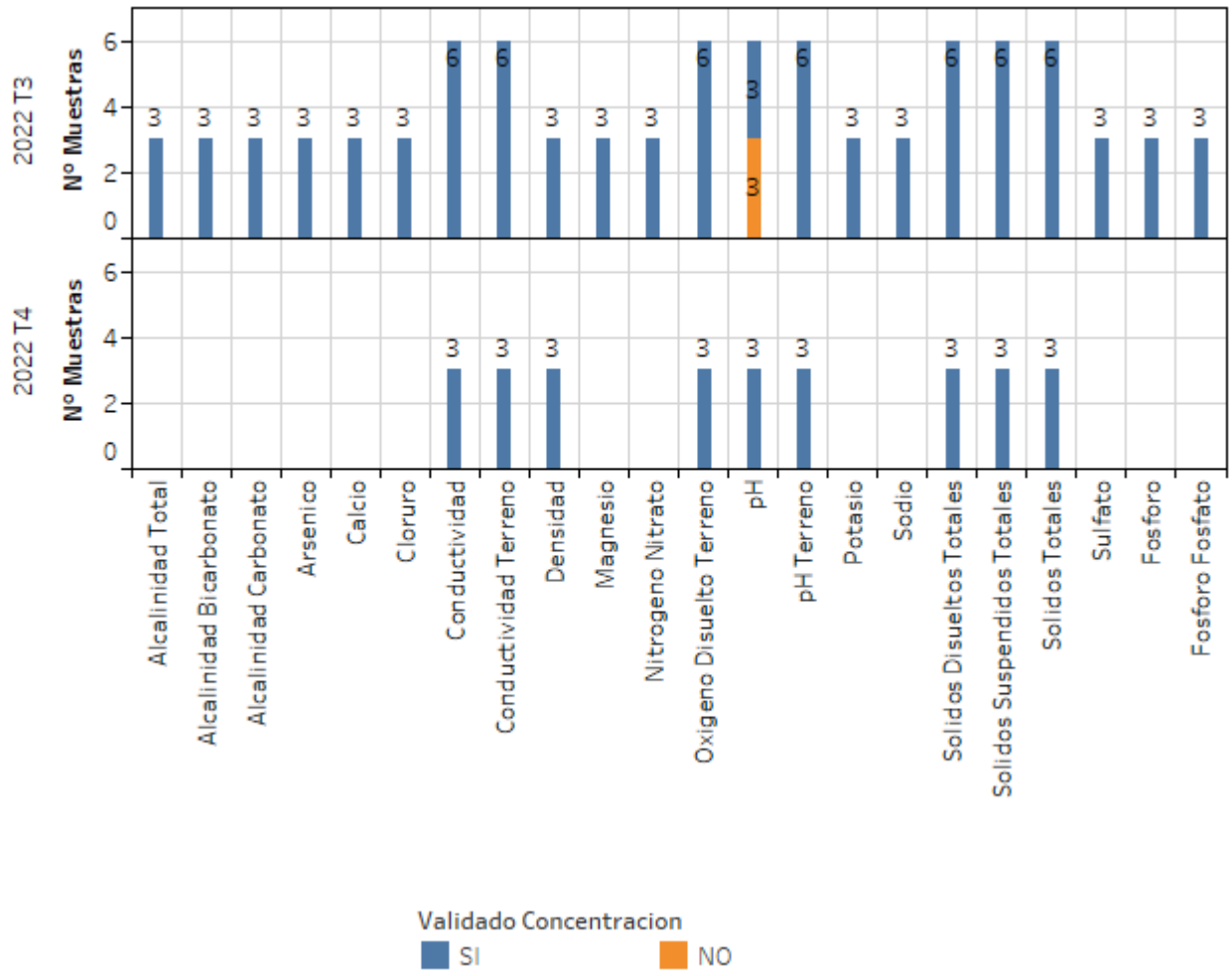
Trimestre	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
3	1028	-10,6	NA*
	INTERNA	8,8	6,7
	L10-1	-3,9	NA*
	L10-4	0,4	NA*
	SALADA	-36,4	6,2
	SALADITA	-11,6	5,8
4	1028	-15,5	NA*
	L10-1	-14,4	NA*
	L10-4	-11,8	NA*

Mes	Punto de control	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
Agosto	1028	-6,2	NA*
	INTERNA	-5,4	2,5
	L10-1	-9,0	NA*
	L10-4	-17,3	NA*
	SALADA	-13,8	3,7
	SALADITA	43,9	3,0
Septiembre	1028	-51,5	NA*
	INTERNA	-25,4	6,9
	L10-1	-17,8	NA*
	L10-4	-34,9	NA*
	SALADITA	-41,7	8,5
Noviembre	1028	-8,4	NA*
	L10-1	-1,3	NA*
	L10-4	-6,2	NA*
Diciembre	1028	-7,3	NA*
	L10-1	-17,0	NA*
	L10-4	-10,2	NA*

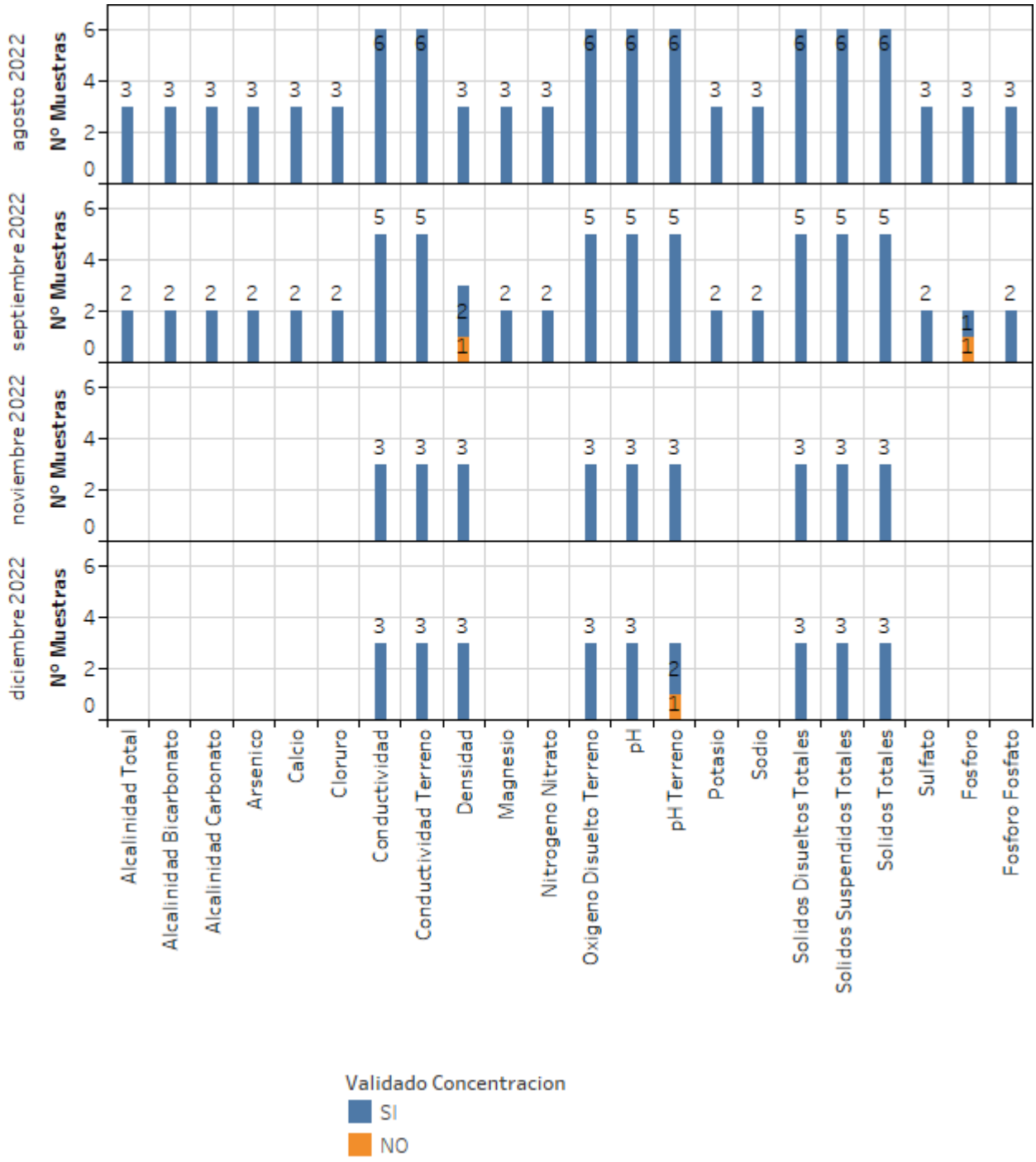
Fuente: Elaboración propia. N/A: No Aplica; el número de analitos de los parámetros comprometidos por RCA (y analizados) no permiten realizar este cálculo.

La muestra los resultados de la validación por concentraciones históricas en relación con cada analito y punto. Todos los análisis se encontraron dentro de lo esperable en base a su evolución histórica a excepción de 3 mediciones de pH de laboratorio, representando así, una desviación de 1,69% del total de muestras recolectadas durante los dos últimos trimestres de 2022 en el sector de Peine.

Figura 5-43: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine



Ahora bien, con respecto a las mediciones realizadas en agosto y septiembre como también durante noviembre y diciembre, se observa tan solo 2 desviaciones, 1 de densidad y la otra de fosforo y durante diciembre solo una desviación de pH de terreno, estos 3 datos no validados representan tan solo un 1,40% de la data medida durante el segundo semestre de 2022.



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5.3 Caudal agua superficial (aforos)

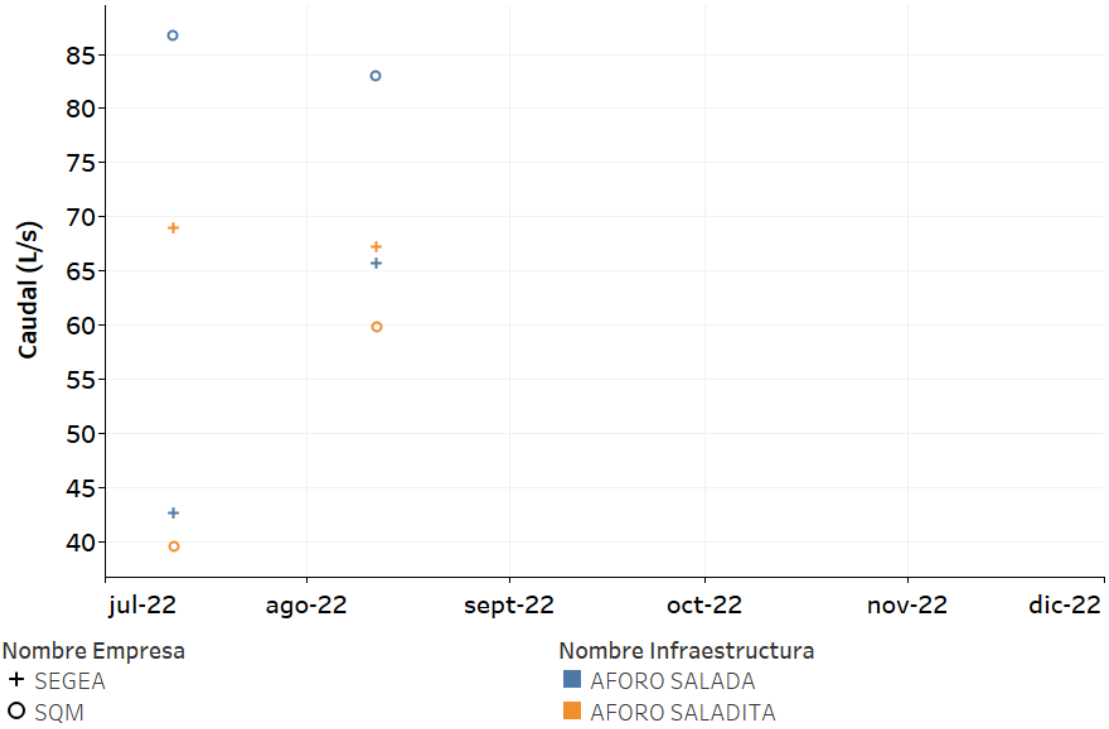
La red de monitoreo del PSAH en el Sistema Peine contempla dos estaciones de aforo de caudal pasante superficial, que son las estaciones de Salada y Saladita. Tal y como se ha descrito en la Tabla 5-70 durante el semestre objeto del presente informe no fue posible la realización completa de los aforos 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 julio y agosto 2022 para el monitoreo de aforo tanto de Salada como también de Saladita.

Tabla 5-70: Resultados aforos manuales Saladita y Salada

	AFORO SALADA	AFORO SALADITA
julio 2022	42,58	68,89
agosto 2022	65,67	67,13
septiembre 2022	S/I	S/I
octubre 2022	S/I	S/I
noviembre 2022	S/I	S/I

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

Figura 5-44: Aforos manuales Saladita y Salada



Fuente: Elaboración propia

5.1.5.4 Superficie lacustre

Para el segundo semestre de 2022 se realizaron mediciones en Salada y Saladita con la metodología de estacas perimetrales en el mes de julio, mientras que en el mes de octubre solo pudo realizarse en laguna saladita, debido a restricciones de acceso por periodo reproductivo de Flamencos en laguna Salada. Por otra parte, para ambos meses se realizó medición mediante imagen satelital de alta resolución, conforme compromiso PdC del 2022.

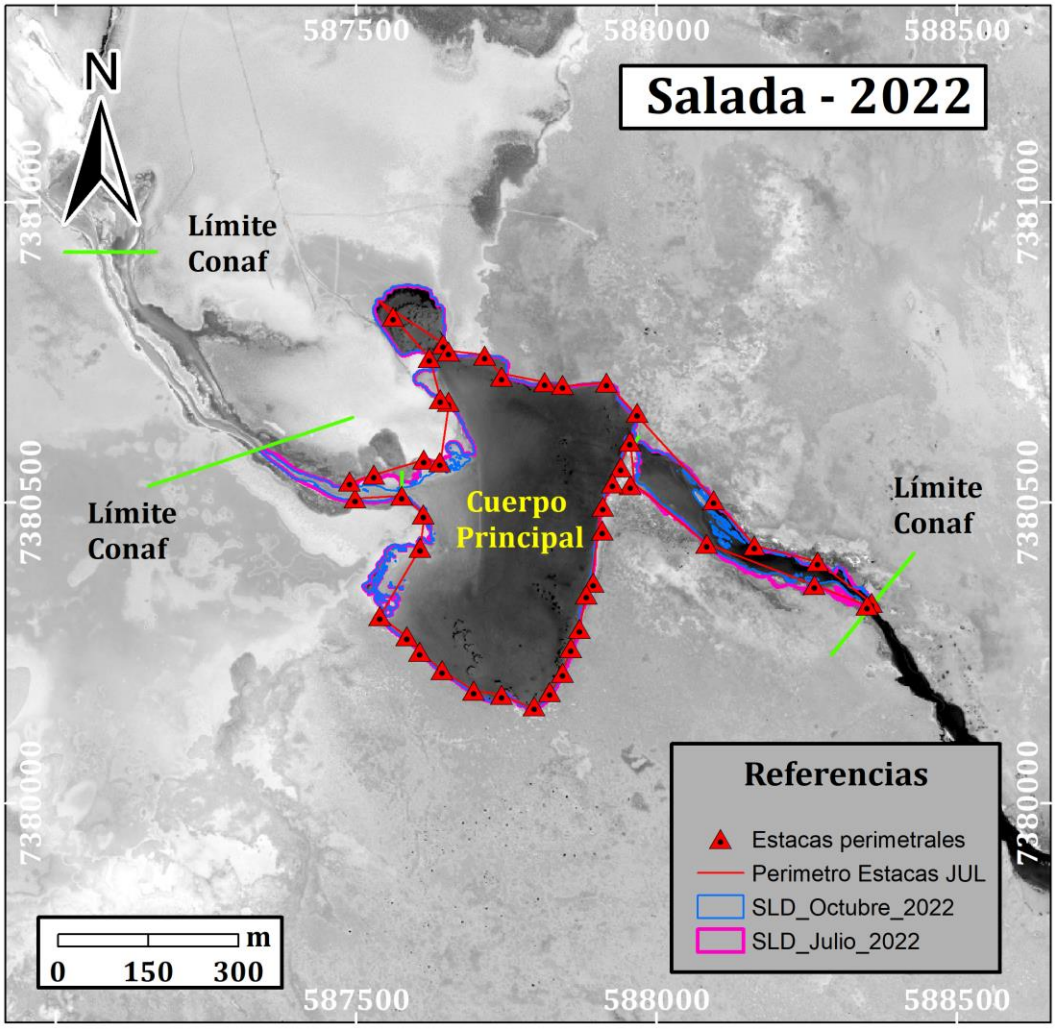
La consultora a cargo del levantamiento topográfico y estacas perimetrales fue ATyGEO ltda, mientras que la consultora a encargada del cálculo de superficie lacustre con imagen satelital de alta resolución fue SRGIS ltda. A continuación, se reportan los resultados obtenidos para el segundo semestre del año 2022 (Tabla 5-71, Figura 5-45).

Tabla 5-71: Superficies Lacustres segundo semestre 2022 – Sector Peine.

Periodo	Responsable	Tipo de medición realizada	Superficie (m^2)		
			Interna	Salada	Saladita
Jul 2022	ATyGEO	Estacas perimetrales	N/A	187.161	94.292
Jul 2022	SRGIS	Imagen Satelital	163.242	202.581	97.569
Oct 2022	ATyGEO	Estacas perimetrales	N/A	S/I	91.613
Oct 2022	SRGIS	Imagen Satelital	89.563**	192.247	75.334

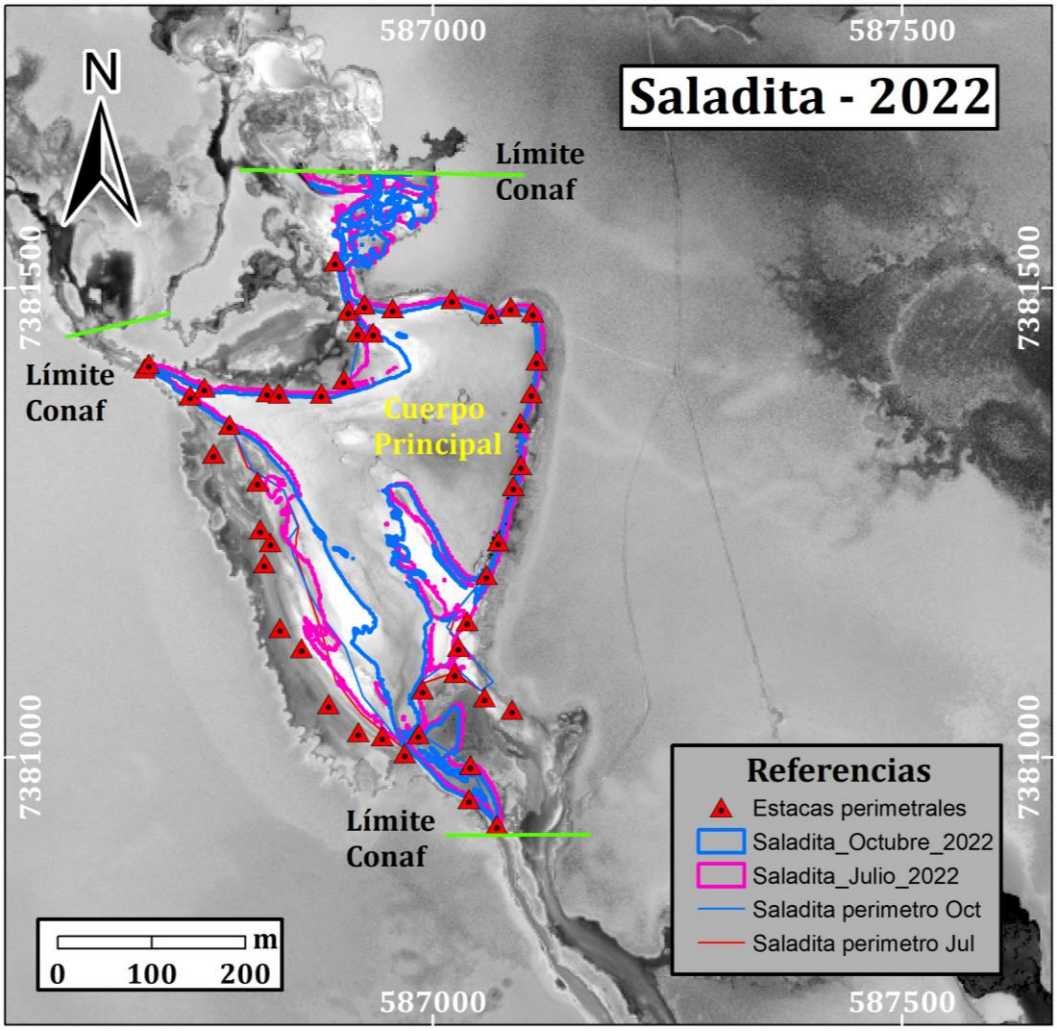
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin información (el dato no pudo ser medido). N/A significa: No Aplica (no corresponde esta medición. * = Dato no considera zona distal de interna. Datos de Salada corresponden a la superficie total (canal de descarga, cuerpo principal y canal de descarga). ** = Dato con puntos de control, detalle Anexo 10.

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



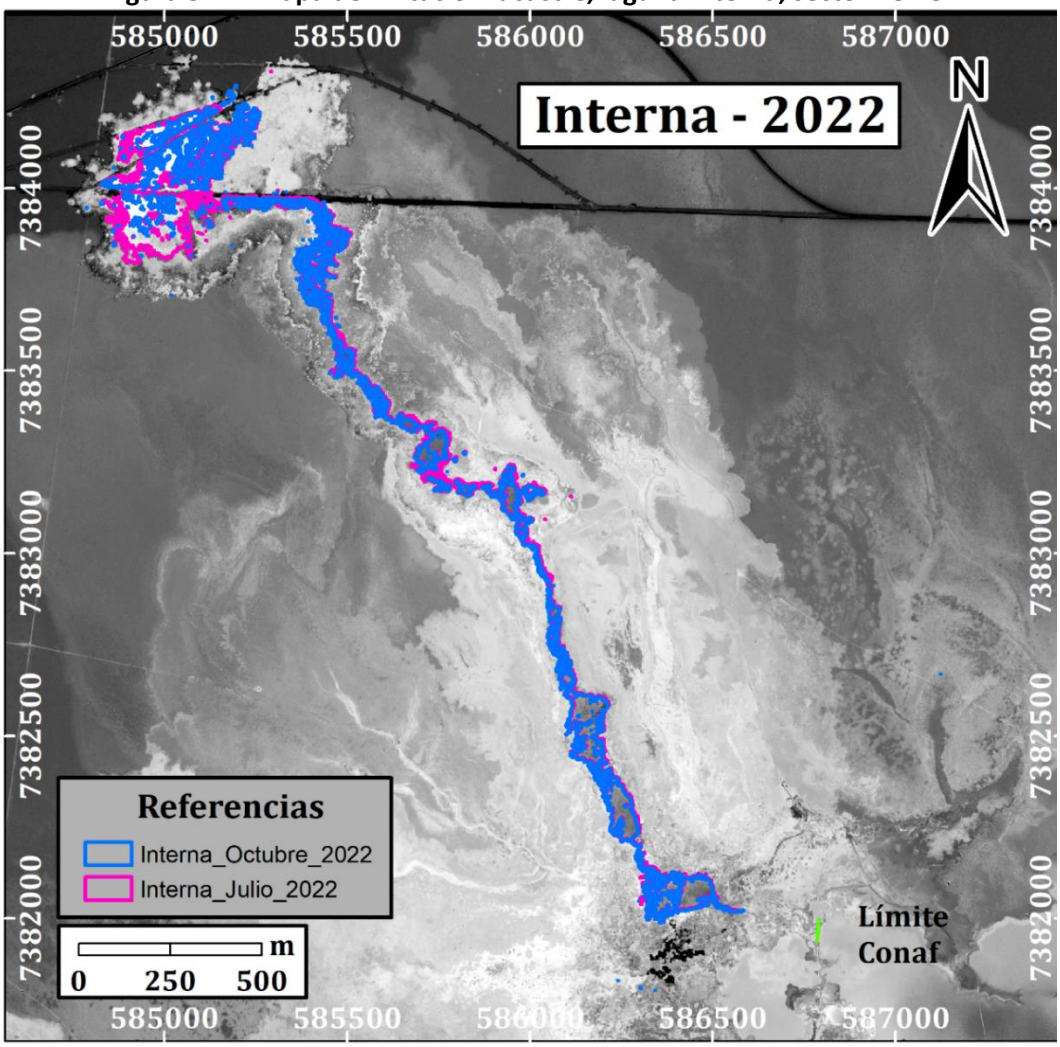
Fuente: elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de imagen satelital, en escala de grises.

Figura 5-46: Mapa delimitación lacustre, laguna Saladita, sector Peine.



Fuente: elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de imagen satelital, en escala de grises. Notar cambios en zona sur del cuerpo lacustre.

Figura 5-47: Mapa delimitación lacustre, laguna Interna, sector Peine.



Fuente: elaboración propia. Imagen de fondo corresponde a la banda verde de imagen satelital, 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 2022 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 4-11 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 5-72 se muestra el resultado del monitoreo comprometido para este semestre y en la Tabla 5-73 se muestra el recuento de mediciones realizadas por SQM y SEGEA. En la Figura 5-48 se muestra gráficamente el resultado completo de las mediciones en estos puntos, contando con las mediciones de ambas empresas.

Puede verse que para el segundo 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 SQM, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por la ETFA) se presentan de forma adicional, principalmente para los meses posterior a septiembre, donde se realizan los ajustes de acuerdo con las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022.

Tabla 5-72: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo

L12-1	
Fecha	Nivel (m s.n...
12/7/22 10:21	2.299,714
12/7/22 10:25	2.299,715
30/7/22 13:10	2.299,716*
30/7/22 13:13	2.299,715*
12/8/22 10:27	2.299,706
12/8/22 10:30	2.299,706
27/8/22 16:59	2.299,705*
27/8/22 17:00	2.299,707*
10/9/22 15:47	2.299,702
24/9/22 12:12	2.299,696
24/9/22 13:12	2.299,695*
11/10/22 15:59	2.299,695
31/10/22 11:38	2.299,687
31/10/22 12:42	2.299,687*
11/11/22 16:32	2.299,690
27/11/22 11:16	2.299,685
27/11/22 12:17	2.299,686*
10/12/22 15:43	2.299,687
29/12/22 13:28	2.299,681
29/12/22 14:28	2.299,681*

L12-2	
Fecha	Nivel (m s.n...
12/7/22 11:39	2.302,559
12/7/22 11:41	2.302,560
30/7/22 11:41	2.302,570*
30/7/22 11:43	2.302,570*
12/8/22 11:58	2.302,568
12/8/22 12:02	2.302,568
27/8/22 15:07	2.302,560*
27/8/22 15:08	2.302,562*
10/9/22 14:22	2.302,545
24/9/22 10:38	2.302,529
24/9/22 11:38	2.302,529*
11/10/22 14:21	2.302,517
31/10/22 13:07	2.302,511
31/10/22 14:07	2.302,511*
11/11/22 15:00	2.302,502
27/11/22 09:58	2.302,486
27/11/22 10:59	2.302,485*
10/12/22 14:23	2.302,489
29/12/22 11:26	2.302,485
29/12/22 12:25	2.302,485*

L12-3	
Fecha	Nivel (m s.n...
12/7/22 11:19	2.301,733
12/7/22 11:22	2.301,733
30/7/22 12:04	2.301,737*
30/7/22 12:06	2.301,737*
12/8/22 11:36	2.301,732
12/8/22 11:37	2.301,732
27/8/22 15:31	2.301,729*
27/8/22 15:32	2.301,731*
10/9/22 14:42	2.301,722
24/9/22 10:58	2.301,704
24/9/22 11:58	2.301,703*
11/10/22 14:47	2.301,697
31/10/22 12:48	2.301,685
31/10/22 13:48	2.301,685*
11/11/22 15:36	2.301,676
27/11/22 10:18	2.301,663
27/11/22 11:20	2.301,664*
10/12/22 14:43	2.301,657
29/12/22 11:56	2.301,650
29/12/22 12:56	2.301,650*

L12-4	
Fecha	Nivel (m s.n...
12/7/22 11:06	2.303,864
12/7/22 11:09	2.303,864
30/7/22 12:18	2.303,880*
30/7/22 12:23	2.303,880*
12/8/22 11:17	2.303,878
12/8/22 11:23	2.303,878
27/8/22 15:47	2.303,889*
27/8/22 15:49	2.303,891*
10/9/22 14:55	2.303,881
24/9/22 11:16	2.303,860
24/9/22 12:18	2.303,860*
11/10/22 15:10	2.303,845
31/10/22 12:33	2.303,837
31/10/22 13:33	2.303,837*
11/11/22 15:48	2.303,829
27/11/22 10:35	2.303,798
27/11/22 11:36	2.303,799*
10/12/22 14:55	2.303,798
29/12/22 12:16	2.303,780
29/12/22 13:17	2.303,780*

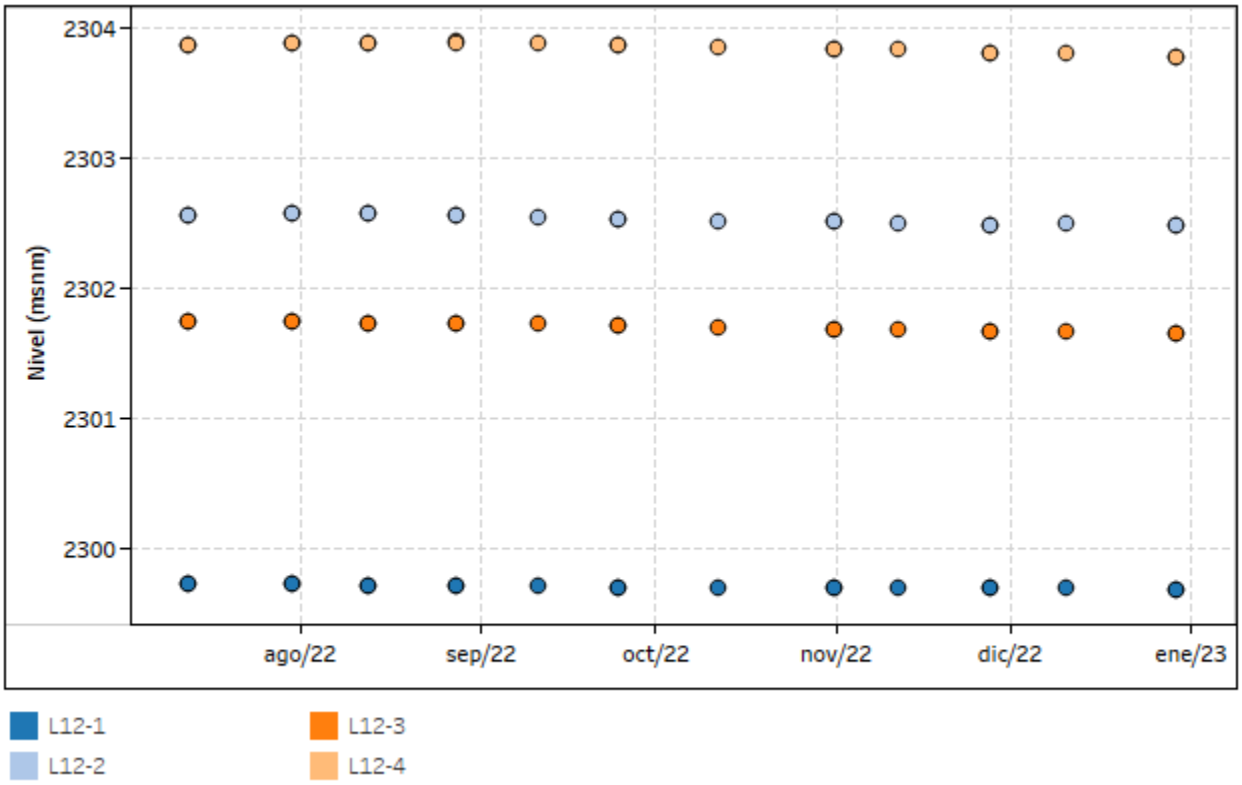
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden SQM en caso de mediciones mensuales, en caso de valores diarios (en forma de máximo y mínimo) corresponde a las mediciones de ETFA.

Tabla 5-73: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
L12-1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L12-2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L12-3	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
L12-4	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-48: 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 5-74 se muestran las medidas tomadas en este segundo semestre de 2022, en la Tabla 5-75 se muestra el recuento de mediciones efectuadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-49 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 SQM desde septiembre de 2022 de acuerdo a las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, el resto de las mediciones (mayor frecuencia o mediciones realizadas por la ETFA) se presentan de forma adicional, destacar que el monitoreo de agosto de 2022 por parte de la ETFA no fue posible ejecutar debido a que el día 27 de agosto, se encontraba un camélido ahogado bajo la plataforma de medición, lo que provocó suspender la medición.

A excepción de este incidente, durante el presente semestre reportado se han podido realizar todas las mediciones estipuladas en el punto de control.

Tabla 5-74: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

REGLILLA TILOPOZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
12/7/22 10:42	2.309,332
12/7/22 10:47	2.309,333
30/7/22 12:44	2.309,334 *
30/7/22 12:51	2.309,334 *
12/8/22 10:53	2.309,342
12/8/22 10:56	2.309,342
27/8/22 12:00	S/I
27/8/22 16:30	S/I
10/9/22 15:20	2.309,374
24/9/22 11:43	2.309,351
24/9/22 12:50	2.309,351 *
11/10/22 15:35	2.309,329
31/10/22 12:09	2.309,324
31/10/22 13:10	2.309,324 *
11/11/22 16:08	2.309,321
27/11/22 10:55	2.309,320
27/11/22 11:56	2.309,321 *
10/12/22 15:20	2.309,317
29/12/22 12:48	2.309,311
29/12/22 13:47	2.309,311 *

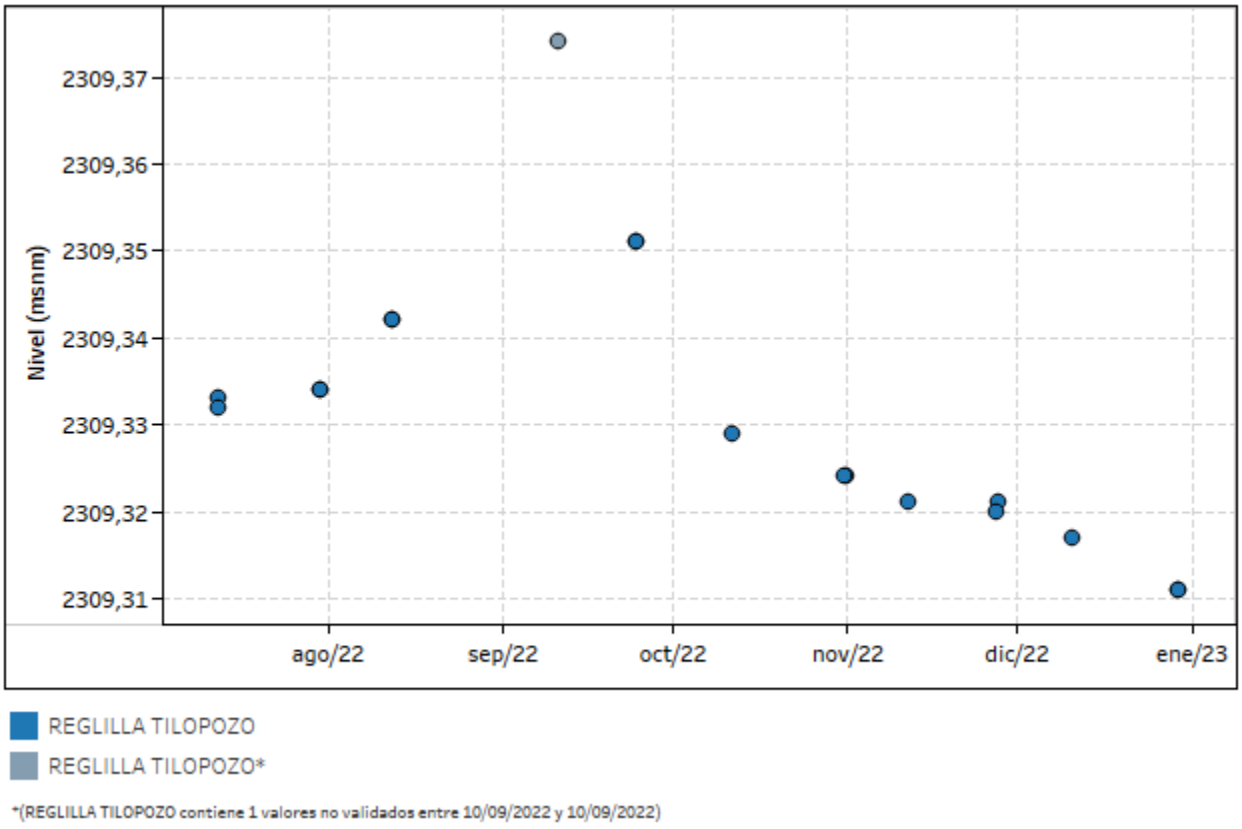
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-75: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
REGLILLA TILOPOZO	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-49: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7 NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el PSAH del Sistema Núcleo del Salar de Atacama considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), meteorología (1 estación) y calidad química (2 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 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 segundo semestre de 2022, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-12 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 5-76 se presenta el resultado del monitoreo comprometido, en la Tabla 5-77 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 SQM desde el 06 de septiembre de 2022 de acuerdo a las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022, el resto de

las mediciones posterior a septiembre (mayor frecuencia o mediciones realizadas por la ETFA) se presentan de forma adicional.

Para el presente semestre reportado, todas las visitas pudieron realizarse con la debida frecuencia.

Tabla 5-76: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo

1001	
Fecha	Nivel (m s.n...
19/7/22 09:59	2.299,201
19/7/22 10:05	2.299,200
26/8/22 14:24	2.299,190
26/8/22 14:27	2.299,192
16/9/22 15:12	2.299,186
17/10/22 14:48	2.299,174
20/10/22 11:08	2.299,176
20/10/22 13:15	2.299,177*
23/11/22 16:25	2.299,175
17/12/22 16:45	2.299,172

2028	
Fecha	Nivel (m s.n...
21/7/22 16:00	2.298,889
21/7/22 16:01	2.298,890
26/8/22 13:10	2.298,874
26/8/22 13:11	2.298,876
16/9/22 09:24	2.298,866
17/10/22 15:48	2.298,859
26/11/22 11:47	2.298,851
19/12/22 11:24	2.298,846

SOPE-6	
Fecha	Nivel (m s.n...
21/7/22 15:27	2.298,993
21/7/22 15:27	2.298,994
26/8/22 12:48	2.298,981
26/8/22 12:49	2.298,981
16/9/22 16:05	2.298,972
17/10/22 15:28	2.298,968
24/11/22 16:34	2.298,963
19/12/22 11:07	2.298,952

SOPM-10	
Fecha	Nivel (m s.n...
17/7/22 12:32	2.298,926
17/7/22 12:33	2.298,928
17/8/22 14:18	2.298,930
17/8/22 14:18	2.298,931
15/9/22 15:05	2.298,918
17/10/22 11:19	2.298,904
24/11/22 14:43	2.298,905
17/12/22 12:56	2.298,902

SOPM-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 12:46	2.298,951
17/7/22 12:52	2.298,953
17/8/22 14:33	2.298,941
17/8/22 14:33	2.298,941
25/9/22 11:34	2.298,927
22/10/22 12:40	2.298,921
24/11/22 14:31	2.298,921
17/12/22 13:17	2.298,920

SOPM-12C	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/7/22 08:57	2.299,094
19/7/22 08:57	2.299,096
26/8/22 13:53	2.299,087
26/8/22 13:54	2.299,085
16/9/22 15:39	2.299,080
17/10/22 15:12	2.299,072
20/10/22 09:34	2.299,072
20/10/22 10:48	2.299,072*
24/11/22 16:51	2.299,070
17/12/22 17:16	2.299,069

SOPM-2	
Fecha	Nivel (m s.n...
21/7/22 15:44	2.298,957
21/7/22 15:44	2.298,958
26/8/22 12:29	2.298,942
26/8/22 12:31	2.298,942
16/9/22 09:06	2.298,932
17/10/22 15:36	2.298,931
26/11/22 11:30	2.298,923
19/12/22 11:43	2.298,917

SOPM-4	
Fecha	Nivel (m s.n...
16/7/22 09:12	2.298,673
16/7/22 09:20	2.298,676
16/8/22 10:01	2.298,669
16/8/22 10:01	2.298,670
15/9/22 09:57	2.298,657
15/10/22 10:31	2.298,651
21/11/22 10:42	2.298,661
16/12/22 09:23	2.298,653

SOPM-5	
Fecha	Nivel (m s.n...
16/7/22 08:57	2.298,732
16/7/22 08:59	2.298,735
16/8/22 09:44	2.298,726
16/8/22 09:44	2.298,727
15/9/22 09:59	2.298,716
15/10/22 10:18	2.298,707
21/11/22 10:31	2.298,710
16/12/22 09:06	2.298,701

SEGEA SQM

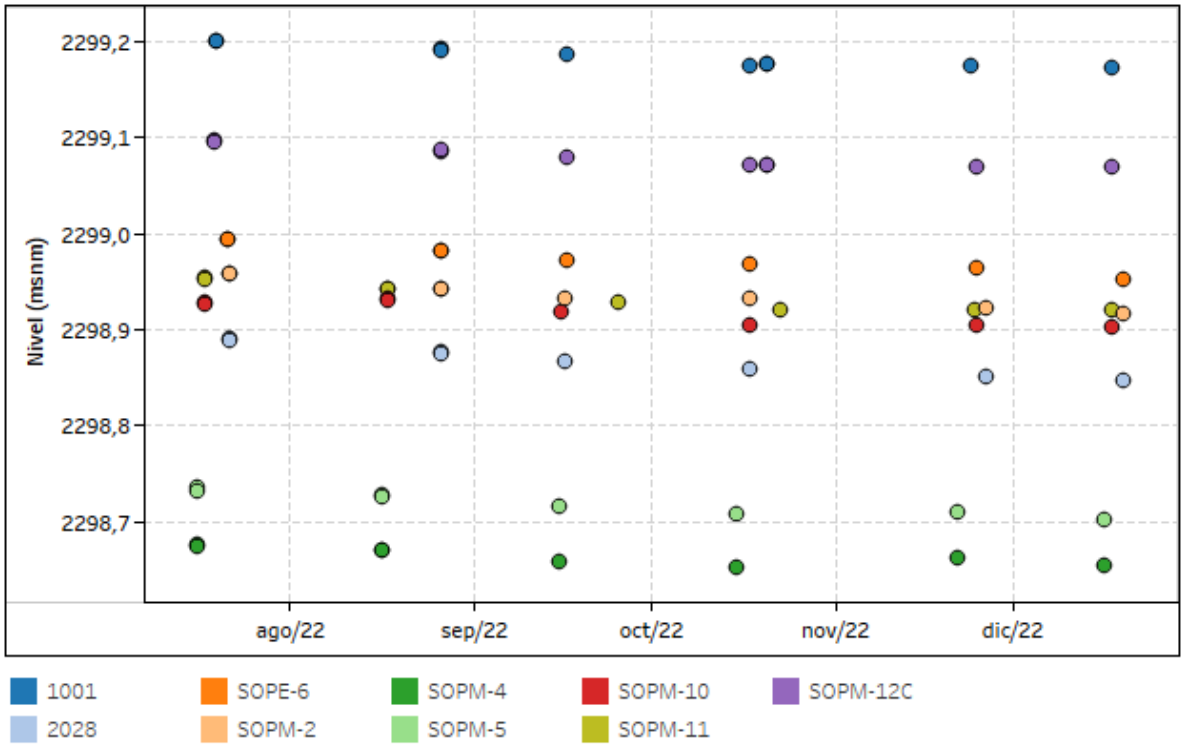
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tabla 5-77: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA			SQM					
	07/22	08/22	10/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
1001	1	1	1	1	1	1	2	1	1
2028	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPE-6	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-2	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-4	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-5	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-10	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-11	1	1		1	1	1	1	1	1
SOPM-12C	1	1	1	1	1	1	2	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-50: 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 5-78 se presenta el resultado del monitoreo, en la Tabla 5-79 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-51 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 comprometida.

Tabla 5-78: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo

2040	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/22 12:12	2.299,083
21/7/22 12:12	2.299,085
22/8/22 17:27	2.299,093
22/8/22 17:28	2.299,095
16/9/22 16:28	2.299,122
18/10/22 09:00	2.299,146
23/11/22 16:58	2.299,159
19/12/22 12:08	2.299,126

E-101	
Fecha	Nivel (m s.n...
21/7/22 15:02	2.298,412
25/7/22 09:35	2.298,373
25/7/22 09:39	2.298,373*
26/8/22 11:31	2.298,451
26/8/22 11:31	2.298,452
16/9/22 17:20	2.298,577
18/10/22 09:22	2.298,599
26/11/22 16:18	2.298,525
19/12/22 12:42	2.298,447

E-324	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/22 11:31	2.295,563
21/7/22 11:31	2.295,565
26/8/22 11:44	2.295,898
26/8/22 11:44	2.295,900
16/9/22 17:34	2.295,759
18/10/22 09:44	2.295,610
26/11/22 17:01	2.295,346
19/12/22 12:52	2.295,168

M1-C	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/22 12:21	2.299,132
21/7/22 12:22	2.299,132
22/8/22 17:46	2.299,125
22/8/22 17:47	2.299,122
16/9/22 16:36	2.299,123
18/10/22 09:06	2.299,102
23/11/22 17:06	2.299,140
19/12/22 12:18	2.299,114

M2-C	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/22 11:02	2.292,492
21/7/22 11:02	2.292,494
26/8/22 11:08	2.292,467
26/8/22 11:08	2.292,469
16/9/22 17:49	2.292,442
18/10/22 10:13	2.292,390
26/11/22 15:32	2.292,357
19/12/22 14:40	2.292,317

M7	
Fecha	Nivel (m s.n...
21/7/22 11:17	2.296,018
21/7/22 11:17	2.296,019
26/8/22 12:00	2.295,820
26/8/22 12:00	2.295,822
17/9/22 09:20	2.295,388
17/9/22 12:00	2.295,388*
30/9/22 12:00	S/I
18/10/22 09:57	2.295,223
26/11/22 13:32	2.294,535
19/12/22 13:06	2.294,319

SAMPLE-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m..
21/7/22 10:16	2.293,848
21/7/22 10:16	2.293,851
26/8/22 10:35	2.293,816
26/8/22 10:38	2.293,819
17/9/22 10:00	2.293,800
17/9/22 12:00	2.293,800*
30/9/22 12:00	S/I
18/10/22 10:38	2.293,776
26/11/22 14:43	2.293,749
19/12/22 15:26	2.293,728

ZAR-C-S	
Fecha	Nivel (m s.n...
21/7/22 09:39	2.295,596
21/7/22 09:40	2.295,599
26/8/22 09:47	2.295,575
26/8/22 09:56	2.295,576
17/9/22 10:43	2.295,561
17/9/22 12:00	2.295,561*
30/9/22 12:00	S/I
18/10/22 11:32	2.295,542
26/11/22 14:01	2.295,520
19/12/22 15:58	2.295,512

SAMPLE-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/22 10:16	2.293,848
21/7/22 10:16	2.293,851
26/8/22 10:35	2.293,816
26/8/22 10:38	2.293,819
17/9/22 10:00	2.293,800
17/9/22 12:00	2.293,800*
30/9/22 12:00	S/I
18/10/22 10:38	2.293,776
26/11/22 14:43	2.293,749
19/12/22 15:26	2.293,728

ZAR-C-S	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/7/22 09:39	2.295,596
21/7/22 09:40	2.295,599
26/8/22 09:47	2.295,575
26/8/22 09:56	2.295,576
17/9/22 10:43	2.295,561
17/9/22 12:00	2.295,561*
30/9/22 12:00	S/I
18/10/22 11:32	2.295,542
26/11/22 14:01	2.295,520
19/12/22 15:58	2.295,512

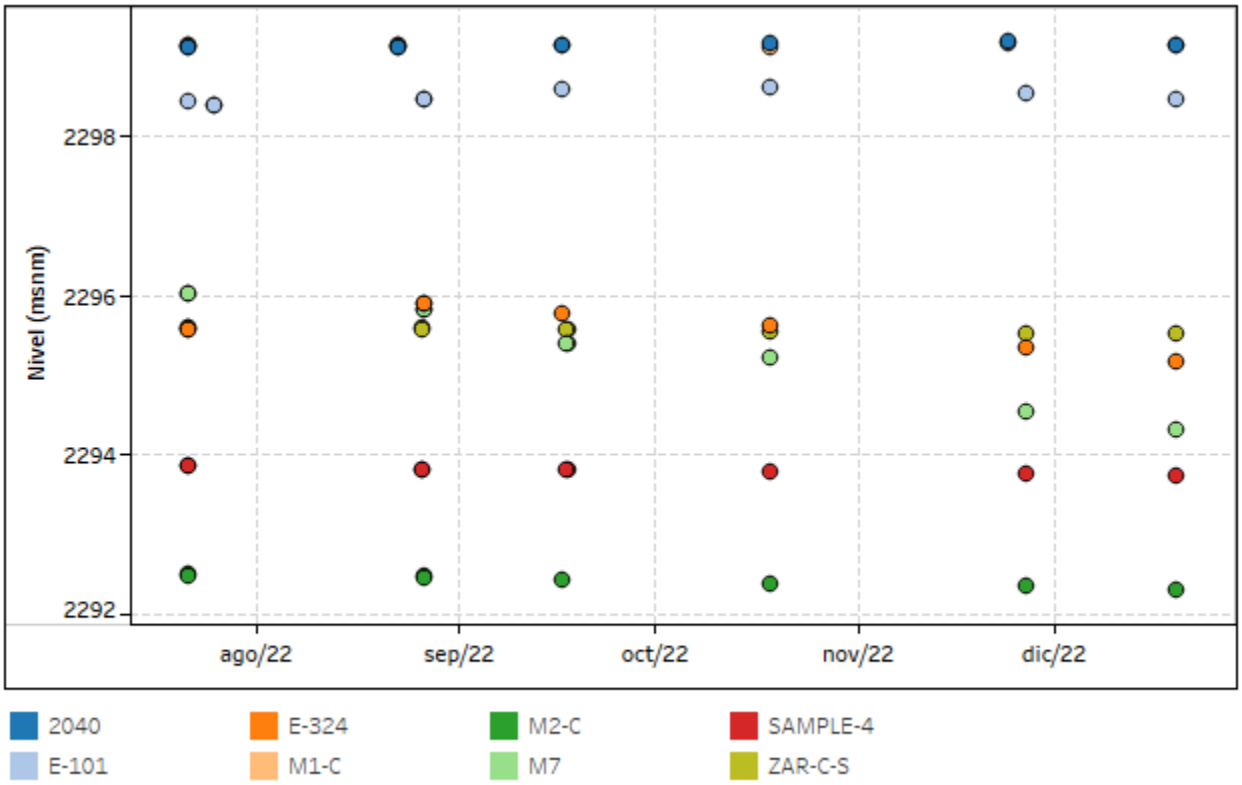
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-79: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA		SQM					
	07/22	08/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
2040	1	1	1	1	1	1	1	1
E-101	1	1	2	1	1	1	1	1
E-324	1	1	1	1	1	1	1	1
M1-C	1	1	1	1	1	1	1	1
M2-C	1	1	1	1	1	1	1	1
M7	1	1	1	1	2	1	1	1
SAMPLE-4	1	1	1	1	2	1	1	1
ZAR-C-S	1	1	1	1	2	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-51: 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 5-80 se presenta el resultado del monitoreo, en la Tabla 5-81 se muestra el recuento de las mediciones realizadas por cada empresa y finalmente, en la Figura 5-52 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 SQM desde el 06 de septiembre de acuerdo a conciliación de las Resoluciones Exentas N.º 573, N.º 574 y N.º 575/2022.

Para el presente semestre reportado, todas las visitas pudieron realizarse con la debida frecuencia.

Tabla 5-80: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo

1906		C4-B		EIA-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 10:09	2.298,828	16/7/22 10:44	2.300,773	16/7/22 09:42	2.298,844
16/7/22 10:10	2.298,830	16/7/22 10:45	2.300,775	16/7/22 09:46	2.298,847
16/8/22 10:43	2.298,820	16/8/22 11:20	2.300,772	16/8/22 10:26	2.298,833
16/8/22 10:46	2.298,820	16/8/22 11:20	2.300,773	16/8/22 10:27	2.298,835
15/9/22 10:48	2.298,811	16/9/22 10:30	2.300,772	15/9/22 10:28	2.298,821
15/10/22 11:40	2.298,804	15/10/22 12:09	2.300,771	15/10/22 11:15	2.298,813
21/11/22 11:34	2.298,806	21/11/22 12:03	2.300,809	21/11/22 11:06	2.298,810
16/12/22 10:19	2.298,802	16/12/22 10:55	2.300,819	16/12/22 09:49	2.298,803

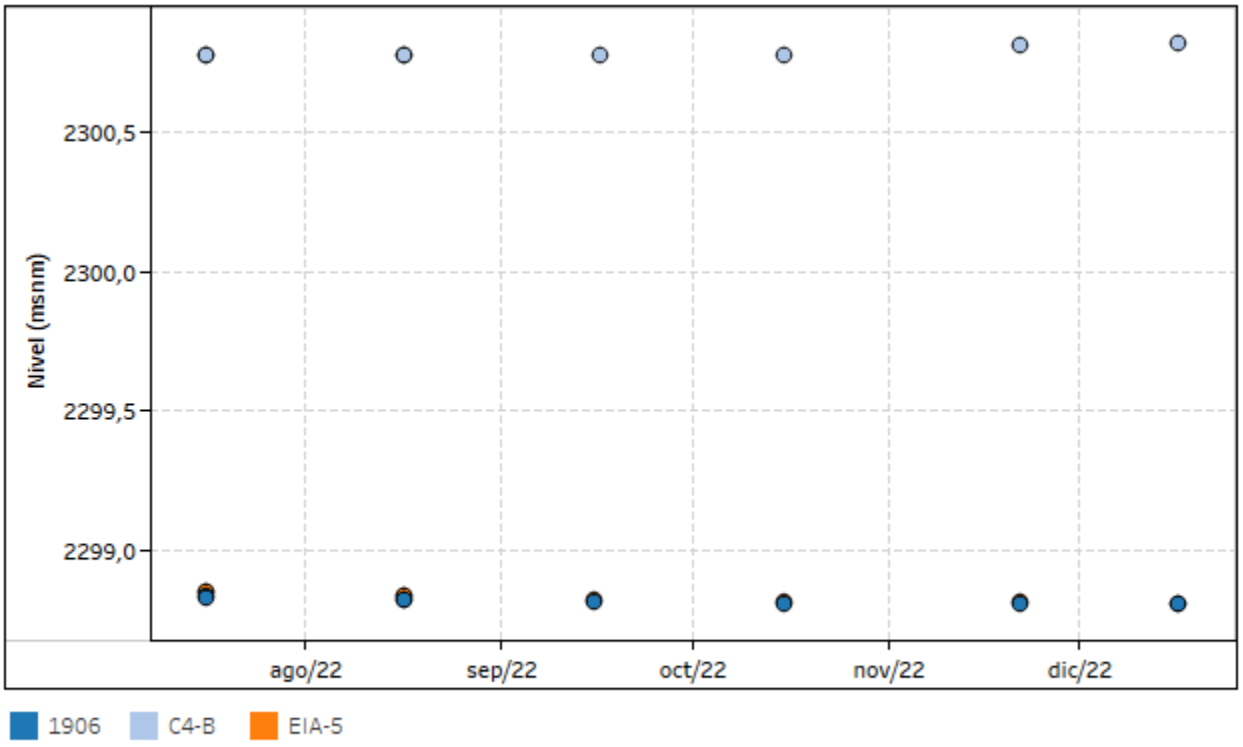
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. Los valores mostrados corresponden a la ETFA.

Tabla 5-81: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA		SQM					
	07/22	08/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
1906	1	1	1	1	1	1	1	1
C4-B	1	1	1	1	1	1	1	1
EIA-5	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-52: 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 5-53 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica KCL para el período comprendido entre julio y diciembre de 2022 y que forman parte del PSAH: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario. En la Tabla 5-82 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas, esta información es obtenida de las mediciones continuas en la estación meteorológica del núcleo del salar KCL y la validación posterior de la data continua generando promedios diarios para las variables de velocidad del viento, temperatura y evaporación, en el caso de la precipitación se obtiene el acumulado total diario.

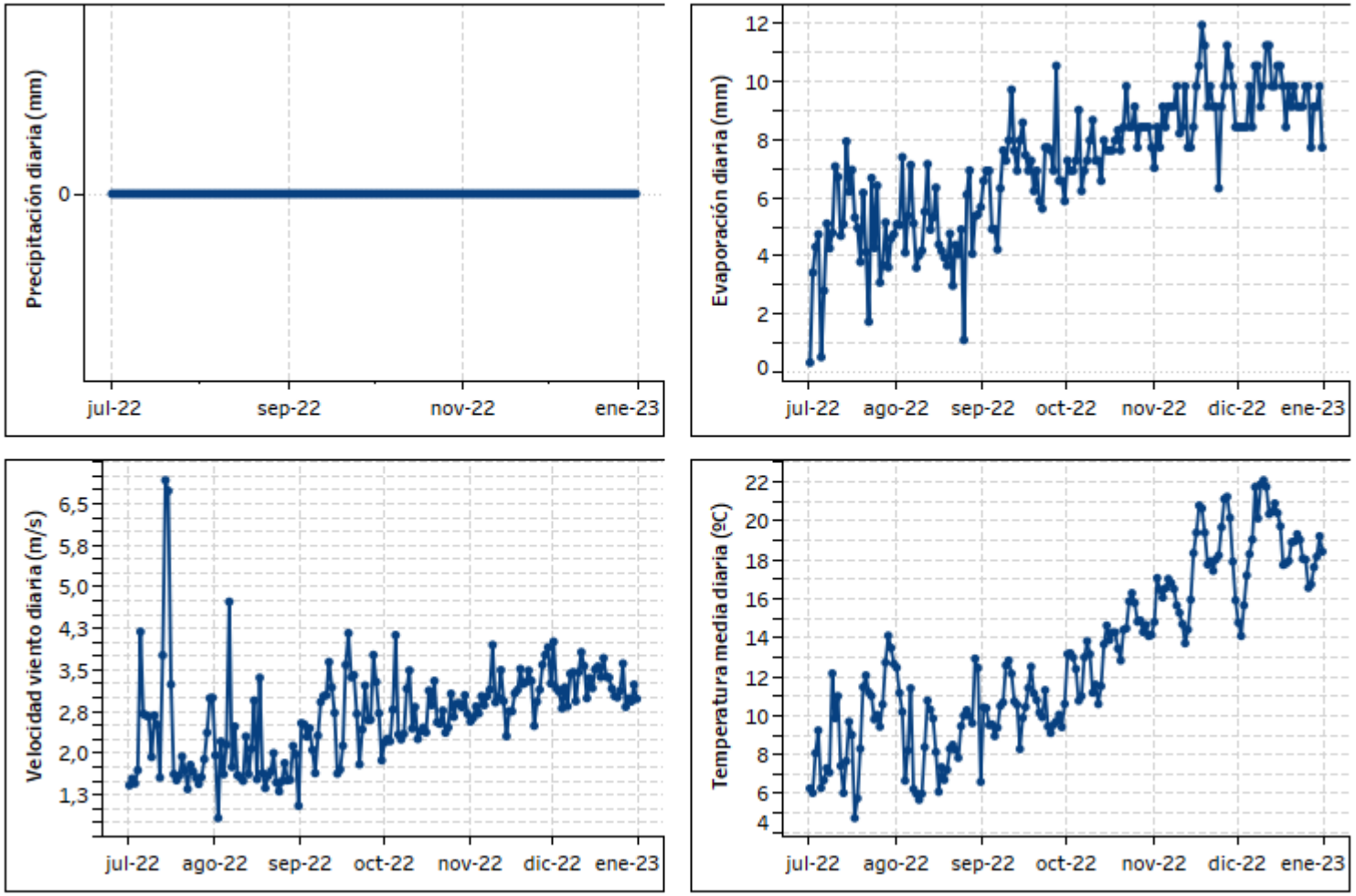
Tabla 5-82: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL

Parametros	Unidad	Mín. Valor	Máx. Valor	Prom. Valor	Desv. están. de Valor
Precipitación*	mm/día	0,00	0,00	0,00	0,00
Evaporación*	mm/día	1,80	14,76	8,92	3,51
Velocidad del viento	m/s	1,45	9,76	3,17	1,18
Temperatura media diaria	ºC	2,30	22,54	14,34	4,21

* Esta variable contempla uno o más periodos de rellenado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-53: 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 segundo semestre del año 2022.

En la Figura 4-12 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).

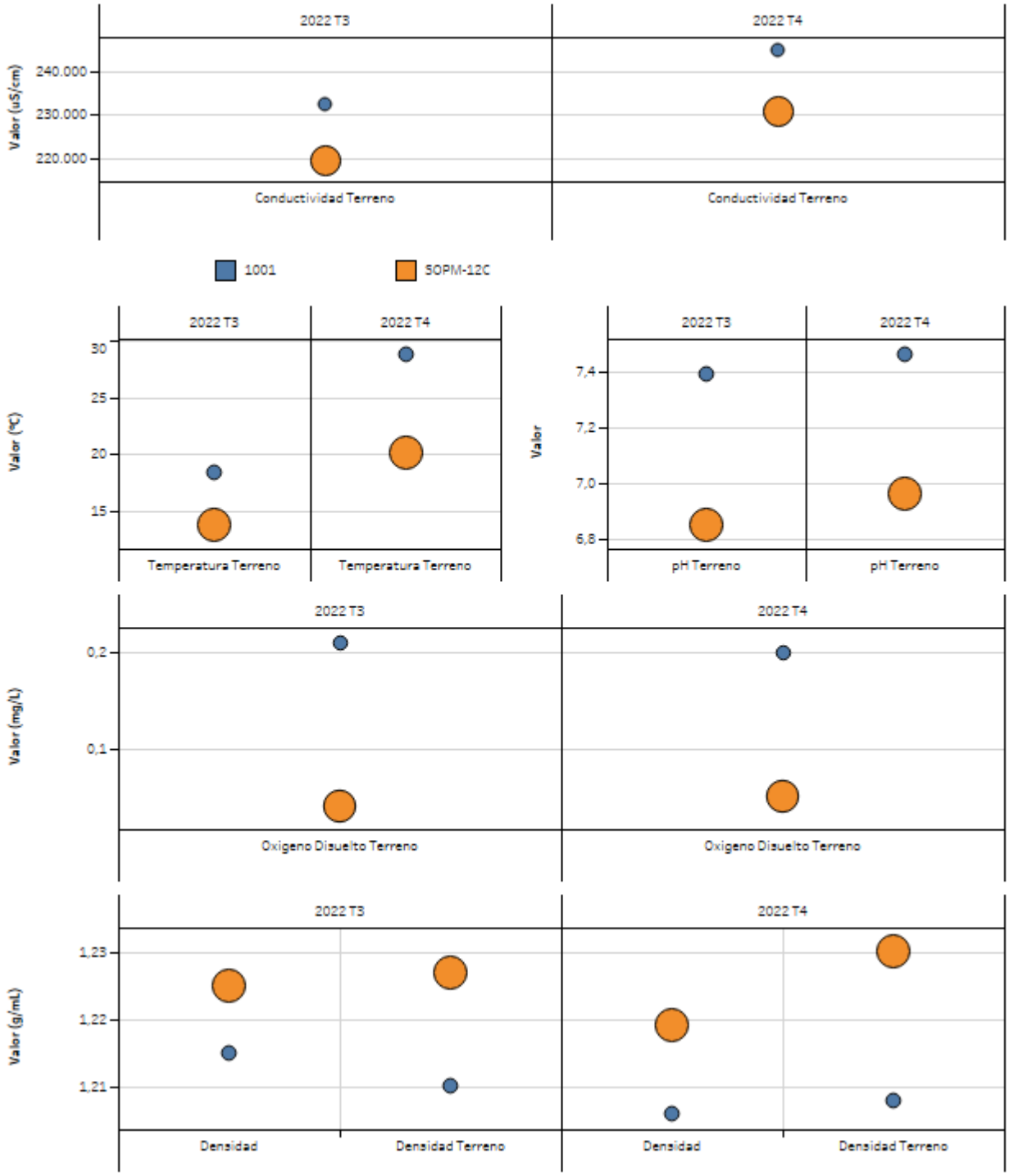
A continuación, en la Tabla 5-83, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestras de salmuera tomadas en terreno por SEGEA y analizadas por el laboratorio ALS, a los pozos de monitoreo en el periodo a reportar. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-54. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-83: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Parámetro	1001		SOPM-12C	
	19/07/22	20/10/22	19/07/22	20/10/22
Conductividad Terreno (uS/cm)	232.300	245.000	219.300	230.600
Densidad (g/mL)	1,215	1,206	1,225	1,219
Densidad Terreno (g/mL)	1,210	1,208	1,227	1,230
Oxígeno disuelto Terreno (mg/L)	0,21	0,20	0,04	0,05
pH Terreno ()	7,39	7,46	6,85	6,96
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	308.540	371.800	331.525	388.200
Temperatura Terreno (°C)	18,4	28,7	13,8	20,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-54: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama



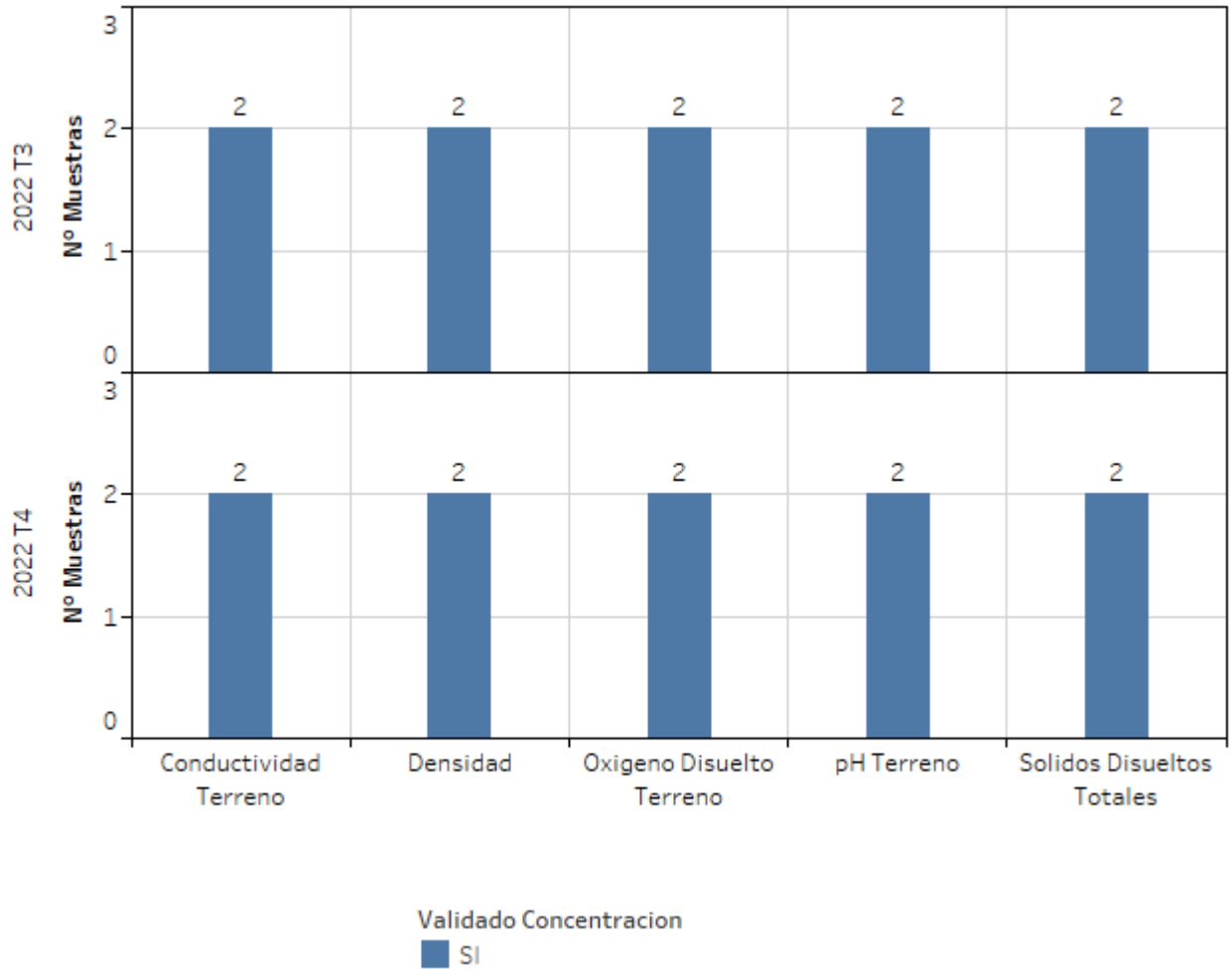
Fuente: Elaboración propia

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, dado que ambos pozos de monitoreo (1001 y SOPM-12C) están clasificados dentro de Calidad 5, donde solo se mide en laboratorio la densidad y Sólidos Disueltos Totales.

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 5-55 se observa que para el segundo semestre todos los analitos y parámetros analizados cumplieron con este criterio.

Figura 5-55: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo



Fuente: Elaboración propia

5.1.8 CUÑA SALINA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico la Cuña Salina considera 9 pozos, agrupados en 3 perfiles, y el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (1 punto), conductividad eléctrica (8 puntos) y calidad (1 punto). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2022 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-84 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-84: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina

NOMBRE INFRAESTRUCTURA	MOTIVO	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-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, pero el punto L4-3 se presentó como parte de Sistema Aguas de Quelana, por lo que el resultado del monitoreo de nivel puede ser consultado en la sección 5.1.3. El L10-1 es también del Sistema Peine y ha sido mostrado como parte del monitoreo de dicho Sistema (tanto nivel como calidad).

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 5-72 se muestra el resultado del monitoreo para este semestre y en la Tabla 5-86 se muestra el recuento de mediciones realizadas por SQM y SEGEA. En la Figura 5-56 se muestra gráficamente el resultado completo de las mediciones en estos puntos, contando con las mediciones de ambas empresas.

Puede verse que para el segundo 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 agosto, noviembre y diciembre, ya que la Comunidad de Peine restringió el acceso en agosto para ETFA y durante los meses de noviembre y diciembre para SQM. Asimismo, la ETFA ha realizado mediciones adicionales para Cuña 5 y Cuña 6 para los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 5-85: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina

CUÑA 1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 16:53	2.299,827
16/7/22 16:54	2.299,827
17/8/22 13:15	2.299,814
17/8/22 13:17	2.299,815
15/9/22 14:02	2.299,822
16/10/22 14:35	2.299,826
22/11/22 12:50	2.299,826
16/12/22 16:08	2.299,824

CUÑA 2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/7/22 17:02	2.300,378
16/7/22 17:04	2.300,380
17/8/22 13:28	2.300,390
17/8/22 13:28	2.300,390
26/9/22 10:41	2.300,395
22/10/22 10:13	2.300,393
10/11/22 17:37	2.300,395
16/12/22 12:42	2.300,360

CUÑA 3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/7/22 16:53	2.318,674
18/7/22 16:55	2.318,677
22/8/22 11:05	2.318,701
22/8/22 11:06	2.318,703
16/9/22 12:46	2.318,716
22/10/22 16:31	2.318,732
10/11/22 12:59	2.318,731
15/12/22 14:54	2.318,737

CUÑA 4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/7/22 16:33	2.306,173
17/7/22 16:36	2.306,173
17/8/22 16:28	2.306,175
17/8/22 16:29	2.306,175
23/9/22 15:49	2.306,173
22/10/22 14:58	2.306,176
21/11/22 15:46	2.306,176
18/12/22 12:58	2.306,174

CUÑA 5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
13/7/22 11:55	2.301,165
13/7/22 12:01	2.301,165
9/8/22 10:38	2.301,164
9/8/22 10:51	2.301,164
6/9/22 10:23	2.301,163
6/9/22 11:29	2.301,163
3/10/22 11:34	2.301,162
3/10/22 12:36	2.301,162
7/11/22 09:33	2.301,158
7/11/22 10:33	2.301,158
5/12/22 09:49	2.301,155
5/12/22 10:46	2.301,155

CUÑA 6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
12/7/22 12:29	2.305,217
12/7/22 12:32	2.305,218
30/7/22 09:32	2.305,223 *
30/7/22 09:35	2.305,223 *
12/8/22 12:55	2.305,222
12/8/22 13:02	2.305,223
27/8/22 12:32	2.305,220 *
27/8/22 12:36	2.305,222 *
10/9/22 10:51	2.305,212
24/9/22 09:38	2.305,195
24/9/22 10:38	2.305,194 *
11/10/22 13:13	2.305,183
31/10/22 14:13	2.305,174
31/10/22 15:13	2.305,174 *
11/11/22 12:15	2.305,165
27/11/22 09:07	2.305,149
27/11/22 10:07	2.305,149 *
11/12/22 16:33	2.305,138
29/12/22 10:15	2.305,121
29/12/22 11:14	2.305,121 *

CUÑA 7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
11/7/22 16:14	2.300,156
11/7/22 16:17	2.300,156
31/7/22 12:27	2.300,154 *
31/7/22 12:29	2.300,154 *
12/8/22 09:30	S/I
18/8/22 09:49	2.300,143 *
18/8/22 09:53	2.300,143
28/8/22 14:03	2.300,147 *
28/8/22 14:04	2.300,148 *
11/9/22 11:23	2.300,146
25/9/22 12:24	2.300,142 *
25/9/22 12:25	2.300,141
12/10/22 12:19	2.300,142
12/11/22 12:00	S/I
28/11/22 12:00	S/I
30/12/22 12:00	S/I

SEGEA SQM

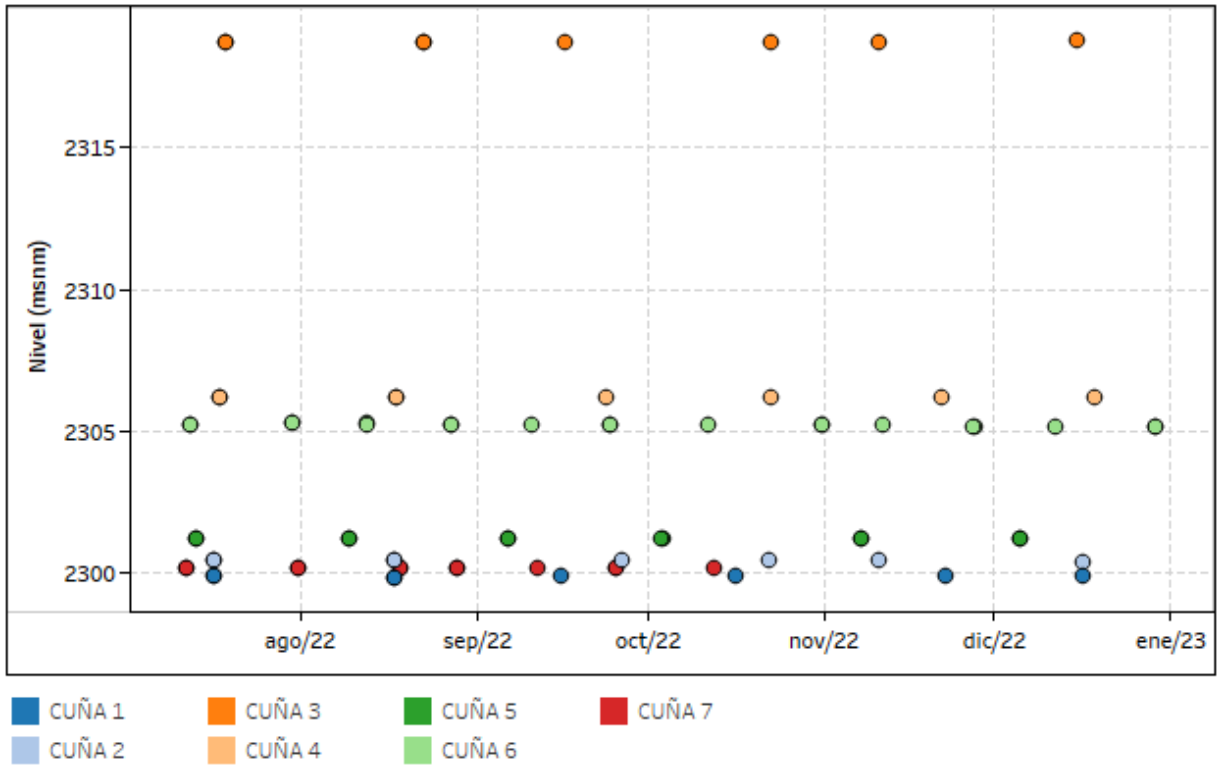
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. Los valores mostrados corresponden a la ETFA y SQM

Tabla 5-86: Recuento de mediciones de nivel en cada mes y para cada empresa

	SEGEA						SQM					
	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22	07/22	08/22	09/22	10/22	11/22	12/22
CUÑA 1	1	1					1	1	1	1	1	1
CUÑA 2	1	1					1	1	1	1	1	1
CUÑA 3	1	1					1	1	1	1	1	1
CUÑA 4	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	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
CUÑA 7	2	2	1				2	2	2	1		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-56: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.8.2 Calidad química

En el segundo semestre de 2022, los perfiles de conductividad fueron medidos en todos los pozos a excepción en el mes de agosto en Cuña 6 y en el punto Cuña 7 no se pudo realizar la medición mensual comprometida en los meses de noviembre y diciembre por restricción de acceso por parte de la comunidad de Peine.

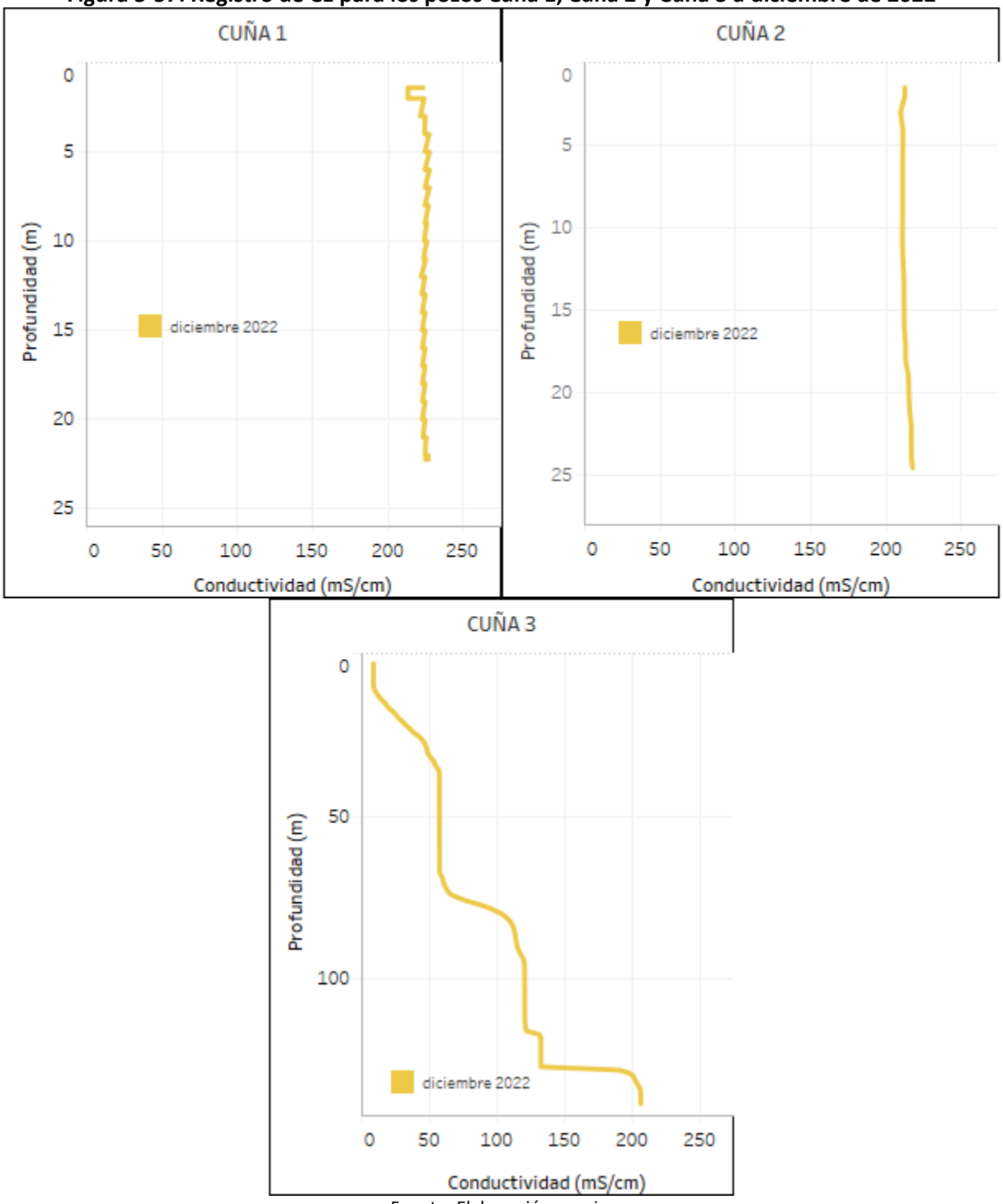
Las mediciones del perfil de CE obtenidas durante el presente período de reporte en los pozos monitoreados se presentan en la Figura 5-57, Figura 5-58 y Figura 5-59, ordenados de norte a sur para cada perfil cuña. La Figura 5-57 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 y la Figura 5-58 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 5-59. Además, en la Tabla 5-87 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 5-87: Puntos singulares obtenidos de los perfiles CE del presente semestre

Nombre Infraestructura	Fecha	Profundidad (m)	CE (mS/cm)
CUÑA 1	04/12/2022	2	213,3
		22	224,9
	16/12/2022	2	224,1
		22	227,0
CUÑA 2	04/12/2022	2	212,6
		22	216,8
CUÑA 3	04/12/2022	12	10,4
		36	57,1
		80	103,6
		130	201,2
		138	206,5
CUÑA 4	08/12/2022	2	127,7
		56	130,0
		57	235,5
		94	240,2
CUÑA 5	05/12/2022	2	157,2
		22	198,6
CUÑA 6	30/07/2022	3	61,3
		50	70,0
		100	245,7
	10/09/2022	3	59,7
		50	68,3
		100	239,2
	11/10/2022	3	58,9
		50	67,5
		100	236,7
	11/11/2022	3	59,5
		50	68,2
		100	239,1
	10/12/2022	3	60,6
		50	69,3
		100	243,0
CUÑA 7	31/07/2022	2	209,2
		40	242,7
	28/08/2022	2	203,3
		40	236,2
	11/09/2022	2	203,2
		40	236,1
	12/10/2022	2	200,6
		40	232,4
L4-3	08/12/2022	30	14,6
		46	226,8
		130	242,7
L10-1	31/07/2022	2	7,5
		50	148,8
		100	237,5
	27/08/2022	2	7,4
		50	142,3
		100	235,8
	10/09/2022	2	7,4
		50	144,2
		100	235,0
	11/10/2022	2	7,1
		50	141,5
		100	232,0
	11/11/2022	2	7,1
		50	144,6
		100	235,2
	10/12/2022	2	7,2
		50	146,6
		100	238,9

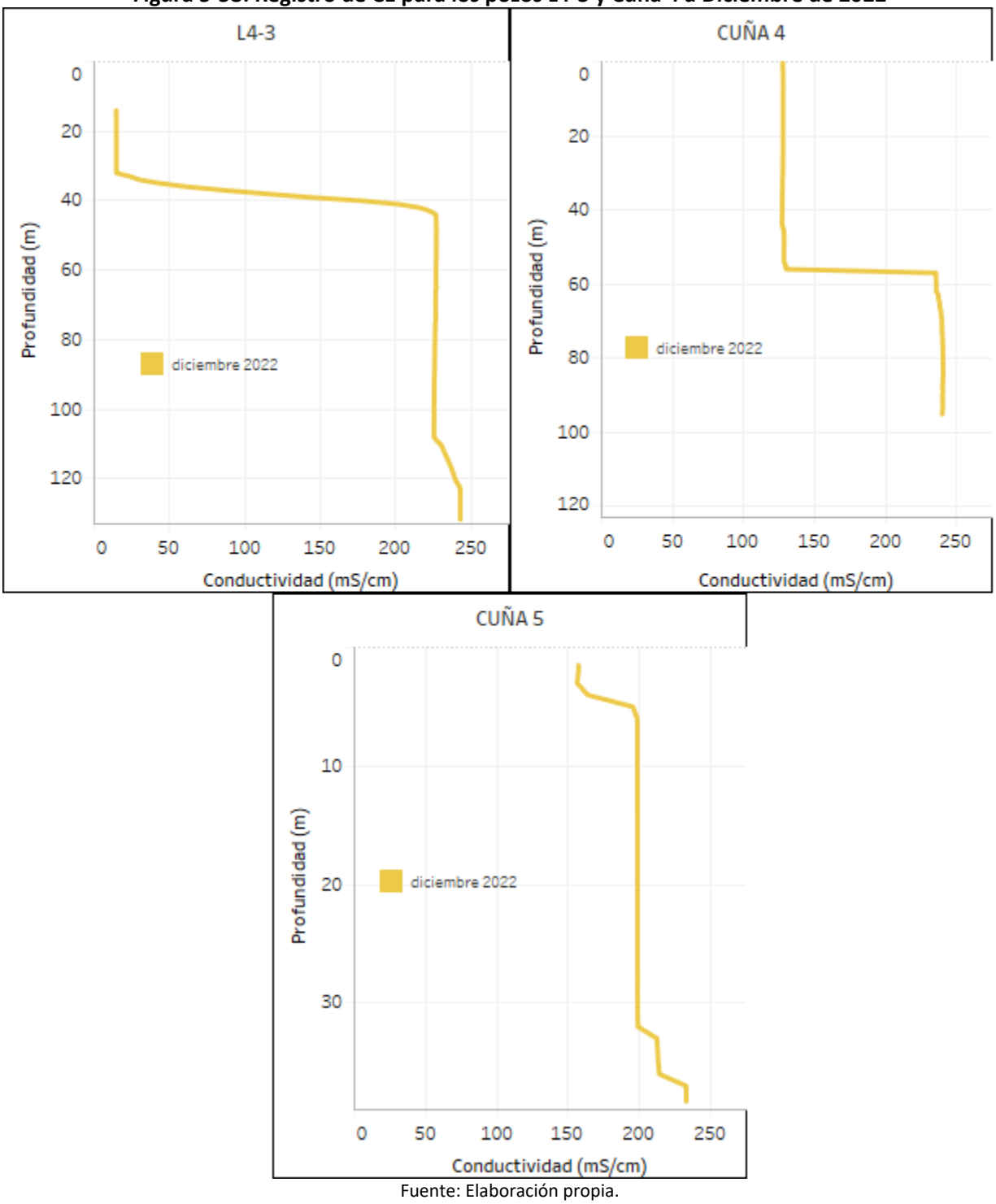
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-57: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2022



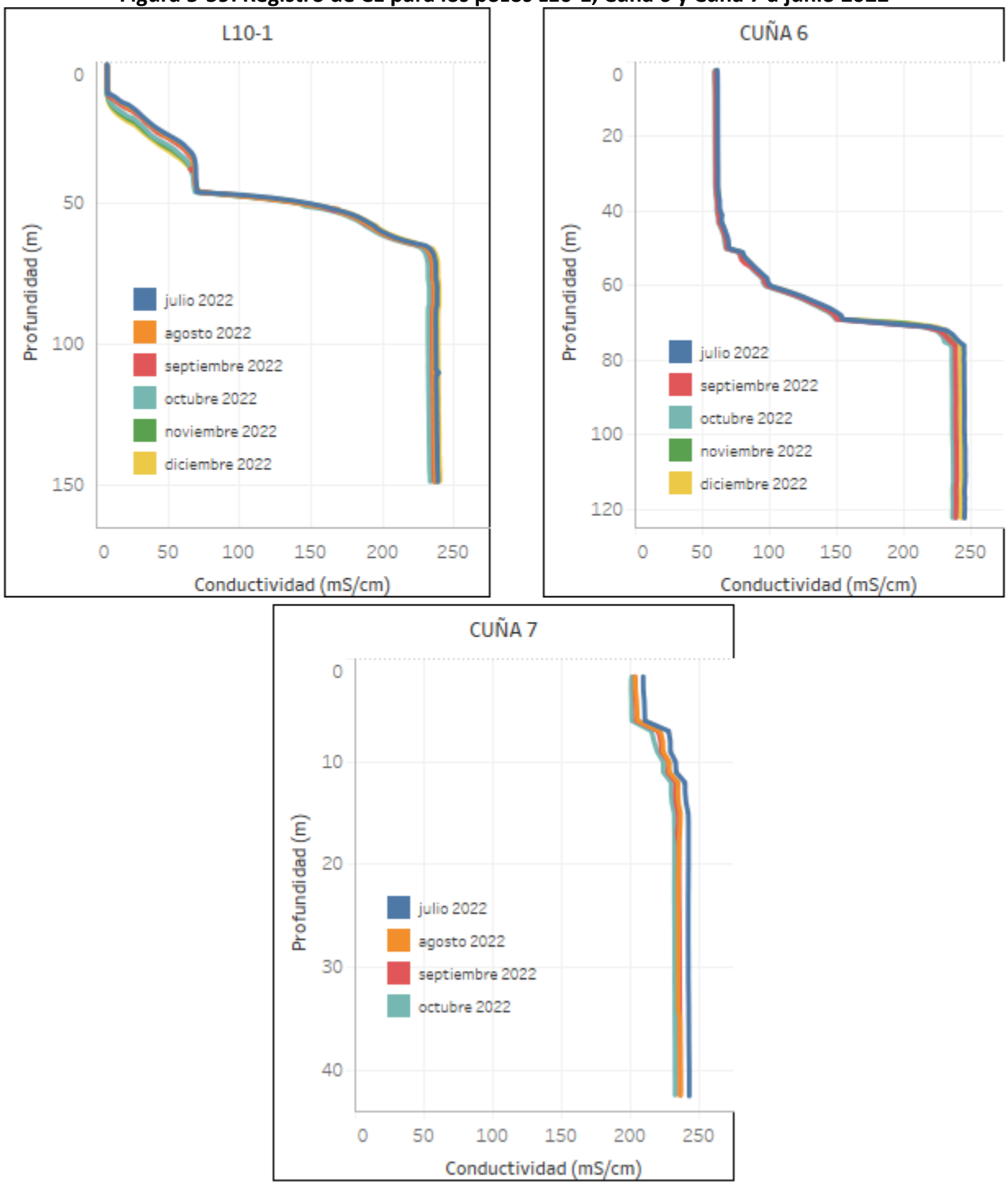
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-58: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a Diciembre de 2022



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-59: 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 5-88).

Tabla 5-88: 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 ETFA. De forma complementaria, SQM realiza mediciones adicionales mensuales o incluso dos veces al mes, con el objetivo de validar el monitoreo de la ETFA. En las tablas que siguen en este capítulo, los valores mínimo y máximo son calculados a partir de las mediciones diarias de SEGEA 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 2022 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 5-89 se presenta un resumen del estado en que se encuentran todos los indicadores para este segundo semestre de 2022; puede verse que, al término del presente periodo de reporte, los indicadores L1-4, L1-5, L1-G4 reglilla y L5-10 se mantuvieron con la Fase 2 activada. A continuación, se muestra con más detalle cada uno de los sistemas. El análisis de la superación de umbrales y sus causas, en caso de existir, se presentan en el Capítulo 6 del presente informe (capítulo de discusión).

Tabla 5-89: Estado del Plan de Contingencias

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	2022					
				julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
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 ETFA SEGEA, no obstante, tal y como se ha descrito en el capítulo de resultado del monitoreo (5.1), SQM realiza 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 5-90) y gráfica (Figura 5-60, Figura 5-61 y Figura 5-62); en la tabla se indican los registros manuales mensuales máximos y mínimos obtenidos por SEGEA, 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, L1-G4 Reglilla partieron el segundo semestre de 2022 con la Fase II activada, producto de la activación en abril de 2021, además del punto L1-4 con la activación de Fase II durante 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 durante el semestre a reportar, 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 226/2006 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, (las cuales han sido restringidas durante los meses de octubre, noviembre y diciembre por restricción de ingreso a Reserva Nacional los Flamencos), junto con las mediciones continuas, no se ha superado ningunos de los dos umbrales del PC para este segundo semestre de 2022.

Tabla 5-90: 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	
	Nivel (m s.n.m.)	
Mes	**Min**	**Max**
Jul 2022	2.299,072	2.299,082
Ago 2022	2.299,061	2.299,073
Sep 2022	2.299,051	2.299,063
Oct 2022	2.299,045	2.299,052
Nov 2022	2.299,035	2.299,045
Dic 2022	2.299,024	2.299,035

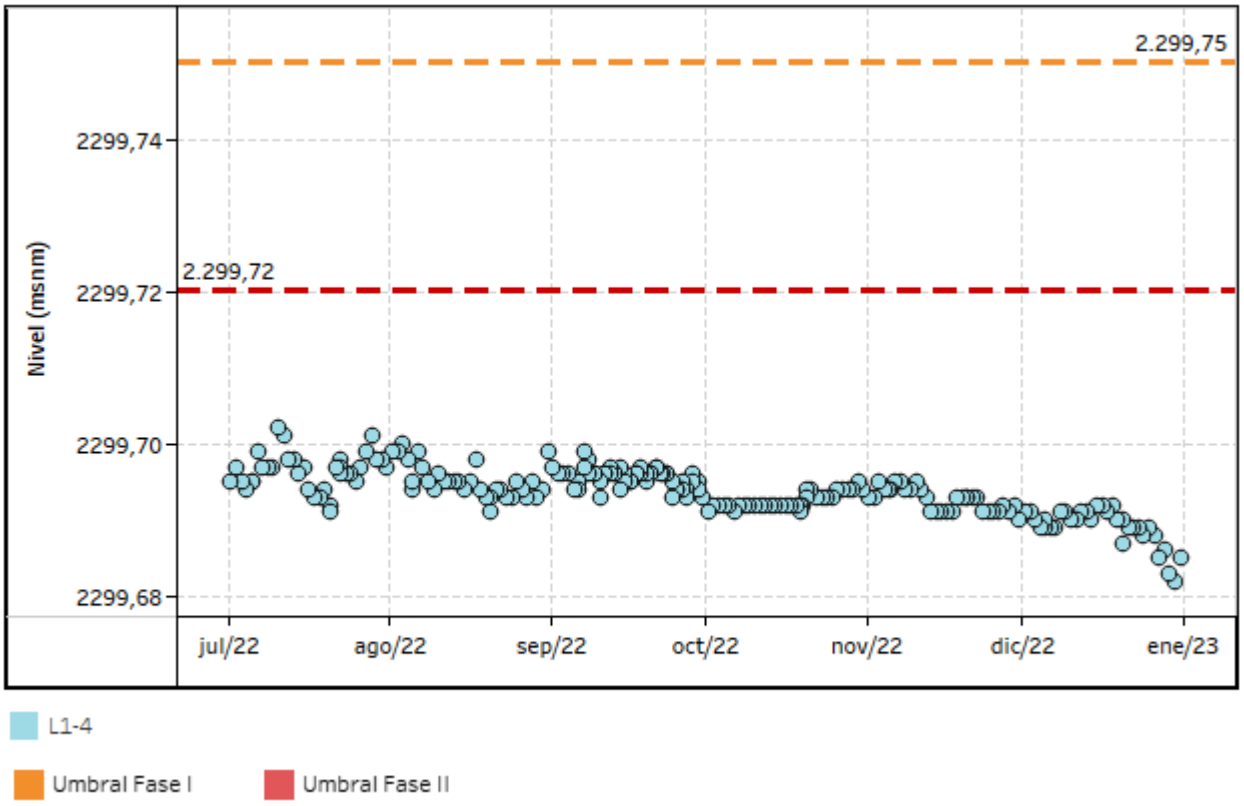
L7-4		
Umbral Fase I	2.302,20	
Umbral Fase II	2.302,18	
	Nivel (m s.n.m.)	
Mes	**Min**	**Max**
Jul 2022	2.302,261	2.302,261
Ago 2022	2.302,269	2.302,269
Sep 2022	2.302,276	2.302,277
Oct 2022	S/I	S/I
Nov 2022	S/I	S/I
Dic 2022	S/I	S/I

L1-G4 REGLILLA		
Umbral Fase I	2.299,46	
Umbral Fase II	2.299,30	
	Nivel (m s.n.m.)	
Mes	**Min**	**Max**
Jul 2022	2.299,099	2.299,107
Ago 2022	2.299,091	2.299,101
Sep 2022	2.299,082	2.299,092
Oct 2022	2.299,072	2.299,081
Nov 2022	2.299,060	2.299,072
Dic 2022	2.299,047	2.299,060

L1-4		
Umbral Fase I	2.299,75	
Umbral Fase II	2.299,72	
	Nivel (m s.n.m.)	
Mes	**Min**	**Max**
Jul 2022	2.299,691	2.299,702
Ago 2022	2.299,691	2.299,700
Sep 2022	2.299,693	2.299,699
Oct 2022	2.299,691	2.299,695
Nov 2022	2.299,690	2.299,695
Dic 2022	2.299,682	2.299,692

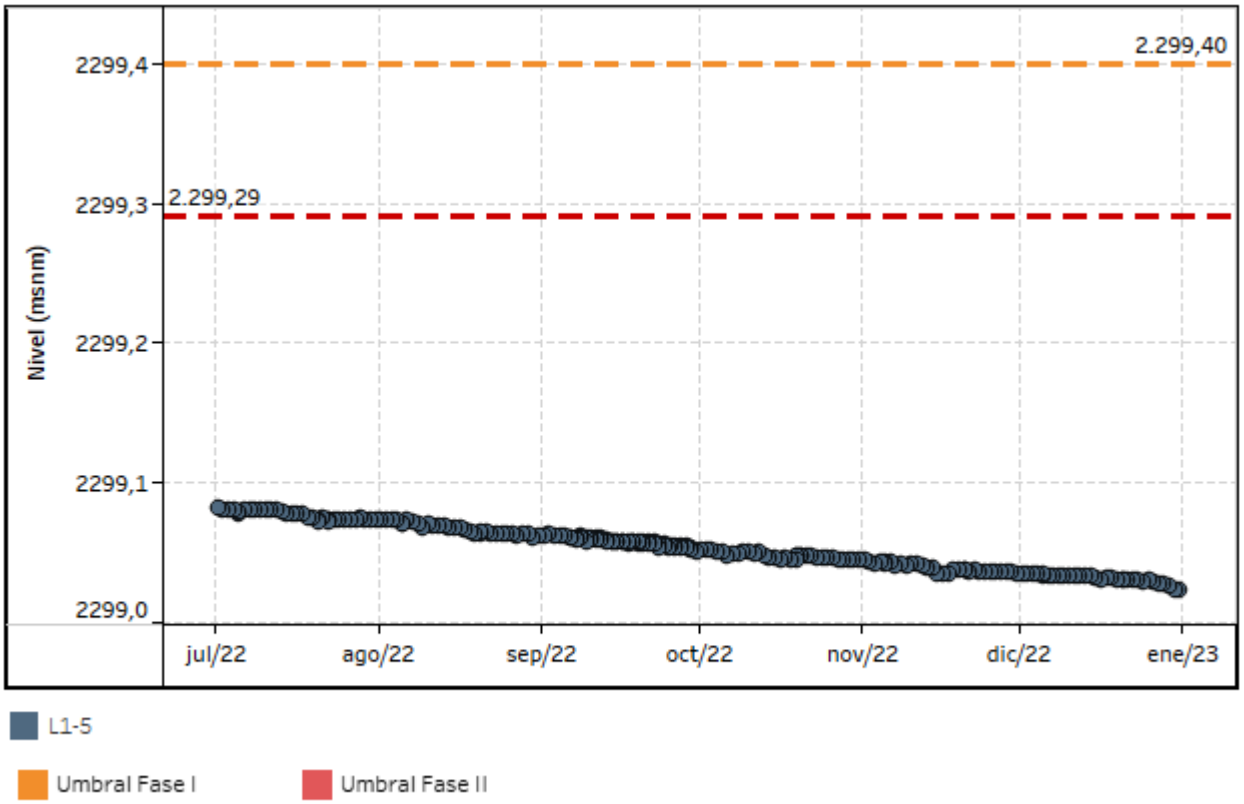
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. Sistema referencia WGS-84. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC. El sombreado naranjo indica valores inferiores a la Fase II del PC.

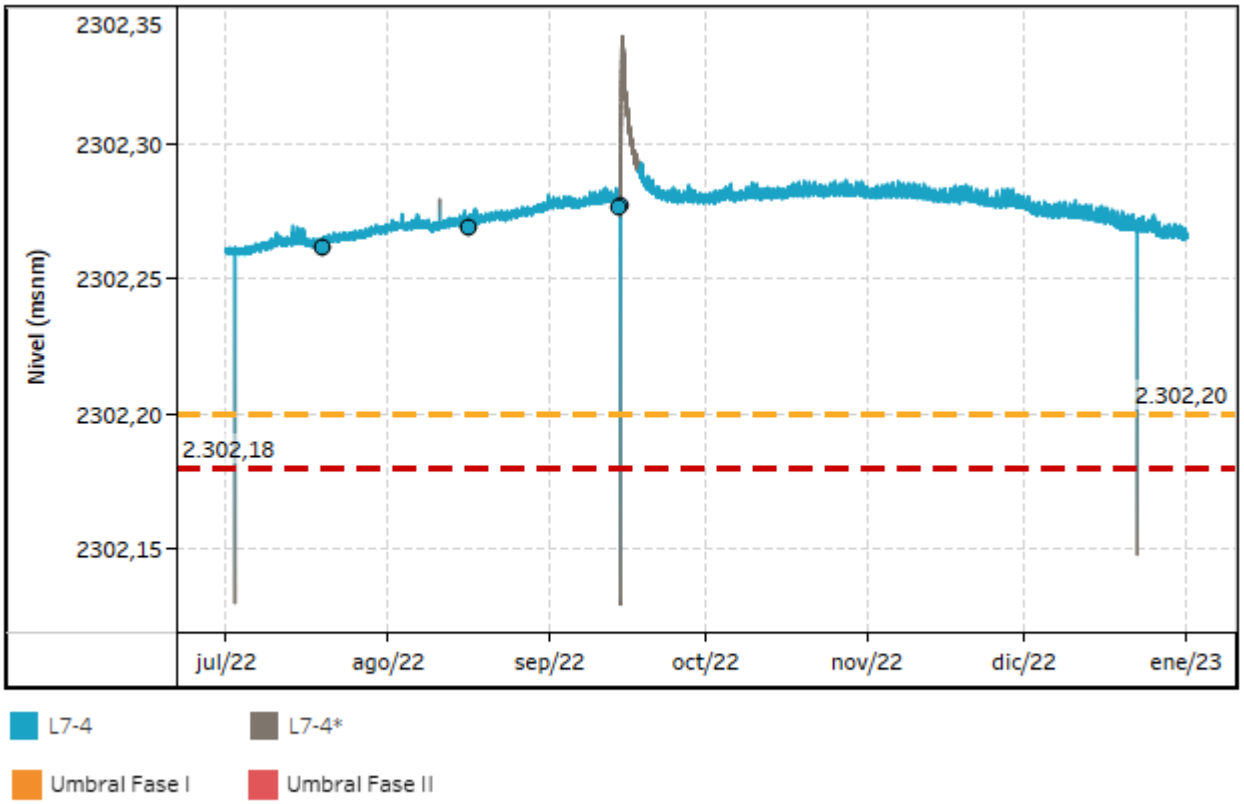
Figura 5-60: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-61: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes

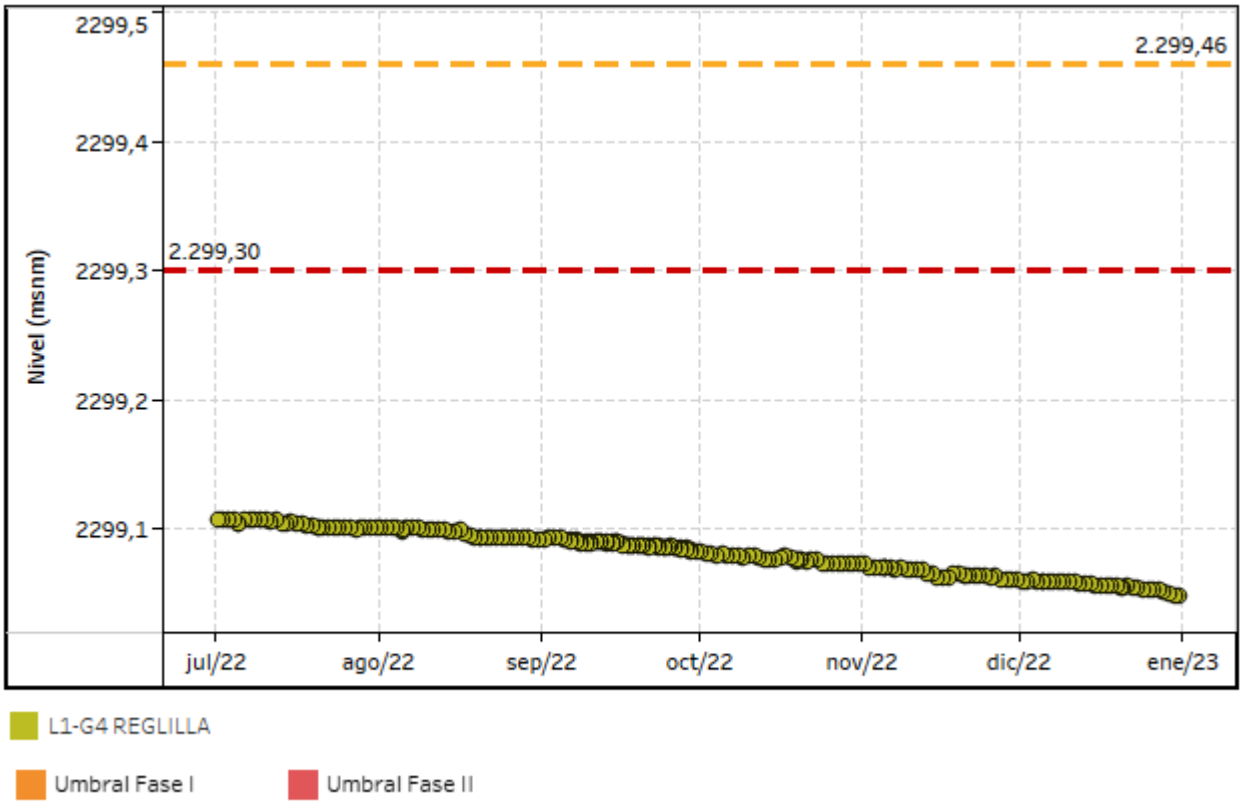




*(El Pozo L7-4 contiene 5.196 valores no validados entre 02/07/2022 y 22/12/2022)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-62: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Aguas de Quelana son los piezómetros L3-5, L3-9 y L4-8, L4-12, L5-8 y L5-10. Se realizaron las mediciones manuales con frecuencia diaria en los puntos en los que no se tuvo restricción de acceso, según lo comprometido en el PdC. No obstante, SQM realizó mediciones adicionales a las realizadas por la ETFA SEGEA 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 5-91 y de forma gráfica en la Figura 5-63. 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 segundo semestre 2022, los indicadores L3-5, L3-9, L4-8, L4-12 y L5-8 se han mantenido por sobre los umbrales de Fase, sin producir por tanto activación en ningún caso.

Sin embargo, el indicado L5-10, pozo que durante diciembre de 2021 activo Fase II proveniente de la actividad de la salmuera mostro un ascenso temporal durante junio 2022 , que conllevo a la desactivación (también temporal) de la Fase II lo que se explica principalmente por el evento de precipitación ocurrido los días 5 y 6 de junio de 2022, no obstante, lo anterior, ya durante el segundo semestre de 2022, 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 del 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 Nº 32, el que corresponde al segundo semestre 2022.

Tabla 5-91: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes

L3-5		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,314	-0,290
Ago 2022	-0,329	-0,315
Sep 2022	-0,341	-0,328
Oct 2022	-0,346	-0,334
Nov 2022	-0,344	-0,325
Dic 2022	-0,323	-0,282

L3-9		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,015	0,016
Ago 2022	0,007	0,008
Sep 2022	S/I	S/I
Oct 2022	-0,002	-0,002
Nov 2022	0,005	0,006
Dic 2022	0,012	0,012

L4-8		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,007	-0,006
Ago 2022	-0,008	-0,007
Sep 2022	-0,006	-0,006
Oct 2022	-0,003	-0,002
Nov 2022	0,003	0,003
Dic 2022	0,004	0,004

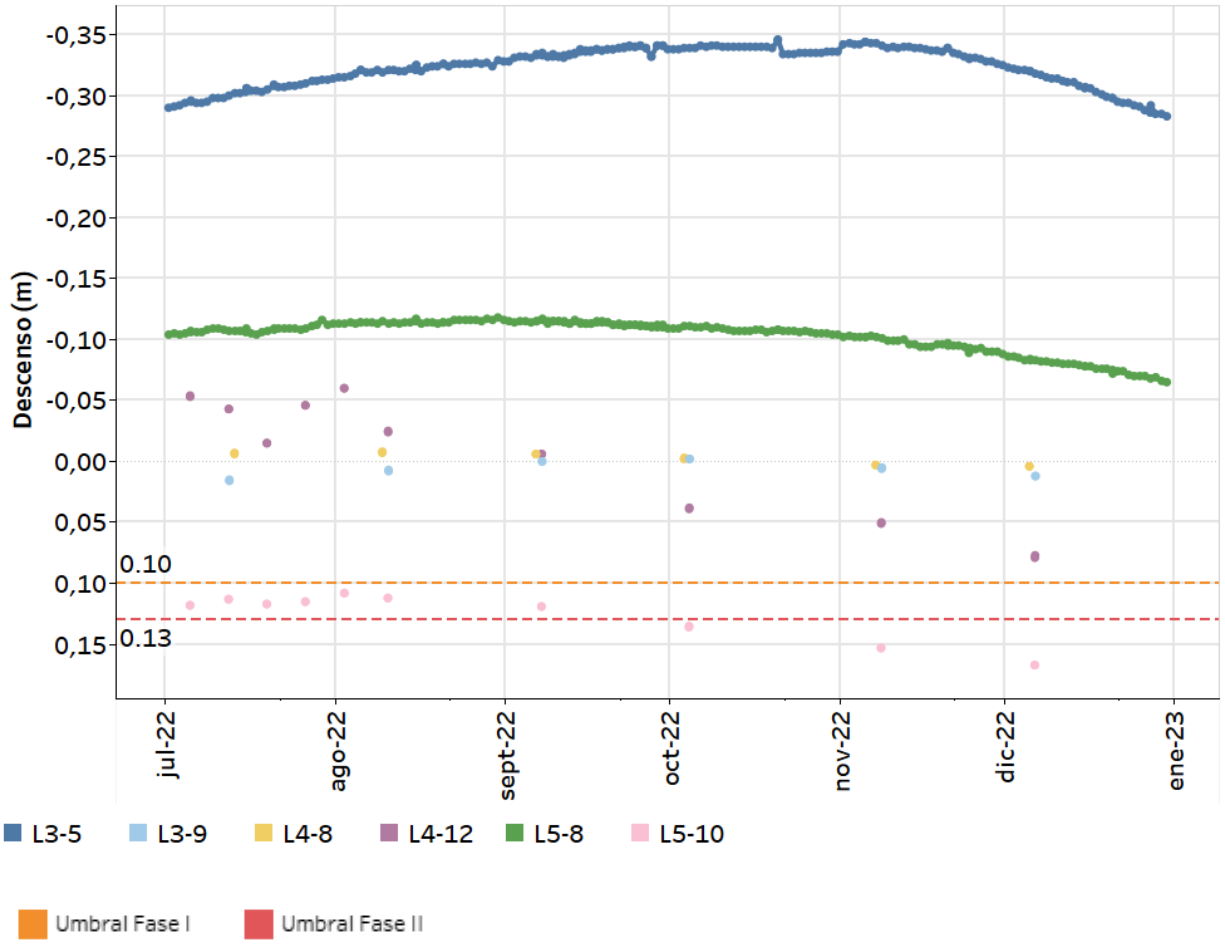
L4-12		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,054	-0,015
Ago 2022	-0,060	-0,024
Sep 2022	-0,006	-0,006
Oct 2022	0,038	0,039
Nov 2022	0,050	0,051
Dic 2022	0,077	0,079

L5-8		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,116	-0,104
Ago 2022	-0,118	-0,113
Sep 2022	-0,117	-0,109
Oct 2022	-0,111	-0,104
Nov 2022	-0,103	-0,088
Dic 2022	-0,086	-0,064

L5-10		
Umbral Fase I	0,10	
Umbral Fase II	0,13	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,113	0,118
Ago 2022	0,108	0,112
Sep 2022	0,119	0,119
Oct 2022	0,135	0,136
Nov 2022	0,153	0,153
Dic 2022	0,167	0,167

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

Figura 5-63: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN HIDROMORFA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Vegetación Hidromorfa son los piezómetros L7-3, L2-4, L3-5, L4-10, L1-17 y L2-27. La frecuencia de medición comprometida en estos 6 indicadores es diaria, de acuerdo con el PdC propuesto a la SMA. Adicionalmente al monitoreo manual, se cuenta con las mediciones continuas en el piezómetro L3-5, según lo comprometido en la RCA Nº226/2006.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-92) 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 SEGA, 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. Los indicadores de este grupo han registrado todos los niveles por sobre los umbrales de fase, por lo que no se ha registrado ninguna 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 5[47] del PdC.

[47] Ex acción 6 " Aumentar la frecuencia de monitoreo de indicadores de estado de Planes de Contingencia y del sector Peine".

Tabla 5-92: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este Vegetación Hidromorfa

L7-3		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,124	0,161
Ago 2022	0,098	0,122
Sep 2022	0,088	0,096
Oct 2022	0,088	0,099
Nov 2022	0,099	0,134
Dic 2022	0,135	0,177

L2-4		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,005	0,016
Ago 2022	-0,002	0,007
Sep 2022	-0,001	0,006
Oct 2022	0,003	0,014
Nov 2022	0,014	0,034
Dic 2022	0,036	0,061

L3-5		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,314	-0,290
Ago 2022	-0,329	-0,315
Sep 2022	-0,341	-0,328
Oct 2022	-0,346	-0,334
Nov 2022	-0,344	-0,325
Dic 2022	-0,323	-0,282

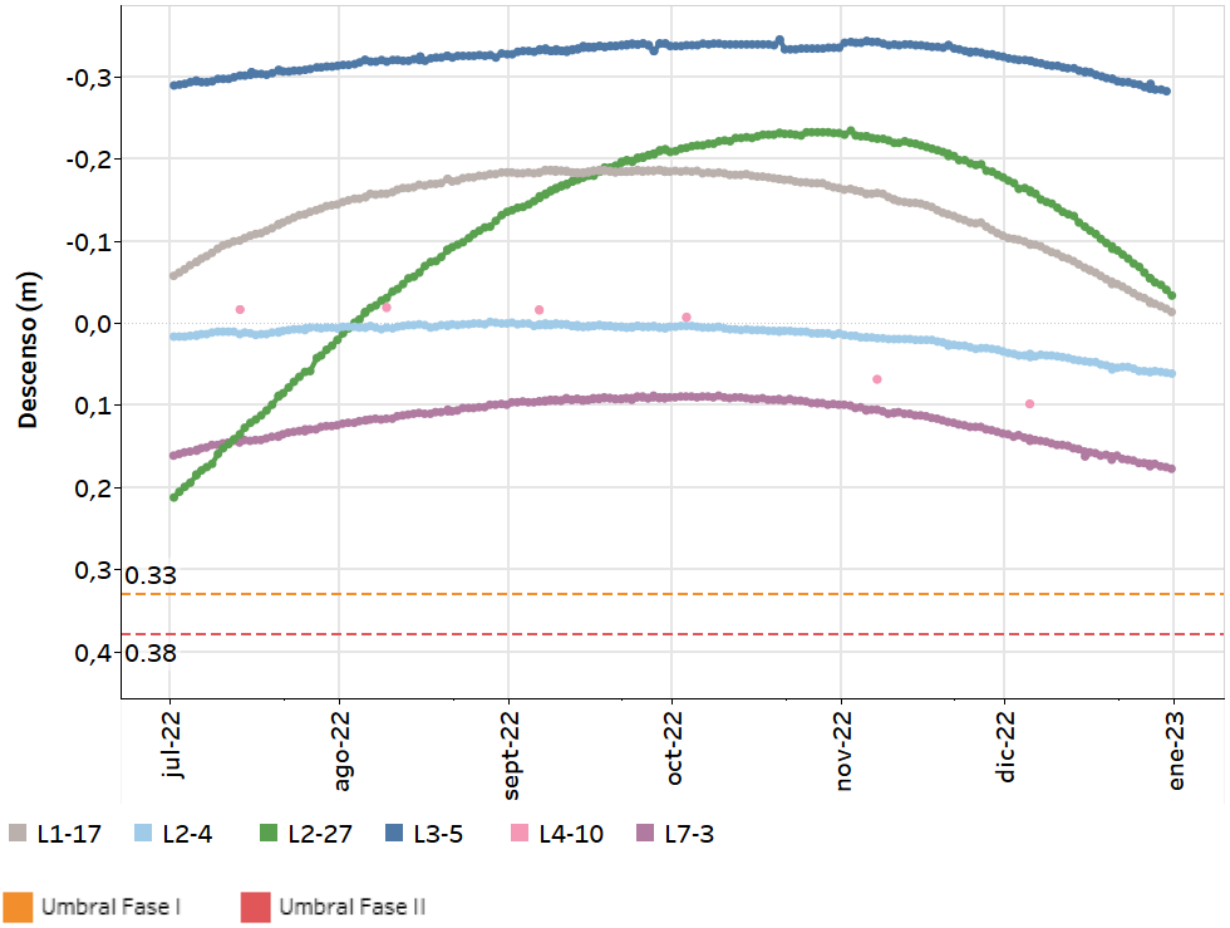
L4-10		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,017	-0,017
Ago 2022	-0,020	-0,019
Sep 2022	-0,017	-0,016
Oct 2022	-0,008	-0,007
Nov 2022	0,068	0,068
Dic 2022	0,098	0,098

L1-17		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,145	-0,058
Ago 2022	-0,184	-0,148
Sep 2022	-0,187	-0,183
Oct 2022	-0,186	-0,165
Nov 2022	-0,164	-0,107
Dic 2022	-0,104	-0,014

L2-27		
Umbral Fase I	0,33	
Umbral Fase II	0,38	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,020	0,212
Ago 2022	-0,136	0,012
Sep 2022	-0,212	-0,138
Oct 2022	-0,233	-0,210
Nov 2022	-0,235	-0,178
Dic 2022	-0,174	-0,034

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

Figura 5-64: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Brea-Atriplex son los piezómetros L1-3, L2-7, L2-28, L3-3, L4-7, L7-6 y L9-1. La frecuencia de medición en estos 7 indicadores está definida como diaria, de acuerdo con lo comprometido en el PdC. Adicionalmente al monitoreo manual, se disponen de mediciones continuas en el piezómetro L4-7, según lo comprometido en la RCA Nº 226/2006.

Los resultados del monitoreo para el presente periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-93) y gráfica (Figura 5-65). En la tabla se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales de la ETFA. 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 5 del PdC.

Tabla 5-93: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este- Vegetación Brea-Atriplex

L7-6		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,651	0,669
Ago 2022	0,641	0,658
Sep 2022	0,639	0,650
Oct 2022	0,631	0,645
Nov 2022	0,618	0,633
Dic 2022	0,614	0,628

L2-7		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,564	0,574
Ago 2022	0,551	0,563
Sep 2022	0,540	0,551
Oct 2022	0,530	0,541
Nov 2022	0,525	0,532
Dic 2022	0,525	0,536

L3-3		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,303	0,312
Ago 2022	0,293	0,303
Sep 2022	0,285	0,293
Oct 2022	0,284	0,288
Nov 2022	0,287	0,325
Dic 2022	0,326	0,374

L1-3		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,596	0,606
Ago 2022	0,584	0,596
Sep 2022	0,574	0,586
Oct 2022	0,566	0,575
Nov 2022	0,561	0,566
Dic 2022	0,564	0,579

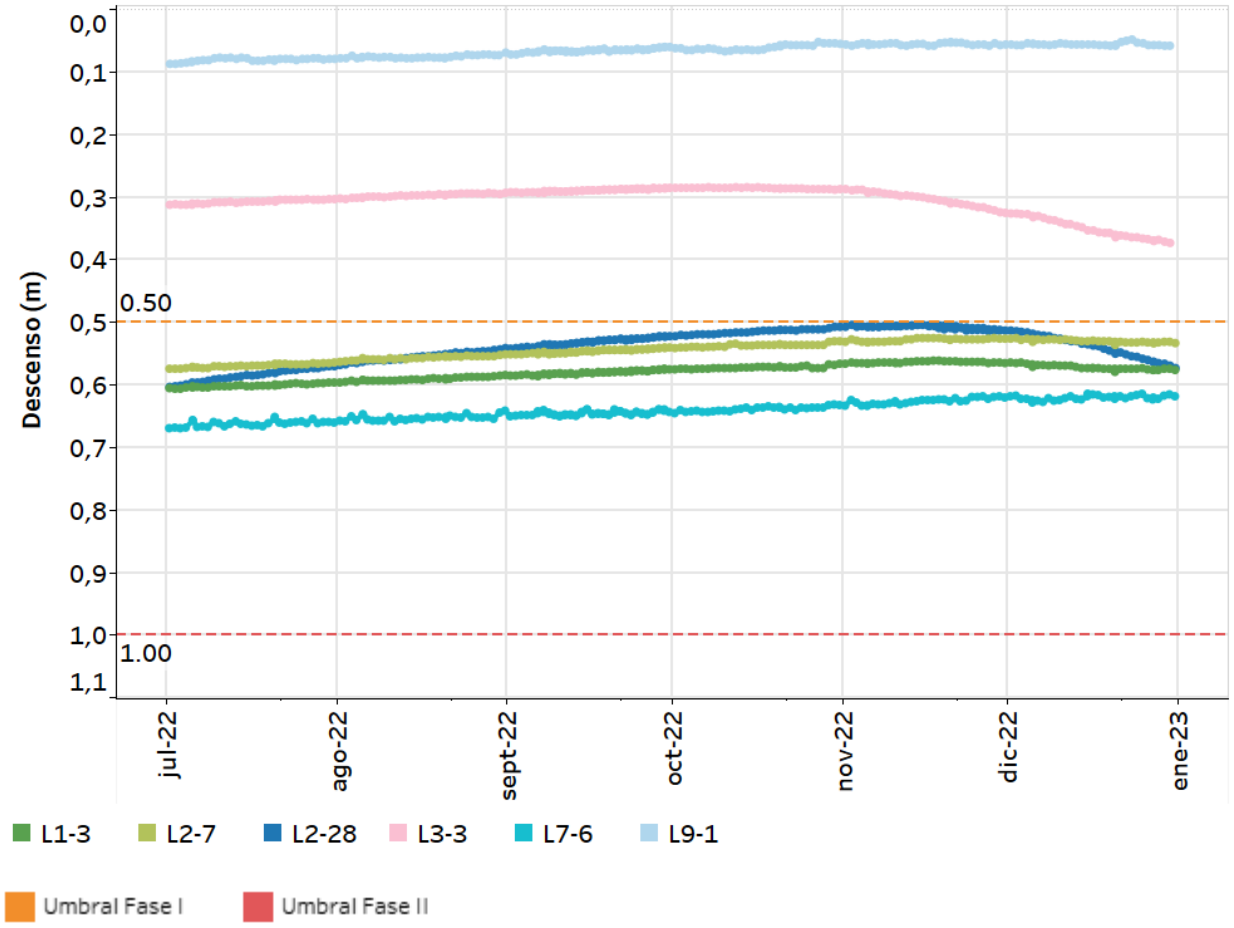
L2-28		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,570	0,603
Ago 2022	0,541	0,568
Sep 2022	0,522	0,542
Oct 2022	0,507	0,522
Nov 2022	0,504	0,514
Dic 2022	0,513	0,573

L4-7		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,023	0,029
Ago 2022	0,023	0,027
Sep 2022	0,024	0,029
Oct 2022	0,027	0,032
Nov 2022	0,029	0,035
Dic 2022	0,034	0,039

L9-1		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,077	0,087
Ago 2022	0,069	0,078
Sep 2022	0,060	0,072
Oct 2022	0,052	0,067
Nov 2022	0,052	0,058
Dic 2022	0,048	0,058

Fuente: Elaboración propia. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC.

Figura 5-65: 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 5-94) y gráfica (Figura 5-66, Figura 5-67, Figura 5-68 y Figura 5-69), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales de SEGEA y gráficamente se presentan todos los descensos diarios, incluyendo los umbrales de cada indicador y las mediciones de SQM (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, sin embargo, cuenta con al menos 2 mediciones mensuales tanto por parte de SEGEA como de SQM. 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 5-94: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes

L4-3		
Umbral Fase II	0,82	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-2,543	-2,463
Ago 2022	-2,514	-2,493
Sep 2022	-2,533	-2,509
Oct 2022	-2,545	-2,484
Nov 2022	-2,534	-2,507
Dic 2022	-2,535	-2,510

L2-25		
Umbral Fase II	0,88	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,062	-0,057
Ago 2022	-0,066	-0,061
Sep 2022	-0,069	-0,062
Oct 2022	-0,068	-0,064
Nov 2022	-0,068	-0,064
Dic 2022	-0,064	-0,057

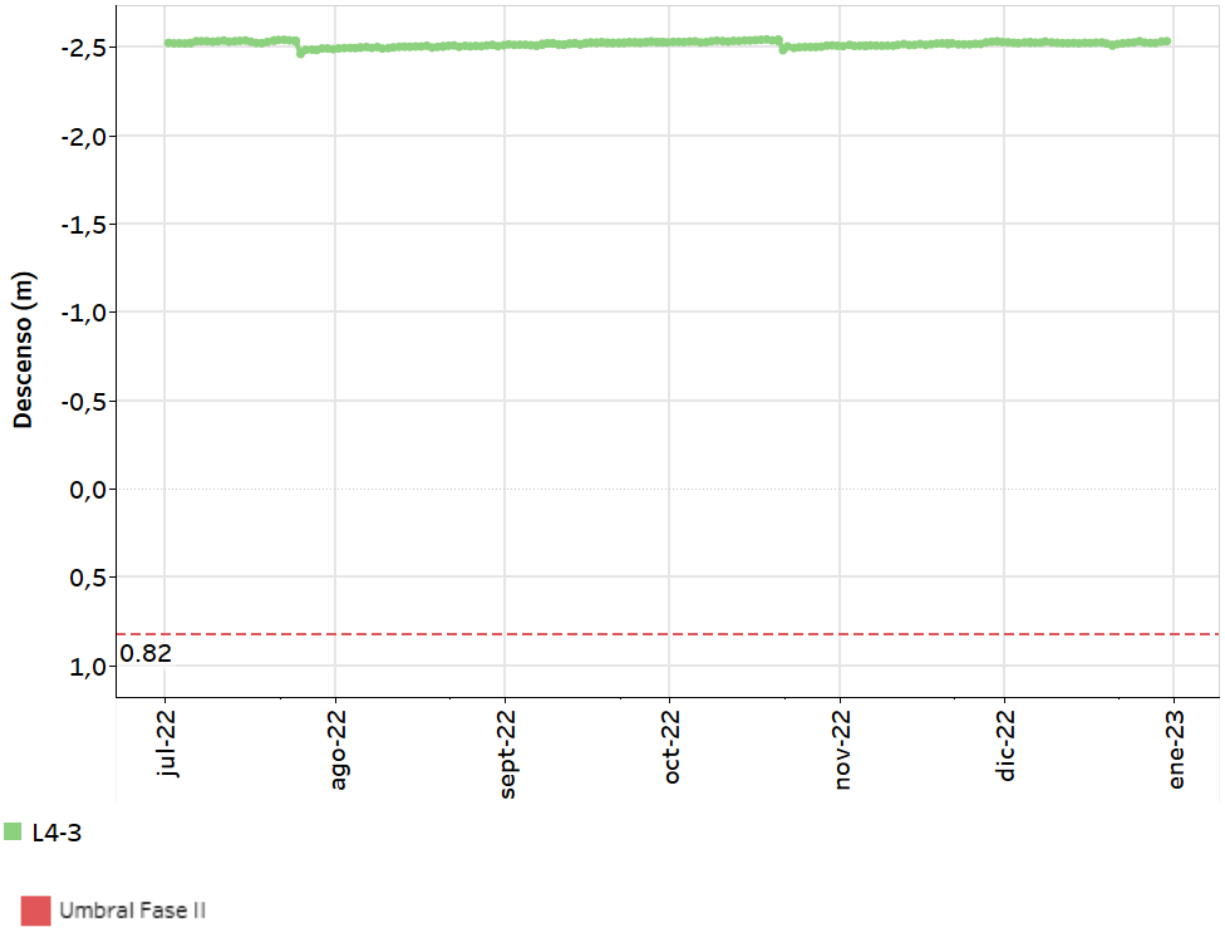
L7-13		
Umbral Fase II	1,25	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,529	0,541
Ago 2022	0,516	0,529
Sep 2022	0,508	0,519
Oct 2022	0,498	0,510
Nov 2022	0,489	0,499
Dic 2022	0,487	0,494

L3-11		
Umbral Fase II	0,86	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,048	0,048
Ago 2022	0,045	0,045
Sep 2022	0,043	0,043
Oct 2022	0,041	0,042
Nov 2022	0,044	0,045
Dic 2022	-0,054	0,047

L9-1		
Umbral Fase II	0,86	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,077	0,087
Ago 2022	0,069	0,078
Sep 2022	0,060	0,072
Oct 2022	0,052	0,067
Nov 2022	0,052	0,058
Dic 2022	0,048	0,058

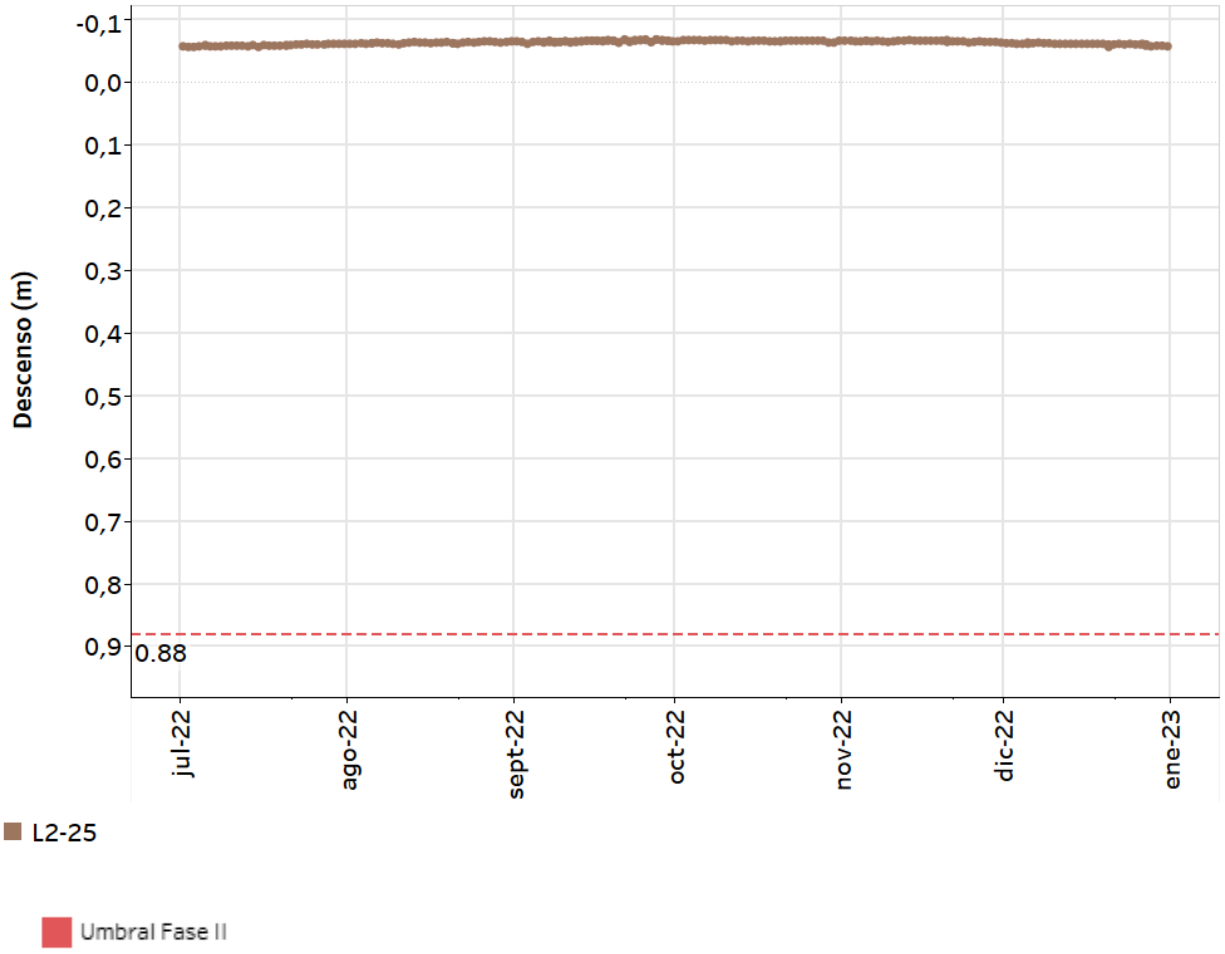
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información.

Figura 5-66: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



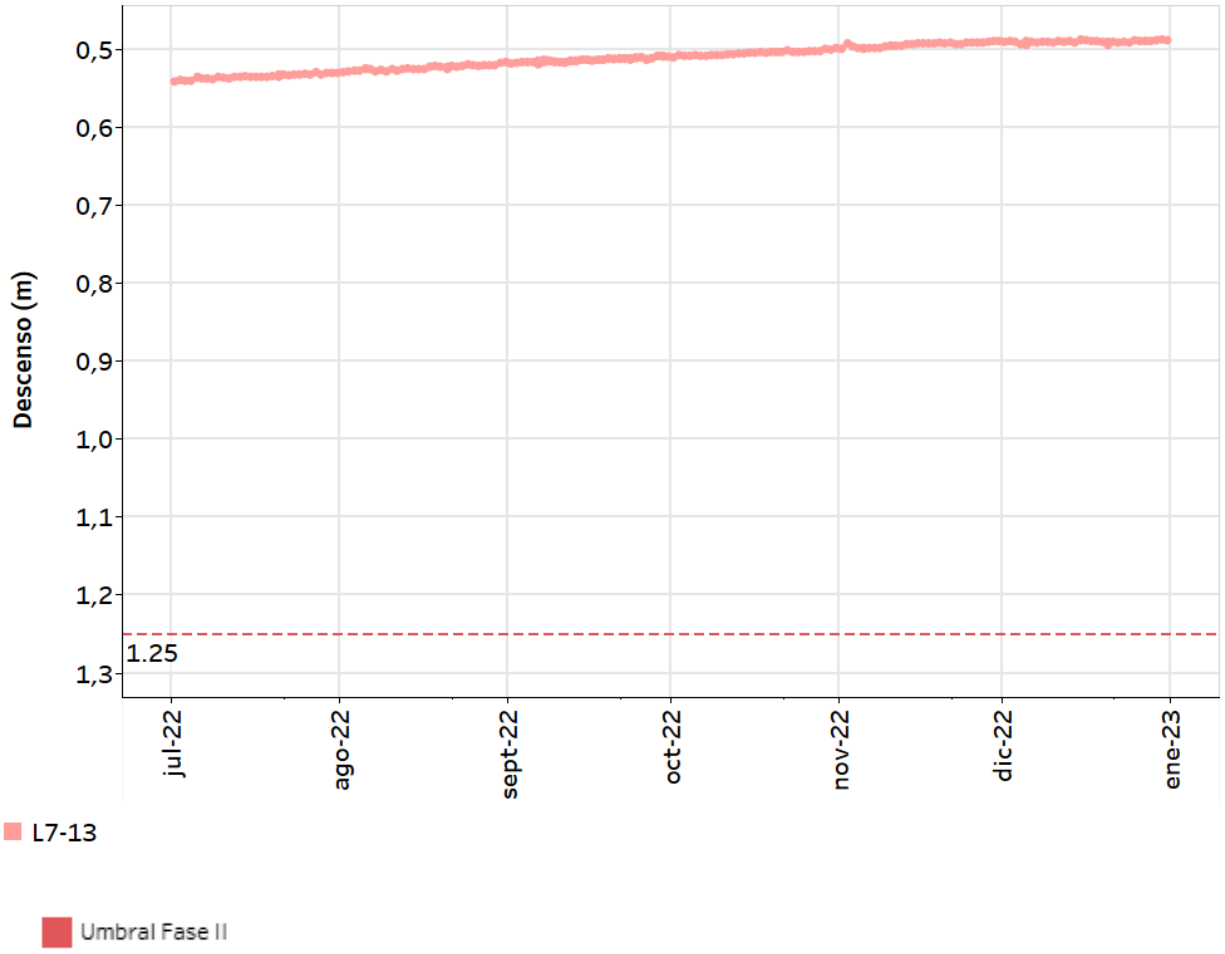
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-67: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



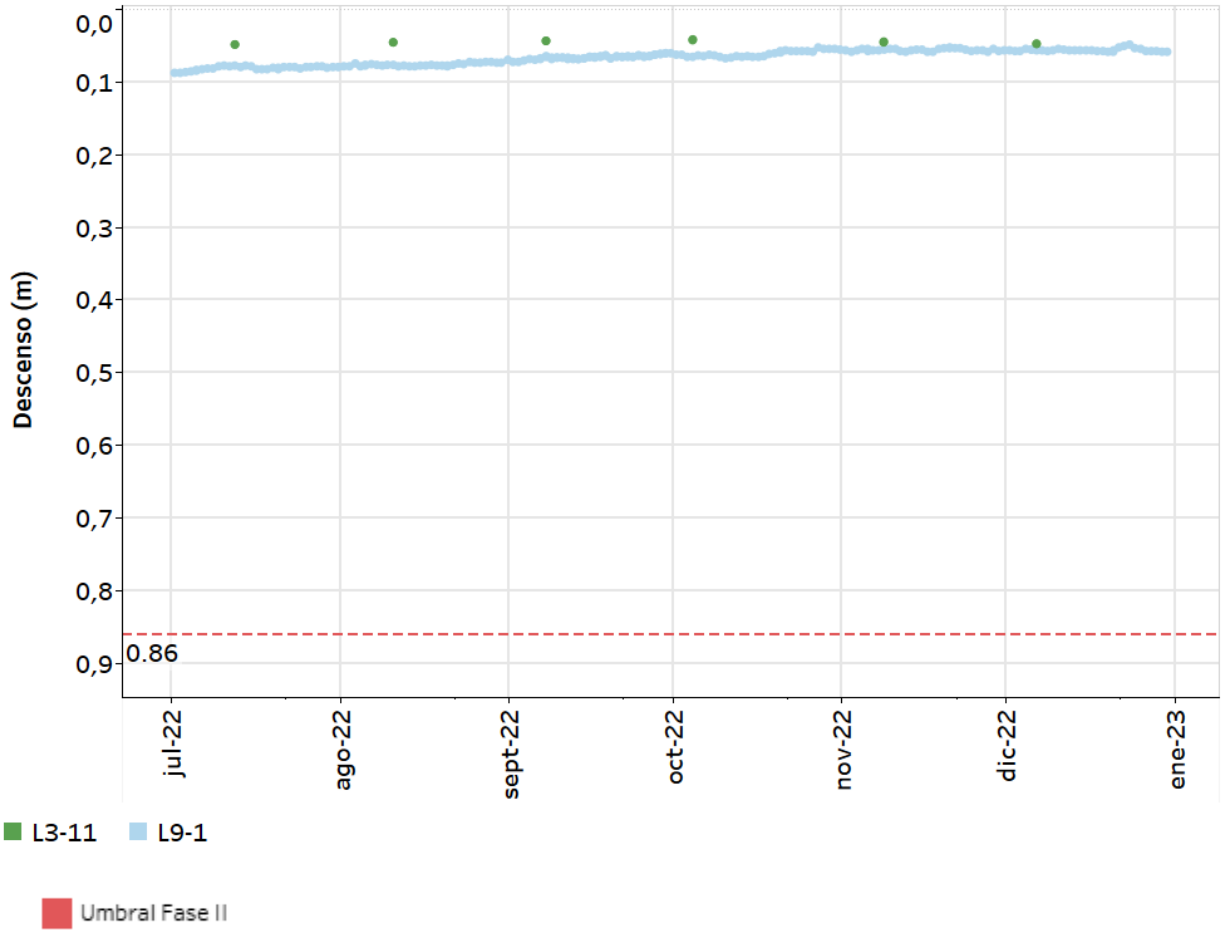
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-68: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-69: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 SISTEMA PEINE

Los indicadores de estado que representan el Sistema de Peine están definidos en el marco del procedimiento administrativo Rol F-041-2016 de la SMA; como ya se ha descrito en el capítulo 4, se contemplan los indicadores de estado y umbrales de activación de fase I y/o II definidos en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto en el procedimiento F-041-2016, y cuyo cumplimiento fue exigido en el marco de las medidas provisionales dictadas mediante Res. Ex. N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, y renovadas a través de Res. Ex. N°2141/2020, de 28 de octubre de 2020, tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA Nº226/2006 (piezómetros 1028, L10-11 y L10-4), como a los piezómetros PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA Nº. 21/2016 del proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama", del titular Albemarle (ex Rockwood)[48]. Las especificaciones y fundamentos técnicos de estos indicadores, umbrales y medidas de control aplicables al sistema Peine se presentan en los anexos 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 del PdC propuesto a la SMA, los que se adjuntan en el Anexo 13 del presente informe.

Para los piezómetros pertenecientes a SQM, el PC provisorio compromete el contraste entre las mediciones efectuadas con frecuencia diaria respecto a los umbrales establecidos en el PdC[49]. 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.

[48] Adicionalmente, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. N°2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

[49] Actual accion 42 (Ex accion 33): Aplicar los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto calificado mediante RCA 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.

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 5-95) 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 ETFA SEGEA (medidas comprometidas) junto con las mediciones mensuales adicionales de SQM. Todos los niveles de agua se expresan en m s.n.m. y datum WGS-84 considerando elipsoide de referencia GRS80.

Durante el segundo semestre de 2022 se han prolongado las activaciones de Fase I que se describieron para el semestre pasado en el informe PSAH N°31. 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 indicador L10-11 registra un nivel bajo el umbral de Fase I posterior al retorno de tendencia de descenso de las ultimas precipitaciones de marzo (2022) activando 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 semestre anteriormente reportado – Informe PSAH N°31), 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 mediante la carta GMAL 209/2022. 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 8 de noviembre (2022) a través de la carta GMAL 209/2022.

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.

Tabla 5-95: 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
Jul 2022	2.299,650	2.299,664
Ago 2022	2.299,637	2.299,654
Sep 2022	2.299,625	2.299,640
Oct 2022	2.299,609	2.299,623
Nov 2022	2.299,606	2.299,616
Dic 2022	2.299,596	2.299,607

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

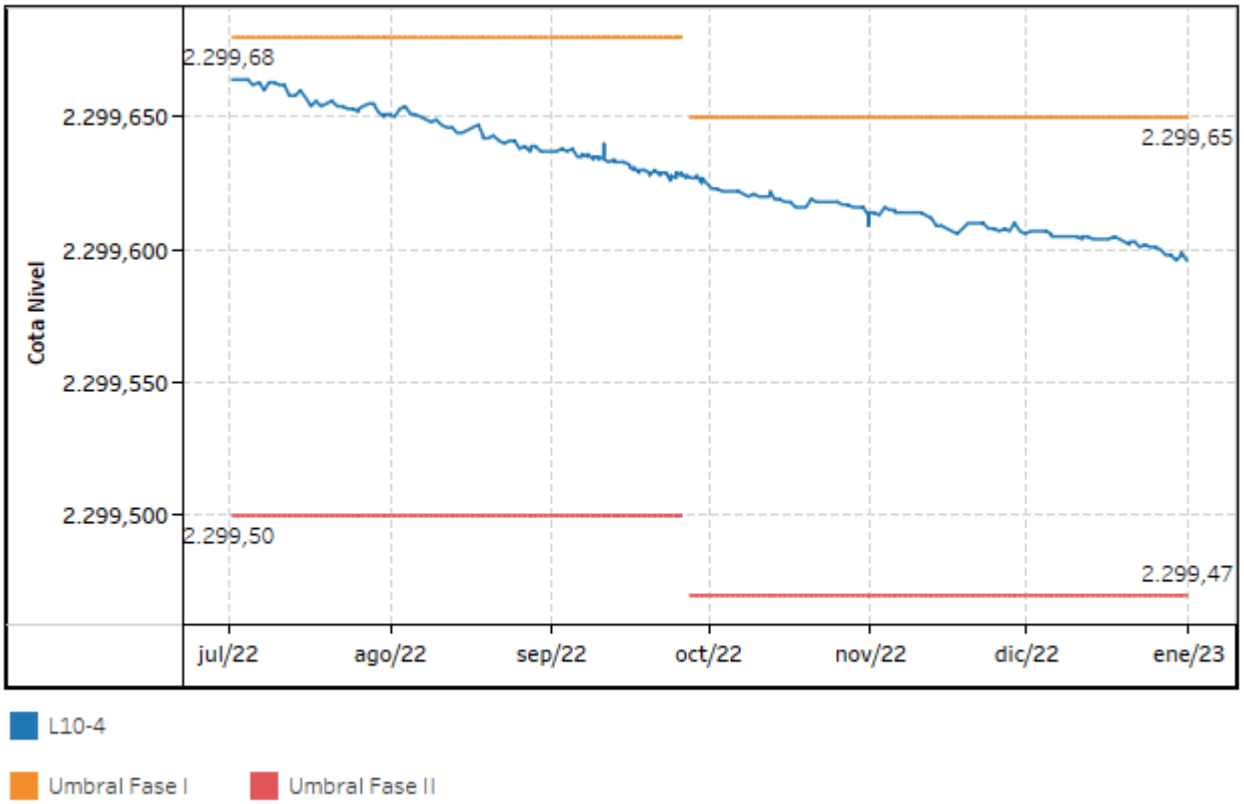
Mes	Nivel (m s.n.m.) Min	Max
Jul 2022	2.299,302	2.299,316
Ago 2022	2.299,286	2.299,306
Sep 2022	2.299,275	2.299,291
Oct 2022	2.299,269	2.299,275
Nov 2022	2.299,264	2.299,273
Dic 2022	2.299,258	2.299,269

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
Jul 2022	2.299,200	2.299,218
Ago 2022	2.299,189	2.299,206
Sep 2022	2.299,178	2.299,191
Oct 2022	2.299,171	2.299,177
Nov 2022	2.299,171	2.299,177
Dic 2022	2.299,166	2.299,174

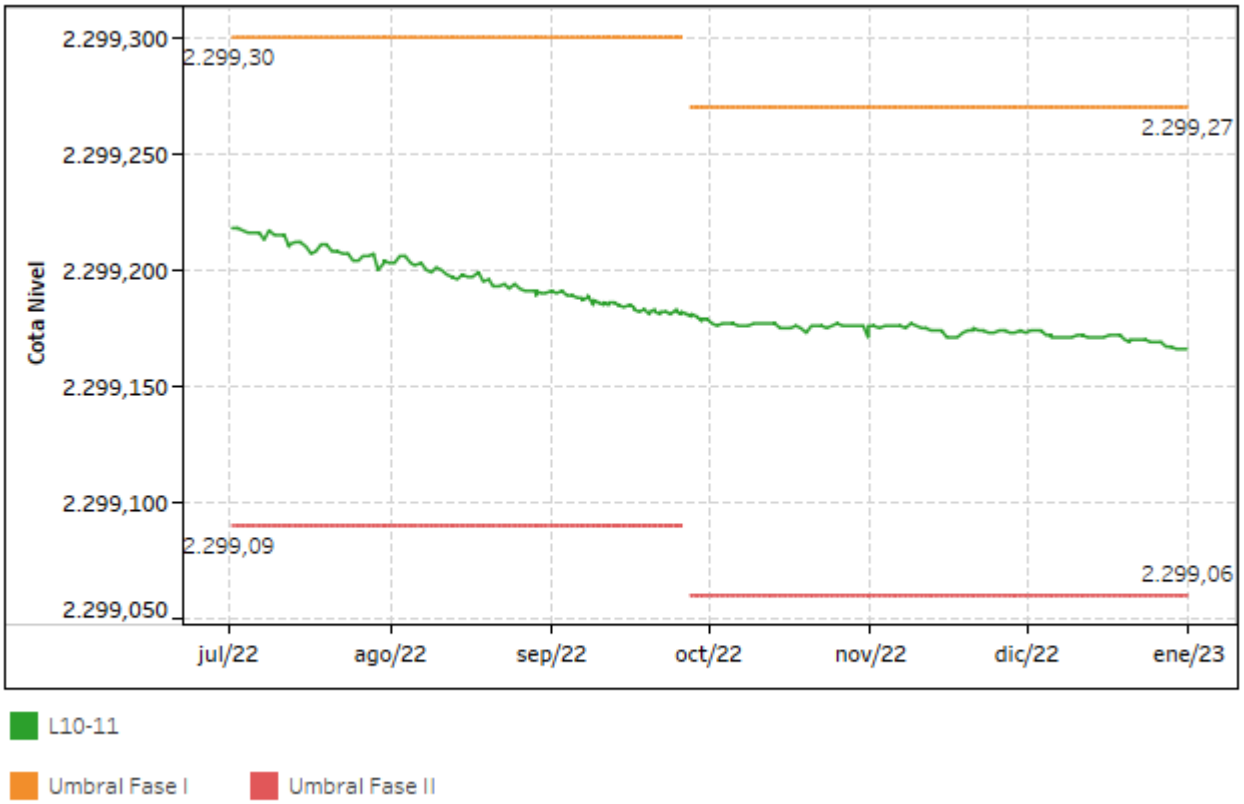
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-70: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine



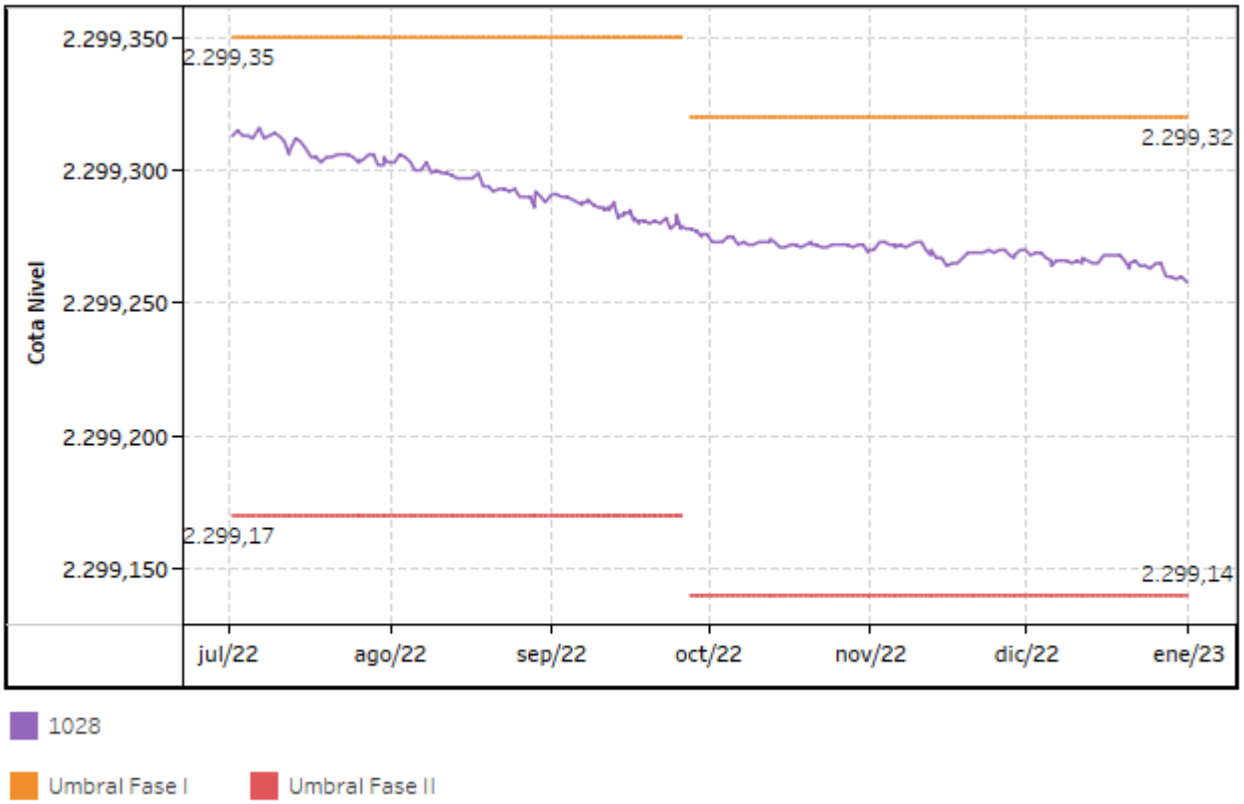
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-71: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-72: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.7 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIAS

Dentro del Plan de Contingencias (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 5-96[50].

Tabla 5-96: 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.

[50] 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.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-97) 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 ETFA SEGEA y gráficamente se muestran todos los descensos diarios incluyendo los umbrales de cada indicador y las mediciones de SQM (en forma de descenso calculado).

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes.

Tabla 5-97: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este

L2-25		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	0,94	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	-0,062	-0,057
Ago 2022	-0,066	-0,061
Sep 2022	-0,069	-0,062
Oct 2022	-0,068	-0,064
Nov 2022	-0,068	-0,064
Dic 2022	-0,064	-0,057

L4-17		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,016	0,027
Ago 2022	0,005	0,016
Sep 2022	-0,002	0,007
Oct 2022	-0,007	S/I
Nov 2022	-0,007	0,003
Dic 2022	0,004	0,029

L7-14		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,085	0,107
Ago 2022	0,069	0,084
Sep 2022	0,053	0,068
Oct 2022	0,043	0,054
Nov 2022	0,042	0,047
Dic 2022	0,045	0,064

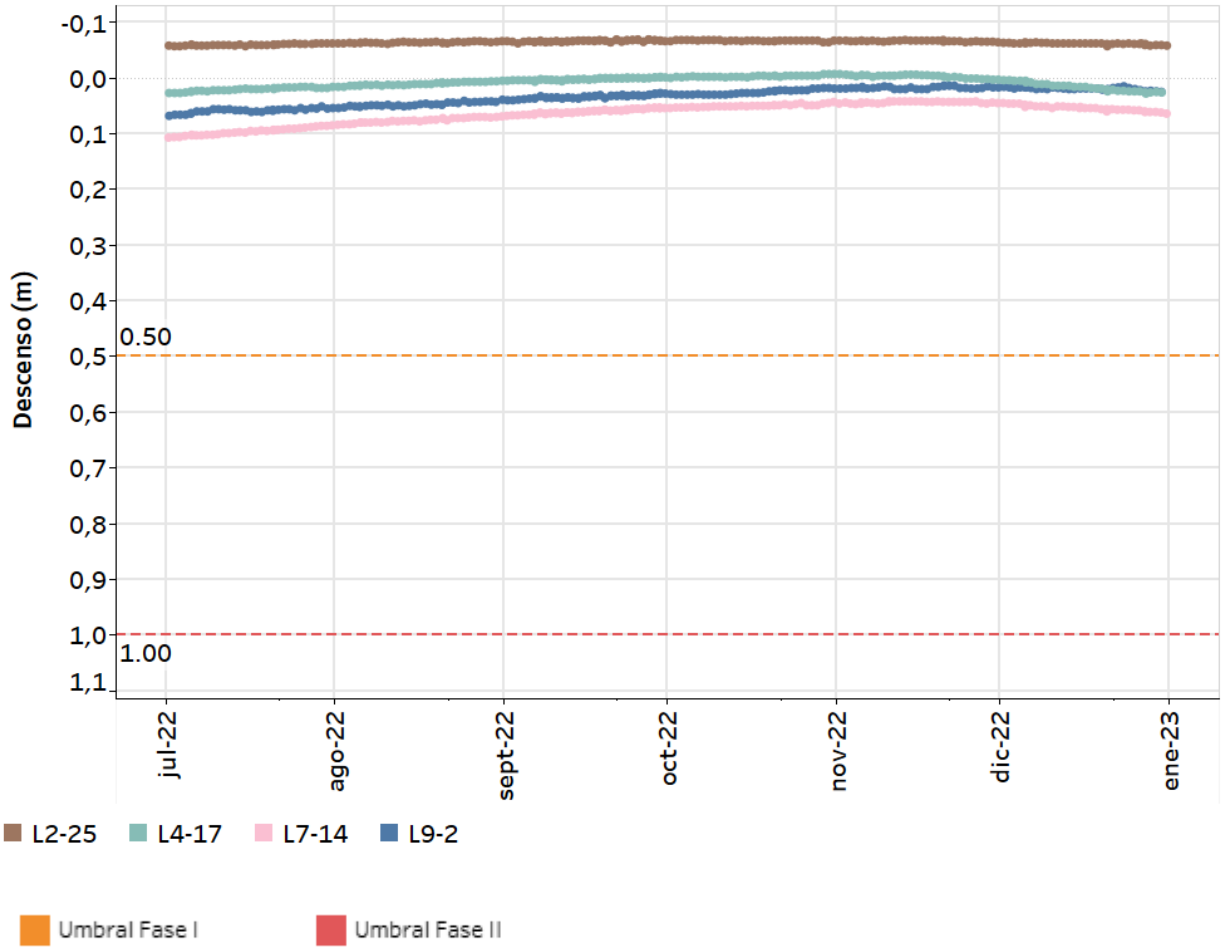
L9-2		
Umbral Fase I	0,50	
Umbral Fase II	1,00	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,051	0,068
Ago 2022	0,039	0,054
Sep 2022	0,027	0,040
Oct 2022	0,018	0,030
Nov 2022	0,014	0,020
Dic 2022	0,015	0,025

L2-26		
Umbral Fase II	0,78	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,531	0,547
Ago 2022	0,519	0,534
Sep 2022	0,508	0,520
Oct 2022	0,498	0,509
Nov 2022	0,488	0,500
Dic 2022	0,489	0,501

L3-15		
Umbral Fase II	0,85	
Mes	Descenso (m)	
	Min	Max
Jul 2022	0,681	0,694
Ago 2022	0,673	0,684
Sep 2022	0,666	0,674
Oct 2022	0,660	0,668
Nov 2022	0,657	0,667
Dic 2022	0,665	0,686

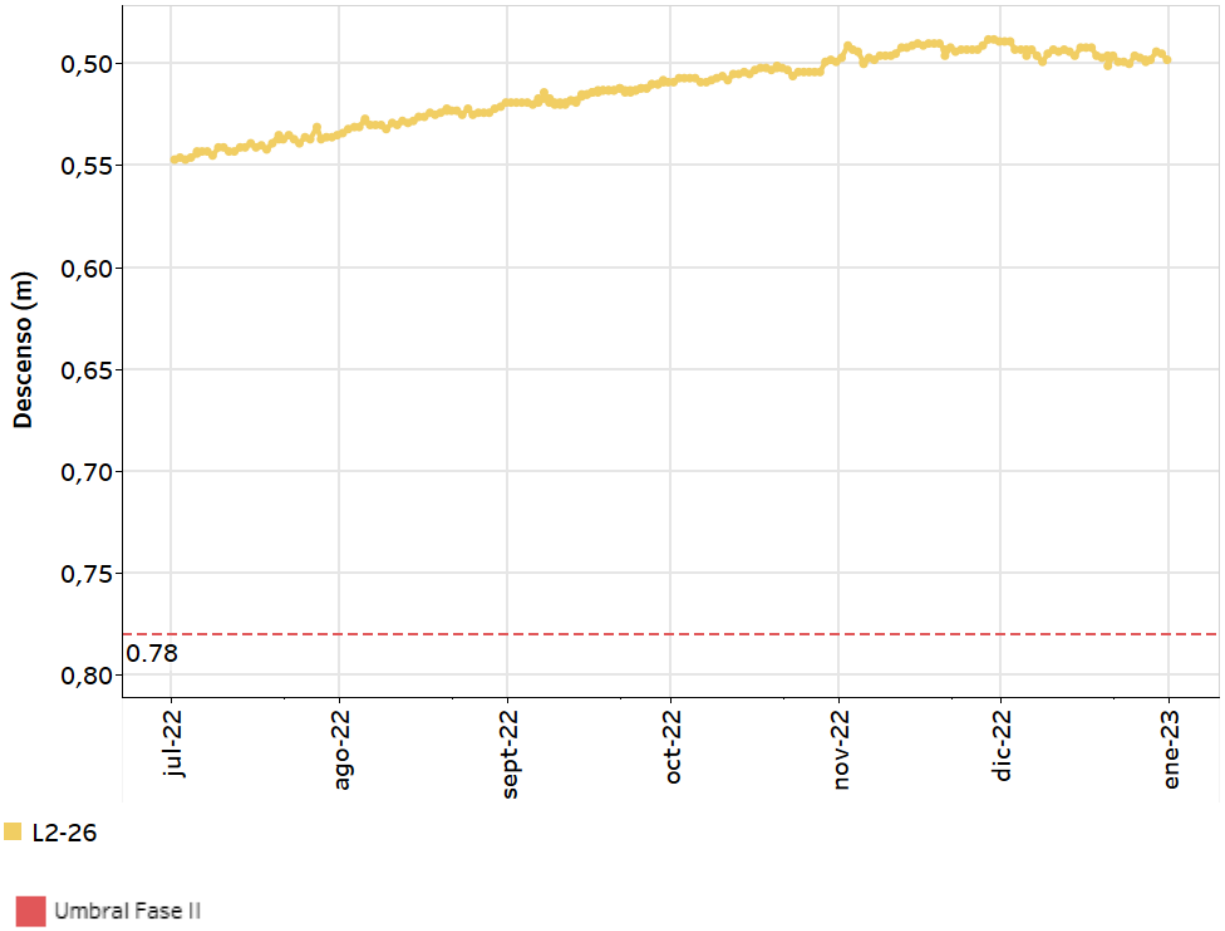
Fuente: Elaboración propia.

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



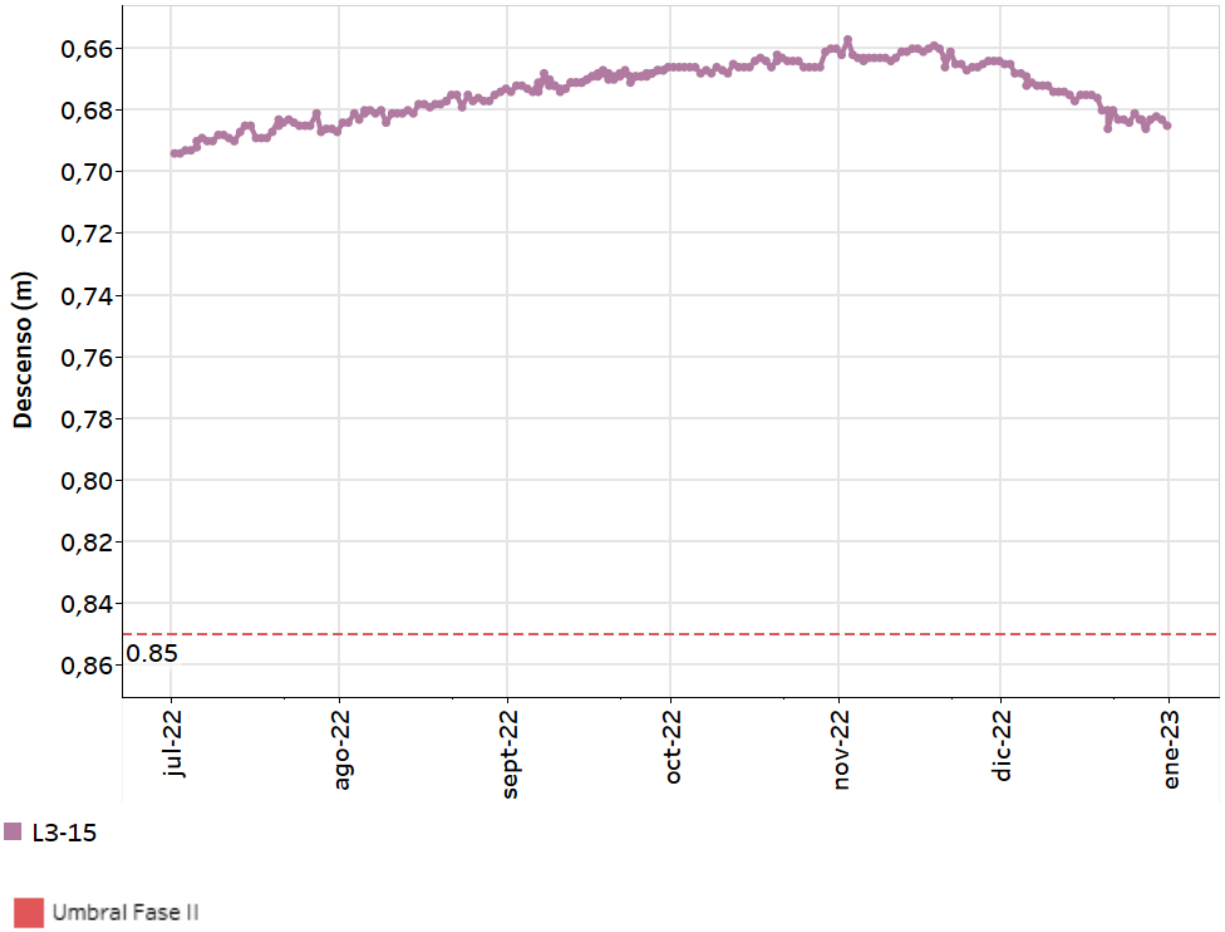
Fuente: Elaboración propia.

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.

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 expone uno por uno:

i. **Estacionalidad en los niveles**: cuando los niveles están influenciados por las componentes naturales del medio (atmosféricas), suelen presentar una fuerte estacionalidad (registro de los máximos durante los meses de invierno y los mínimos en los meses de verano). Es esperable reconocer este tipo de comportamiento en medios donde hay una fuerte influencia de la evaporación o influencia de la dinámica estacional y propia de los cuerpos lagunares. Para este análisis resulta también relevante caracterizar aquellos niveles que se presentan sin evidencia de variabilidad estacional. Significa, entonces, que los niveles reflejan eventos puntuales como, por ejemplo, la respuesta directa a los eventos de precipitación y su posterior recuperación a una tendencia base.

ii. **Tendencias en los niveles**: se identifica la tendencia de descenso, ascenso o estable (ni ascenso ni descenso) para la serie promedio de los datos. En ocasiones es conveniente fijar la atención a la tendencia de los mínimos y los máximos de forma separada, ya que en estos casos los fenómenos que rigen el comportamiento de los niveles pueden ser distintos entre los meses de invierno y verano.

iii. **Cálculo del descenso**: este recurso se usa en las ocasiones en que es necesario analizar el comportamiento conjunto de niveles en pozos que se encuentran a cotas piezométricas muy

distantes. De esta forma, el gráfico resultante permite identificar las variaciones a una escala mucho más adecuada cuando el objetivo es, por ejemplo, comparar las pendientes de descenso entre los puntos graficados, la amplitud de la oscilación o el grado de respuesta a las precipitaciones. El cálculo del descenso se ha obtenido a partir de aplicar la siguiente expresión: $h'_t = h_{inicial} - h_t$, donde (h'_t) es el descenso en un tiempo (t), (h_t) es el nivel para el mismo tiempo (t) y ($h_{inicial}$) es un nivel inicial de referencia. A modo de unificar, cuando se requiere el cálculo del descenso en el análisis, se toma enero de 2008 como $h_{inicial}$ con el objetivo de asegurar un valor inicial para todos los pozos para la misma fecha inicial, dado que es a partir de esta fecha cuando el total de los puntos cuenta con mediciones de nivel.

iv. **Diferencias de altura piezométrica**: Se basa en el concepto de las redes de flujo, donde los niveles situados a una misma cota (m s.n.m.) constituyen las líneas equipotenciales, de esta forma, las direcciones de flujo son perpendiculares a éstas y en sentido de mayor a menor cota piezométrica.

v. **Efecto de la precipitación:** una característica que se puede identificar sobre los niveles es el efecto que les produce un evento de recarga por lluvia; permite diferenciar si el punto se ve influenciado de forma directa por la lluvia (respuesta inmediata) o bien en forma de recarga indirecta o lateral (respuesta más tardía y en ocasiones suavizada). Todos los gráficos de niveles (no dinámicos) se muestran con el registro de la estación meteorológica de Chaxa, que es la estación más representativa de la zona en la que se encuentra la red de monitoreo y los sistemas a proteger, especialmente, del sector norte del Salar.

La metodología de análisis de la calidad química de las aguas se enfoca principalmente en evaluar tendencias generales mediante la evolución temporal para los distintos parámetros con el objetivo evidenciar posibles cambios en el funcionamiento de los sistemas y, en lo posible, tratar de atribuir el origen de éstos. Así mismo, se comprueba que los cambios que se observen muestren correlación entre varios parámetros fisicoquímicos y químicos, ya que resulta muy poco probable que un cambio en la calidad del agua se produzca para un único parámetro. De forma indirecta, el análisis y la información levantada sirve también de mejora en el conocimiento del modelo conceptual del sistema que permite elaborar otros trabajos sobre la cuenca.

Para aquellos puntos con información disponible se realizan diagramas de Piper, que permiten clasificar los distintos tipos de agua en la cuenca y también evaluar si existen cambios en el registro histórico de estos puntos.

Los aforos se han analizado partiendo de algunos conceptos similares al de los niveles, como el efecto de los eventos de precipitación o la estacionalidad. Respecto de las variables meteorológicas, son mediciones que no pueden analizarse más allá de una descripción cualitativa y cuantitativa general ya que, para el propósito de este trabajo, los datos 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 segundo semestre de 2022. De esta forma se facilita visualmente el análisis del comportamiento medido en este periodo con respecto las tendencias históricas.

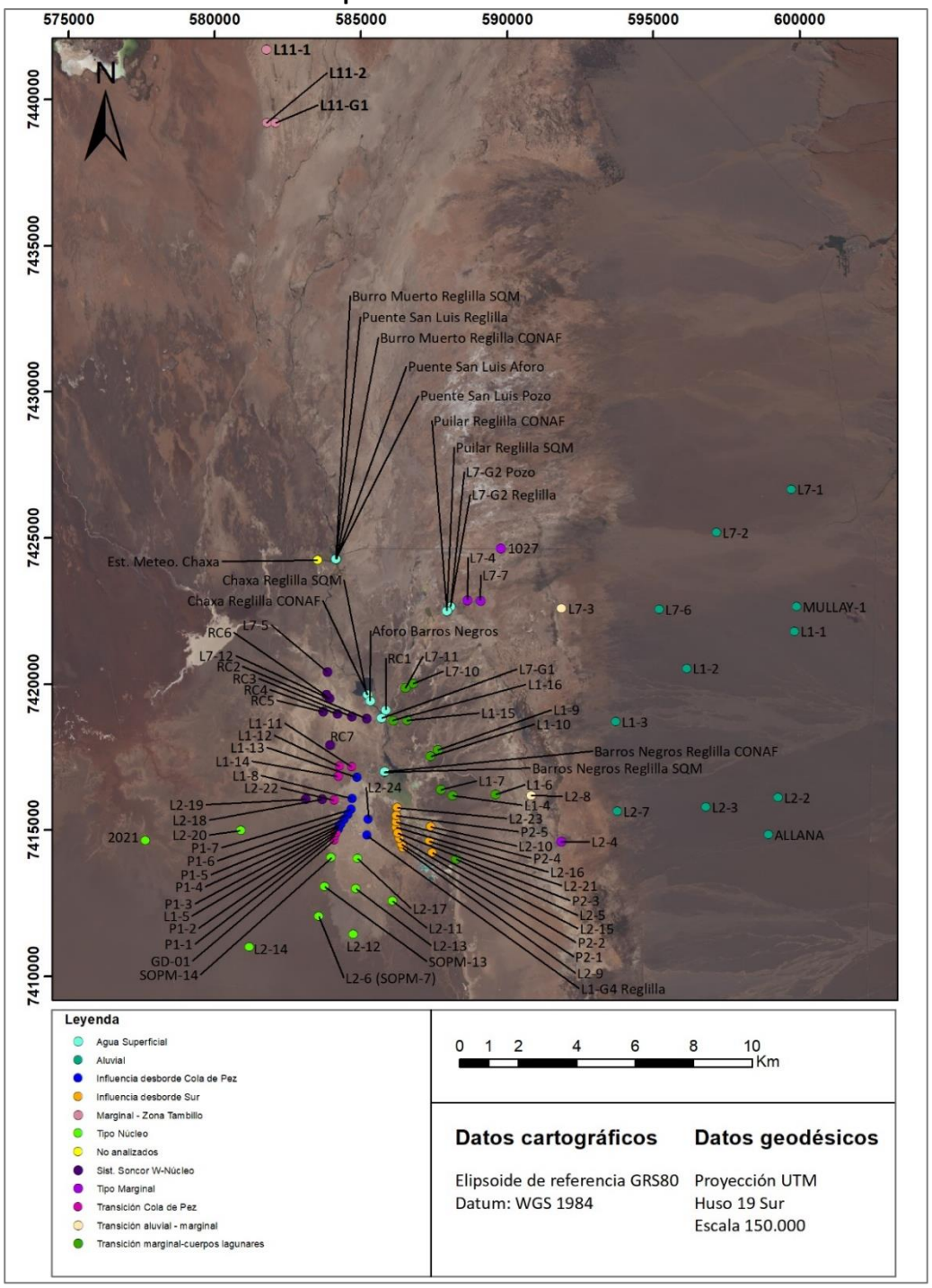
6.1.1 SISTEMA SONCOR – VEGETACIÓN BORDE ESTE

Para esta descripción se cuenta con una delimitación del sistema Soncor aproximada, en que se consideran los puntos desde el acuífero aluvial y hasta el núcleo y que incluye todo el sistema hidrológico de las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros (ver Figura 6-1). De esta forma los puntos que se describen en este apartado son los que RCA N°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, 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 segundo 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 que la Figura 6-2 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%[51].

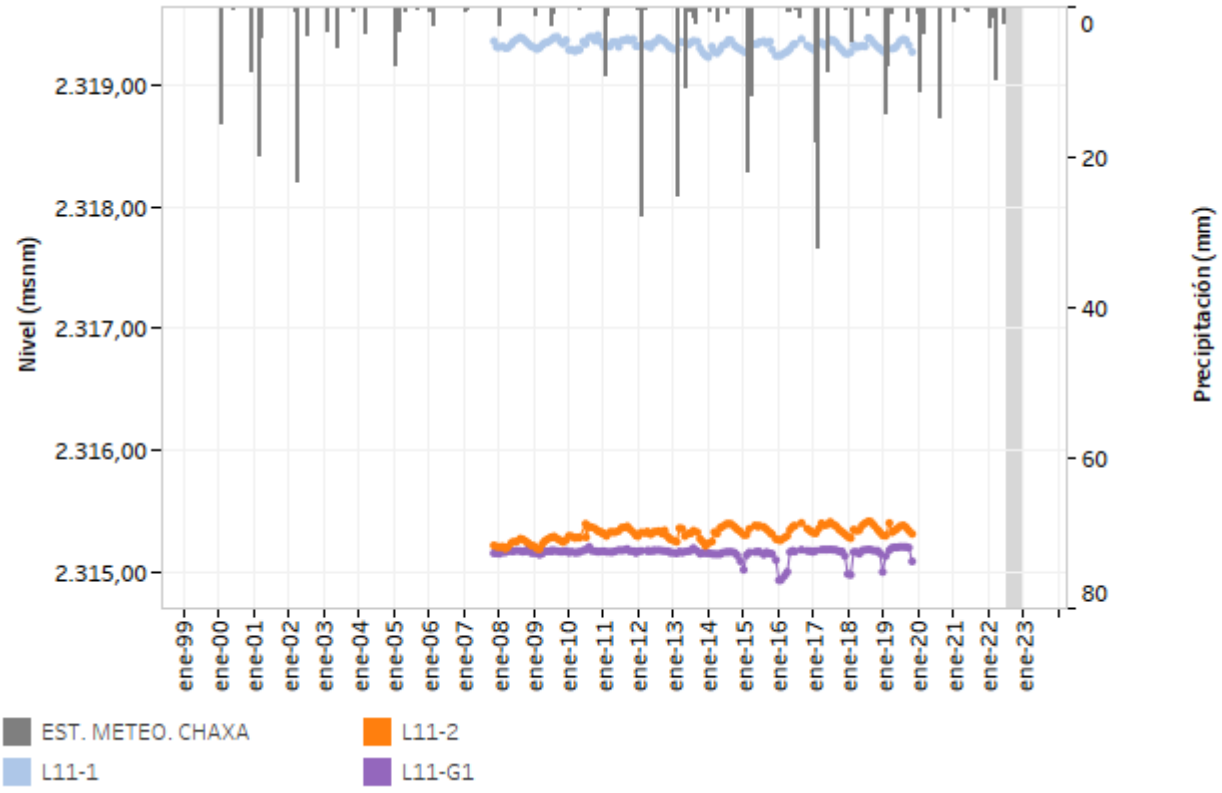
En la Figura 6-3, se observa con más detalle el comportamiento histórico del nivel en estos puntos. Puede verse como todos muestran una oscilación irregular que, por lo tanto, no estaría ligada solo a las variaciones estacionales interanuales. Se destaca que, para el periodo en que se dispone de datos (hasta octubre 2019), el L11-G1 se ha mantenido estable y sin tendencia, 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 L11-2 empezó a registrar un comportamiento con tendencia de ascenso

[51] 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.

y que se mantiene hasta la última fecha registrada (octubre 2019), mientras que el L11-1 ha mantenido un comportamiento con tendencia prácticamente nula.

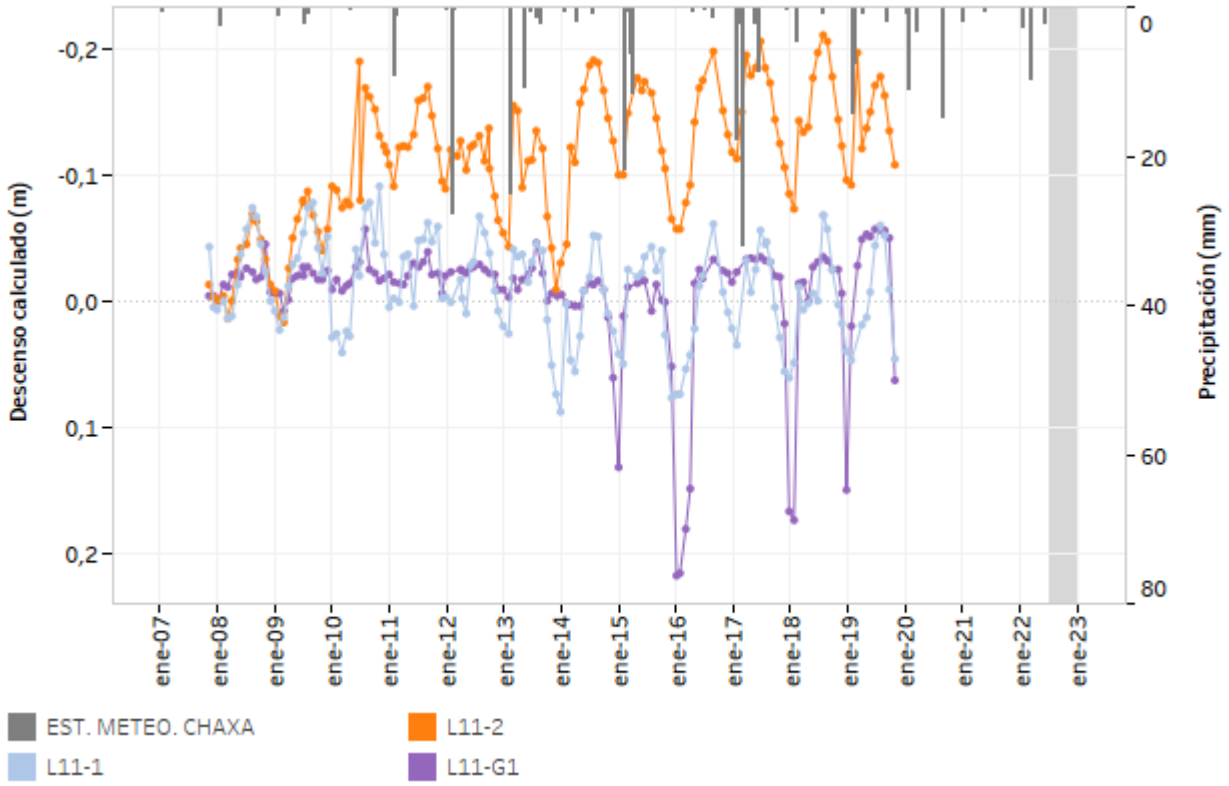
Como ya se ha mencionado, estos tres puntos no han podido ser visitados desde octubre 2019, por lo que no se puede actualizar el análisis de los niveles a partir de esta fecha.

Figura 6-2: Niveles medidos en los puntos del sector Tambillo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-3: Descensos calculados de los puntos del sector de Tambillo



Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.1.2 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

En el sistema Soncor, los pozos de agua industrial presentes son el Mullay-1 (ubicado más al norte del sistema) y el Allana. En la Figura 6-4 se muestran los niveles hasta el mes de diciembre 2022. 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.

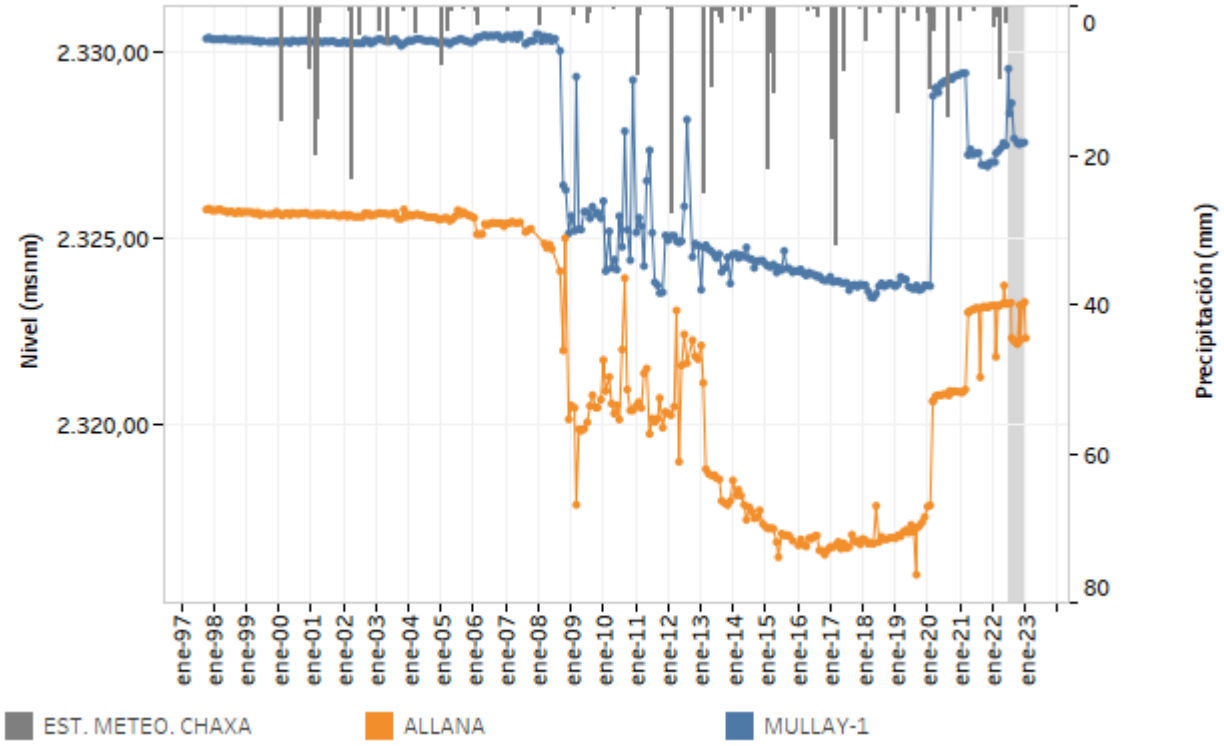
El pozo Allana mostraba un descenso constante entre 2013 y mediados del 2016. A partir de entonces se empezó a medir una recuperación del nivel, cuya tasa aumentó en 2018, sin que este pozo hubiera modificado su caudal de extracción. Por lo que este cambio en la tendencia del nivel puede ser debido a 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 20 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; a partir de entonces se observa una leve recuperación cuya tasa es de unos 0,10 cm/año.

Por su lado, el pozo Mullay-1 ascendió el nivel 5 metros en el mes de febrero 2020 debido a la detención del mismo pozo. Desde entonces mantuvo una leve tendencia de recuperación (ascenso), alcanzando los 2.329,43 m.s.n.m. en el mes de febrero 2021. Debido al inicio de la operación de nuevo, con un régimen a la mitad del caudal históricamente extraído, en marzo 2021 se notó en el nivel un descenso de 2 metros para ese mismo mes. Desde entonces, el nivel se ha mostrado con un ascenso permanente de unos 22 cm/año.

Para ambos puntos, se mantiene durante el segundo semestre 2022 el comportamiento descrito anteriormente. Esto también debido a que el régimen de extracciones en el acuífero aluvial también se ha mantenido estable en los últimos meses.

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 se encuentra 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, así como otras hipótesis del desbalance histórico que se han observado en este tipo de cuencas endorreicas; 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.

De esta forma, y con la información disponible desde 2007, se observa en este grupo de pozos una tendencia de descenso que se interpreta como una etapa de transición hacia un nuevo equilibrio; se ha detectado que en una época anterior se produjo un máximo de recarga desde la cordillera oriental la cual se sobrepone el efecto inducido por la explotación de agua industrial de los pozos.

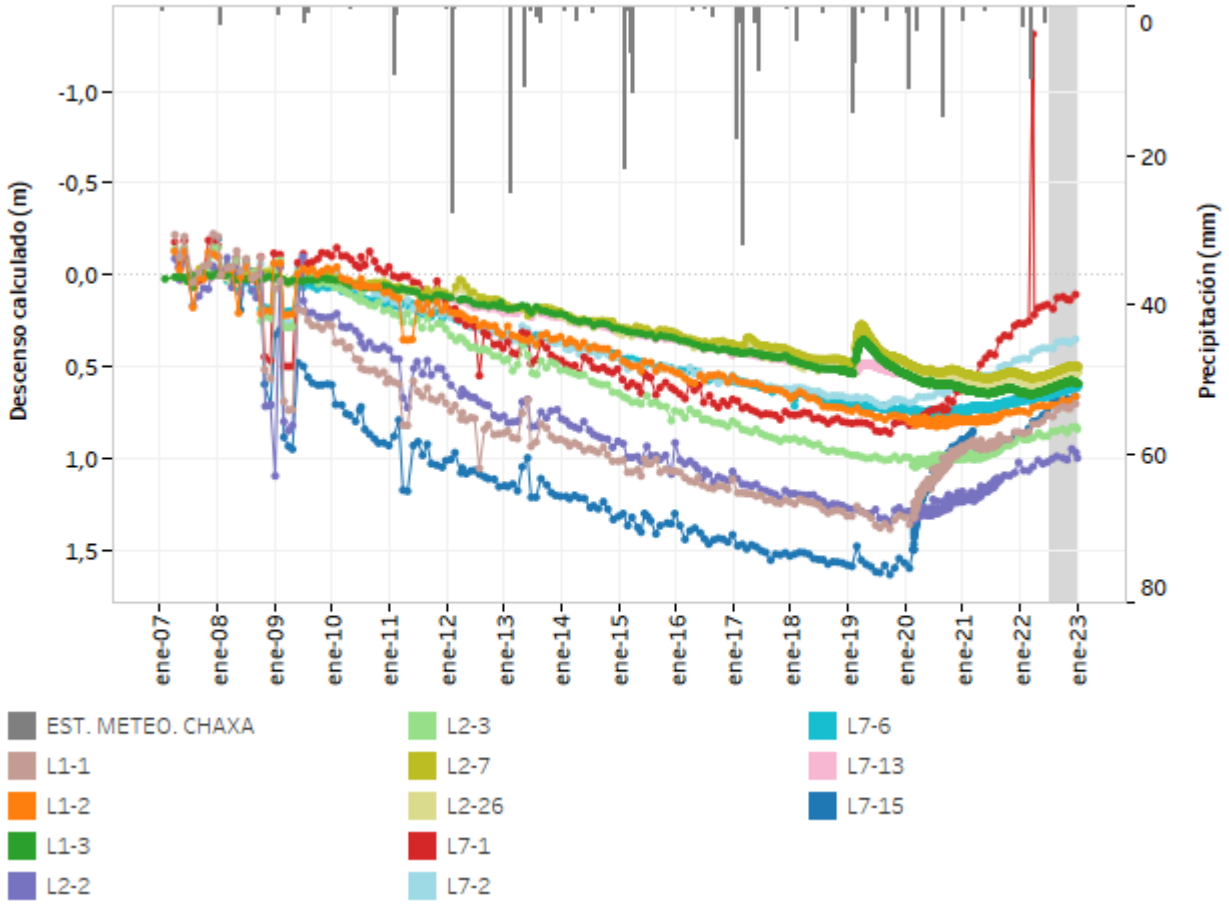
En este grupo existen fuertes diferencias de cota en los niveles (de casi 20 metros) que, a su vez es una situación esperable para este sector con altos gradientes hidráulicos, pero que no permite visualizar las variaciones del nivel con detalle. Por este motivo se muestra en la Figura 6-5 el descenso 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, se observaba un leve descenso (entre 4 y 6 cm/año). Pero a mediados del 2021 el comportamiento cambia y los puntos muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal, sin tendencia promedio de ascenso o descenso, lo que se interpreta como el momento a partir del cual parece haber llegado la respuesta a la disminución general de las extracciones en el aluvial del (Mullay-1 y Allana). Es a partir de

la segunda mitad del año 2022, que el máximo estacional se sitúa por encima de los dos años anteriores, dando lugar a un nuevo cambio en la tendencia de este sector, mostrando ahora un aparente ascenso del nivel.

El resto de los pozos de este grupo, que se encuentran más alejados de la zona marginal y por tanto más próximos a los pozos de bombeo, han mostrado descensos de entre 6 y 10 cm/año desde el inicio del seguimiento (2007) y hasta inicios del 2020. En este grupo, la respuesta de la reducción de las extracciones de los pozos de agua industrial se observa antes que el grupo anterior, debido a su cercanía. Esta situación lleva a que estos puntos reproducen una recuperación (ascenso) de los niveles; los pozos que presentan una alta recuperación son el L7-15 y L1-1 ya que se encuentran a unos 300 m y 850 m, respectivamente, del pozo Mullay-1 (con tasas actuales de ascenso de 18 y 11 cm/año respectivamente). No obstante, se destaca que los puntos L7-1 y L7-2, que se encuentran en la parte más norte de este sistema, muestran una notoria tasa de ascenso de 16 y 12 cm/año respectivamente. El resto de los puntos de este subgrupo (L1-2, L2-3 y L7-6) muestran tasas de ascenso de entre 6 y 7 cm/año. Durante el segundo semestre 2022 los niveles se mantienen con las tendencias anteriormente descritas.

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

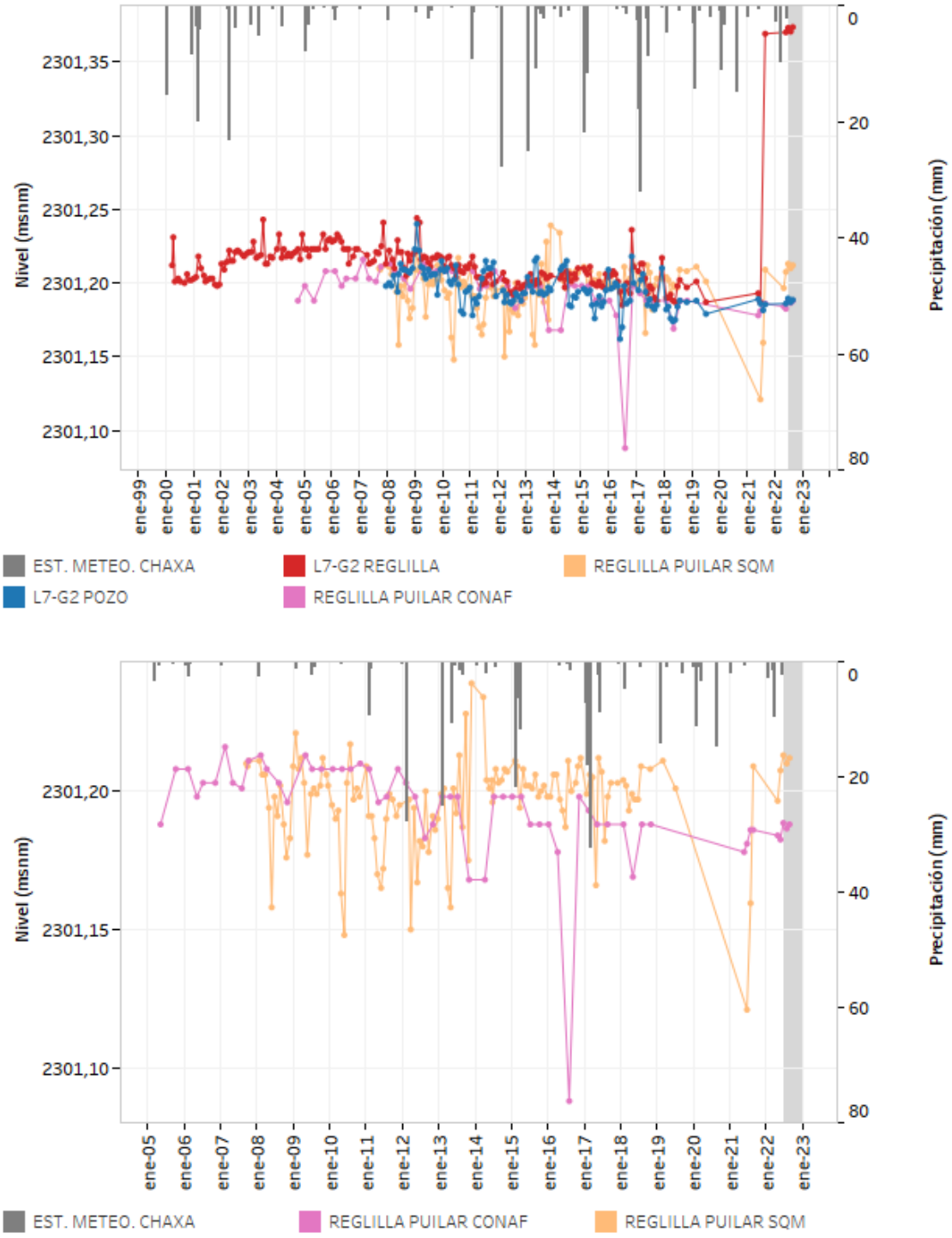
A continuación, se analizan los puntos que miden los niveles de los cuerpos de agua superficiales. Para esto es necesario mencionar que, aunque el propósito constructivo del punto L1-G4 (Reglilla y Pozo) era medir el nivel de los cuerpos de agua superficiales del entorno de desborde de Cola de Pez (área de desborde de la laguna Barros Negros), en realidad, se ha observado al menos a partir desde 2012, que los niveles corresponden al acuífero de ese sector (IDAEA-CSIC, 2018). Es por este motivo que su análisis se hará junto con el resto de los puntos de agua subterránea de la zona marginal (siguiente apartado).

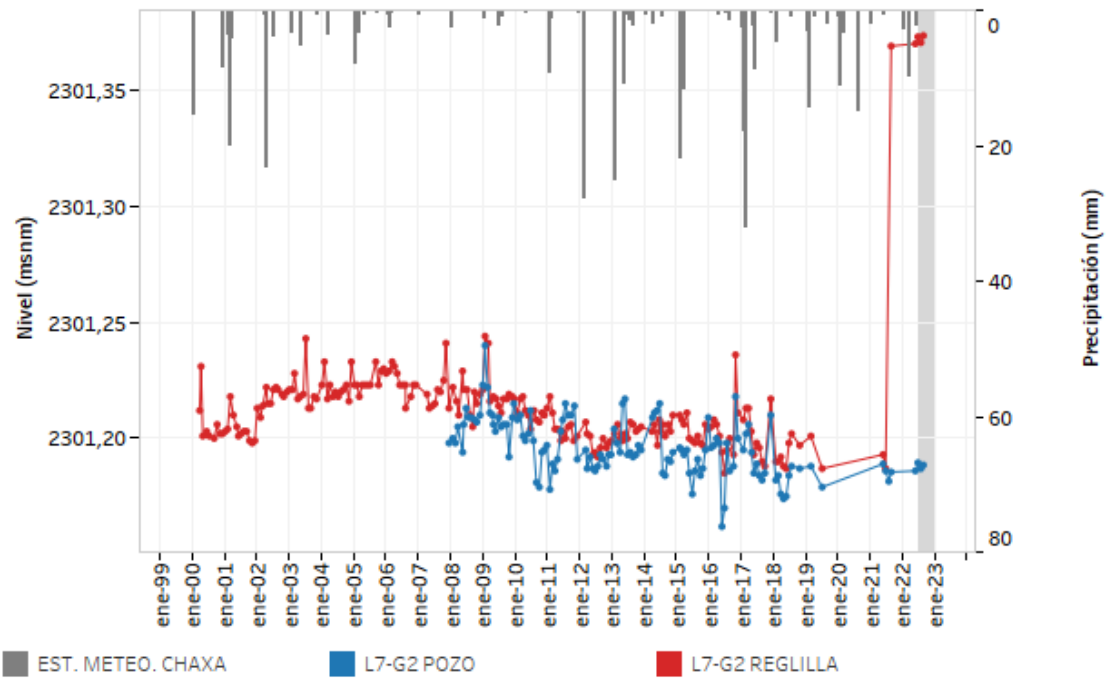
En la Figura 6-6 se muestran los niveles de los puntos en el entorno de la laguna Puilar: Reglilla Puilar (SQM y CONAF) y L7-G2 (Reglilla y Pozo). Históricamente, los niveles en esta área muestran oscilaciones irregulares. Los puntos L7-G2 (Reglilla y Pozo) muestran una tendencia estable de descenso, 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. 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.

En esta área no se había podido ingresar desde junio 2019 y recién en los meses de mayo y junio 2021 se han tomado niveles de nuevo. Debido a este largo periodo sin información, no es posible analizar las tendencias, pero sí se observa que los nuevos datos parecen encontrarse en cotas que mantendrían vigente el análisis anterior; para este segundo semestre de 2022 se ha logrado ingresar en los meses de julio y agosto.

Mencionar por último que debido a que todavía no se ha actualizado la cota del punto de referencia de la reglilla L7-G2, es que aparecen los datos desde agosto de 2021 en cotas que no corresponde; esta situación es descrita con detalle en el apartado 4.4.1, en donde en el presente informe ya se propone una cota estimada que permita visualizar de mejor forma estos resultados.

Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar





Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

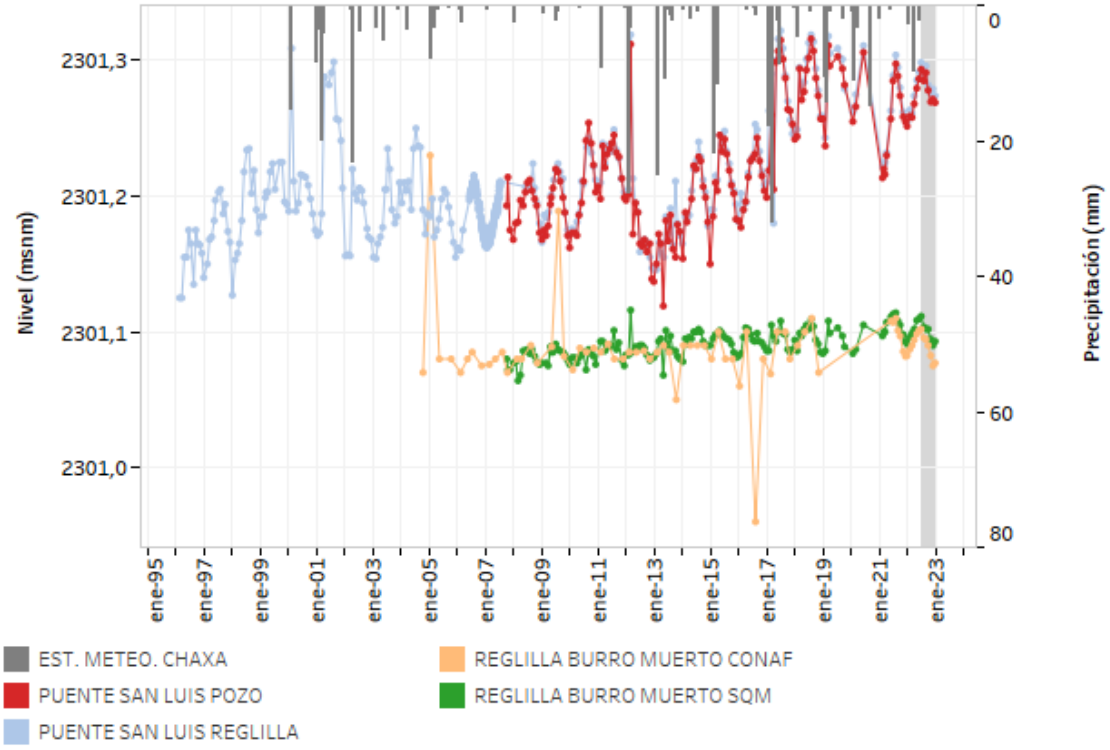
Se centra a continuación el análisis en el sistema de canales y lagunas que alimentan finalmente la laguna de Barros Negros. Empezando por los puntos ubicados aguas más arriba del sistema, se muestra en la Figura 6-7 los niveles de Puente San Luis Pozo y Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF).

A partir de los datos históricos, se observa que las mediciones de Puente San Luis (Reglilla y Pozo) son equivalentes y lo mismo pasa con las Reglilla Burro Muerto SQM y CONAF. 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 se ha mostrado ascendente con una tasa promedio de unos 2 cm/año. No obstante, la cota a la que se encontró el nivel en junio 2022 fue de 5 mm por debajo de anterior máximo estacional (julio 2022) lo que viene observándose desde 2017. Esta tendencia de descenso en los máximos (de unos 0,5 cm/año) no se observa tan constante en los mínimos estacionales, en donde se pueden ver que son más bien sin tendencia e irregulares.

Por su parte, los puntos de Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF) se han mantenido estables con una tasa de ascenso constante de 1 cm/año y no se aprecia variación estacional.

Durante el segundo semestre 2022 se reproduce el esperado descenso estacional en ambas ubicaciones, lo que mantendría el comportamiento descrito anteriormente.

Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís

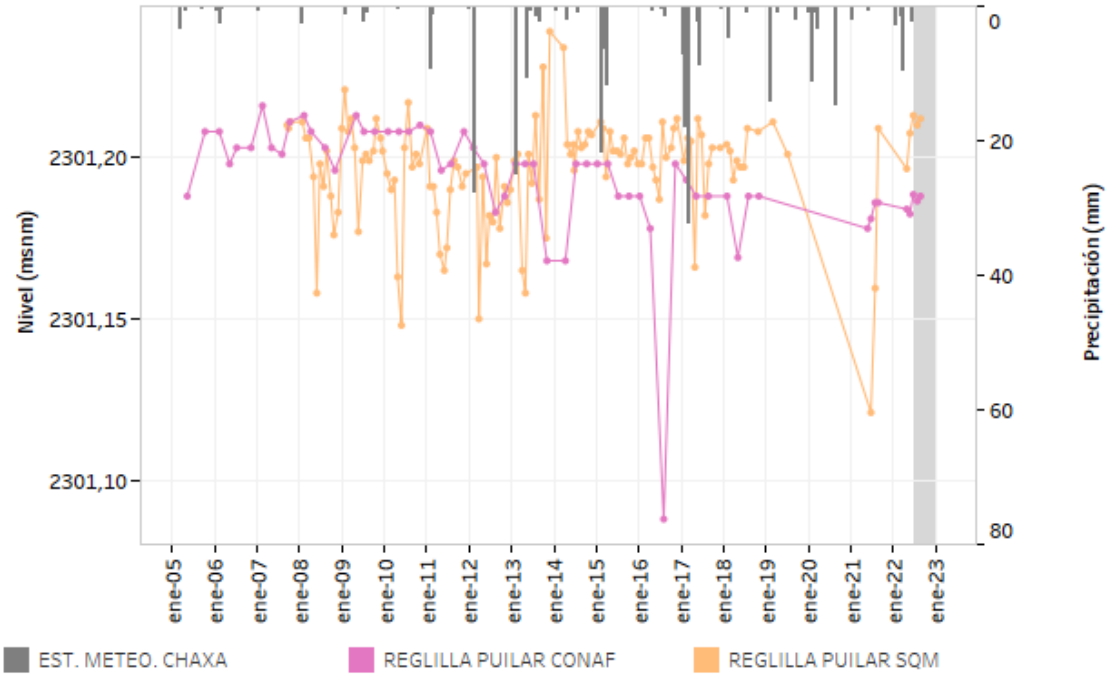


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Aguas abajo del sistema, los siguientes puntos de medición de nivel de agua superficial quedan a la salida de la laguna de Chaxa. Se trata de los puntos Reglilla Chaxas SQM y CONAF y se muestran los niveles registrados en la Figura 6-8. Como ocurre en otros casos, la frecuencia histórica 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 2014, el nivel mostraba una tendencia a descender a la vez que una oscilación estacional de unos 6 cm de amplitud. Posteriormente, el nivel se mantiene estable sin tendencia e incluso aumenta la amplitud de la oscilación a más de 10 cm.

Se produjo una falta de mediciones desde junio 2019 (octubre 2018 en el caso del punto de CONAF) y hasta mayo 2021, debido al cierre de la reserva durante la pandemia de COVID-19. El comportamiento observado desde entonces hasta diciembre de 2022 parece semejarse al descrito de los años previos, por lo que previsiblemente el comportamiento en este entorno se mantiene estable.

Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa



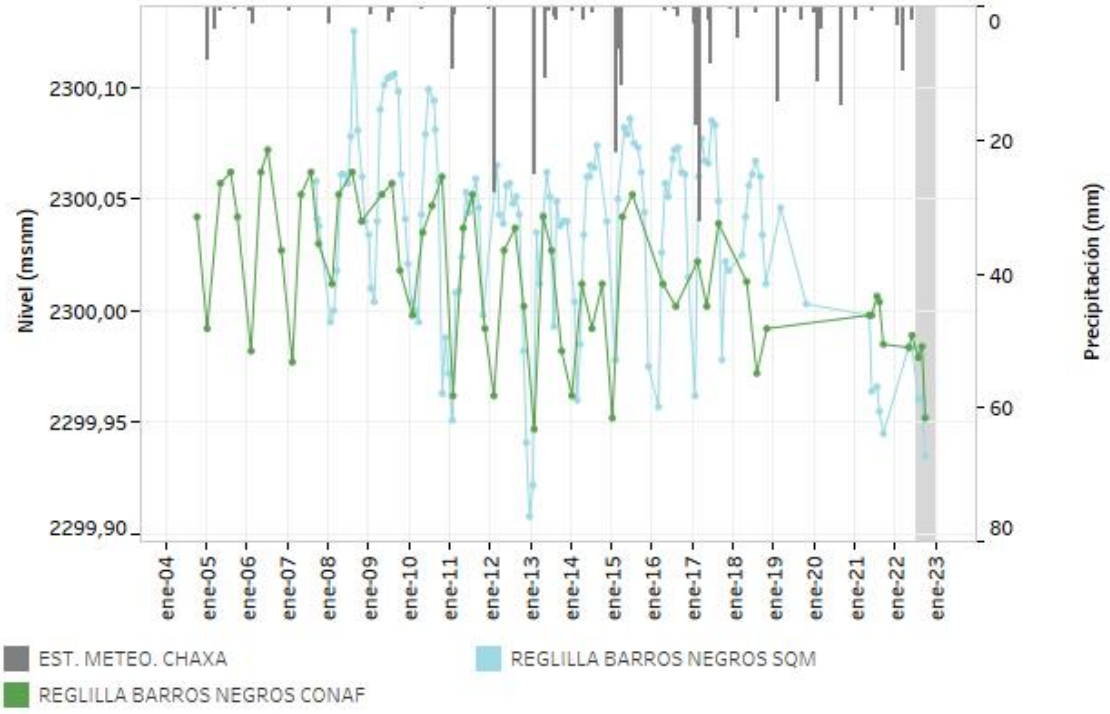
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Llegado a la laguna de Barros Negros, dentro de la laguna se encuentran los puntos de medición de Reglilla Barros Negros SQM y CONAF, cuyos niveles registrados se muestran en la Figura 6-9. Se observa un comportamiento 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.).

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. Las mediciones realizadas posteriormente denotan un aparente descenso en los niveles, ya que los máximos estacionales son más bajos que los registrados en años anteriores, a la vez que la amplitud de la oscilación también ha disminuido. Por ahora los valores

se encuentran dentro del rango histórico, no obstante, debe seguir observándose de cerca el comportamiento en este sector.

Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

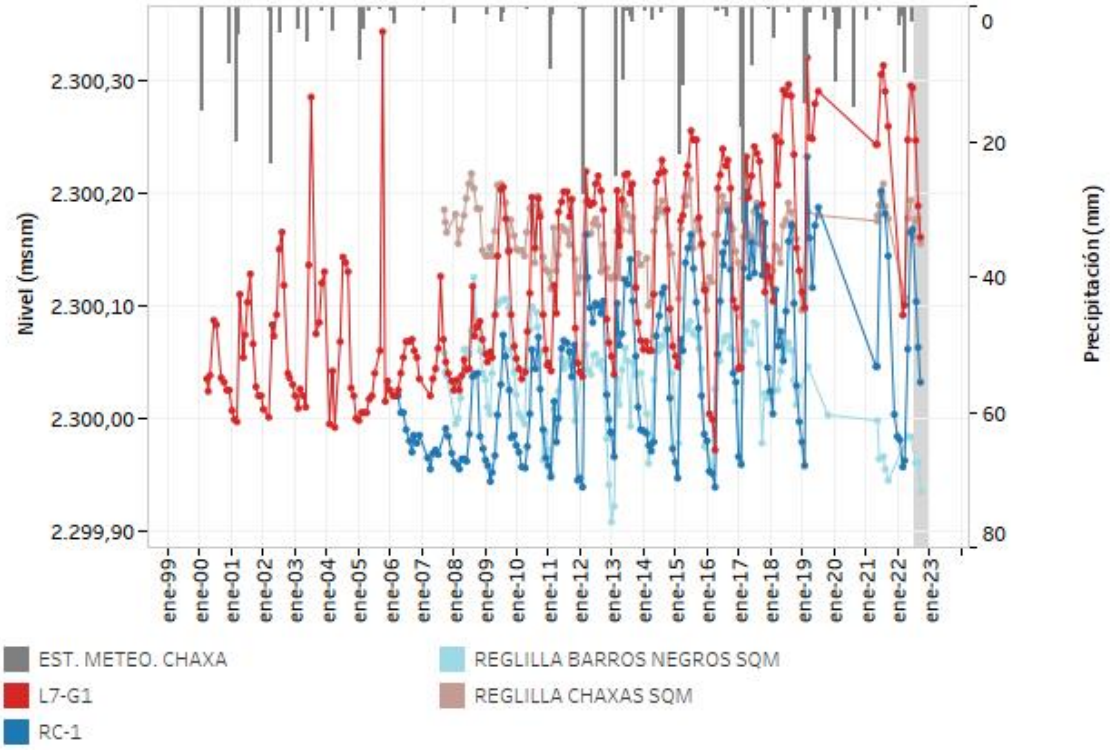
Por último, se centra el análisis en el canal de Burro Muerto, que conecta la laguna de Chaxa con la de Barros Negros. El análisis de este grupo de puntos se ha dejado para el final, una vez analizados los niveles a la salida de Chaxa y en la laguna Barros negros, pues es esperable que los puntos en el canal muestren relación con la infraestructura anteriormente descrita. En este tramo fluvial se encuentra la reglilla L7-G1 y en la Figura 6-10 se muestran los niveles medidos en este punto, junto con las reglillas de Chaxa y Barros Negros. Como puede verse, se incluye también el nivel del punto RC-1 ya que, si se observa la altura piezométrica de los niveles y la oscilación estacional puede verse que, a pesar de ser un punto construido para medir el acuífero en esa zona, se interpreta que está midiendo en realidad el nivel de los cuerpos de agua superficial. Esto se analiza de nuevo en el siguiente apartado (Pozos en zona marginal). De la Figura 6-10, se extraen las siguientes conclusiones:

- Entre la laguna Chaxa y Barros Negros existe un gradiente hidráulico, de unos 12 cm, que se ha mantenido durante todo el periodo medido y que, como es de esperar, determina la dirección del flujo. Incluso, como ya se ha mencionado, ambos cuerpos de agua sostienen una disminución de la cota del nivel promedio a partir del año 2010-2011 que, por otro lado, esta diferencia de cota es esperable puesto que se trata de un curso fluvial.

  No obstante, lo anterior, la reciente tendencia observada en la Reglilla de Barros Negros, hacia el descenso, no se observa en la Reglilla de Chaxa ya que ésta se mantiene estable (sin ascenso ni descenso).
- El punto el punto L7-G1, que se ubica entre ambas lagunas, muestra una oscilación propia de la estacionalidad de la recarga por precipitación. Se hace notar que el promedio de los niveles tiene una tendencia al ascenso; entre 2009 y 2011 los máximos alcanzan la misma cota que en la laguna Chaxa y en los siguientes años mantiene una tendencia de ir superando cada vez más la cota con respecto la laguna. De hecho, a partir del año 2017 iguala los mínimos de verano con la cota de Chaxa. Esta variación entre las cotas de ambos puntos deja entrever un aumento de la recarga de agua proveniente del borde este.

El punto L7-G1 dejó de medirse entre junio 2019 y abril de 2021, como la mayoría de los puntos de RNF, debido al cierre de la reserva durante la pandemia del COVID-19. Los niveles registrados en la reglilla posteriormente podrían estar reproduciendo una leve tendencia a la disminución, pero entrelazado los mínimos estacionales a la misma cota que los mínimos de la Reglilla de Chaxa, lo que mantendría estable la misma dinámica del sistema descrita anteriormente hasta el final del año 2022.

Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

6.1.1.1.5 Pozos en zona marginal

En esta sección se hace el análisis para aquellos puntos que se encuentran en la zona marginal. Se trata de un área con diversidad de comportamientos, puesto que existen varios elementos hidrogeológicos que modifican los niveles de forma local y distinta según el sector. Al oeste de la zona marginal se ubica el afloramiento de la interfaz salina y en el centro se encuentra el sistema lagunar definido por la laguna Chaxa - Canal Burro Muerto – laguna Barros Negros y sus desbordes (Desborde Sur y Cola de Pez).

Empezando el análisis en los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento que se reconoce por ser transicional entre el aluvial y la zona marginal. Se trata de los puntos L2-8, L2-25, L7-3 y L7-14; 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 presenta la Figura 6-11 donde se muestran los descensos calculados para este grupo.

Como se observa en la Figura 6-11, desde el inicio de las mediciones, todos los puntos (a excepción del L2-25) mostraban una tendencia de descenso en donde, por ejemplo, la mayor pendiente la registraba el L2-8 con una tasa promedio de 7,5 cm/año, lo que confirma la influencia de los bombeos del aluvial, ya que en el entorno de los pozos de agua industrial la tasa era de entre 5,5 y 10 cm/año. No obstante, este pozo, el L2-8, a partir de 2015 entró en un periodo de estabilización de la tendencia (ni ascenso ni descenso) y posteriormente, en 2020, se observa cómo claramente los mínimos han ido ascendiendo, con una tasa de 14 cm/año. Esta tendencia no se observa de la misma forma en los máximos, en donde sí ascienden, pero a menor velocidad. Esta situación confirma la alta conexión hidráulica de este sector (aguas debajo de las vegas de Carvajal) con el acuífero aluvial, ya que se interpreta que este cambio es debido a la disminución de las extracciones de los pozos de agua industrial justamente el mismo año 2020 (de 40 L/s hasta 20 L/s, entre Allana y Mullay-1). Los niveles registrados en el segundo semestre 2022 confirman la tendencia descrita.

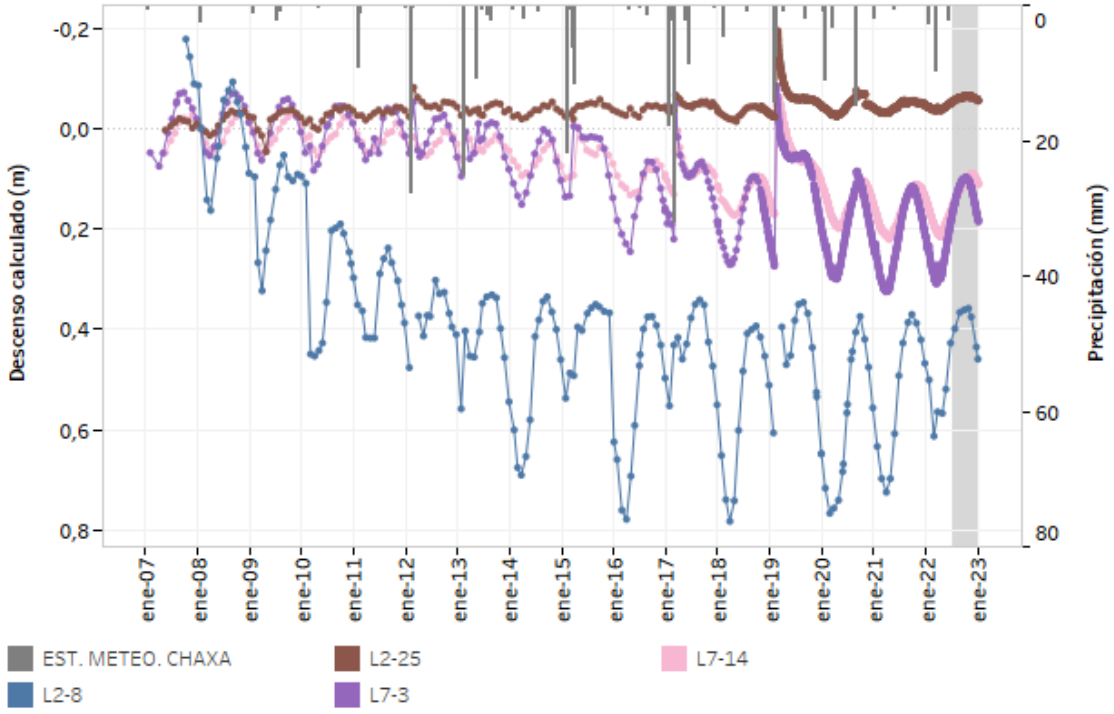
Los puntos L7-3 y L7-14, que se encuentran más al norte, a la altura del sector de la laguna Puilar, han mostrado tasas de descenso promedio menores al L2-8 (1 cm/año y 0,5 cm/año respectivamente). No obstante, estos dos puntos también han cambiado su tendencia a partir de 2021 (aproximadamente 1 año más tarde que en el entorno del L2-8), en donde los niveles se observan con misma amplitud que la registrada en años anteriores, pero con clara tendencia al ascenso (5 cm/año). Los niveles registrados en el segundo semestre 2022 confirman la tendencia descrita.

Es necesario seguir observando el comportamiento de los niveles de estos puntos (L2-8, L7-3 y L7-14), pues podrían dejar de etiquetarse como transicionales y poder incluirse dentro del grupo de los pozos con comportamiento tipo Marginal, debido a su respuesta en los últimos años.

El punto L2-25, por su lado, ubicado en el extremo sur de las vegas de Carvajal y a la misma altura que el pozo Allana, ha mostrado desde el inicio de sus mediciones (2007) una tendencia promedio de ascenso continua durante todo el periodo, incluyendo el segundo semestre 2022, la que se calcula de unos 0,2 cm/año. Lo que resalta la alta heterogeneidad del Borde Este ya que, en este caso, no se observa que este

sector haya sido influenciado por los bombeos del acuífero aluvial, así como sí se ha visto en los otros puntos.

Figura 6-11: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente grupo de pozos que se analiza en esta sección son los que se encuentran alrededor de la interfaz salina y que, por tanto, muestran el comportamiento más relacionado con la zona marginal. Se caracterizan por mostrar una tasa de descenso casi nula y una fuerte estacionalidad. Como existen diferencias de cota entre ellos que no permite distinguir el comportamiento a describir, se muestra la Figura 6-12, con los descensos calculados desde 2008, para este grupo.

Los puntos de este grupo se distribuyen de norte a sur, sobre la zona de afloramiento de la interfaz salina en superficie; se trata del 1027 (ubicado más al norte), L7-4 y L7-7 (ubicados cerca de la laguna Puilar), el L1-17 (ubicado sobre las vegas de Carvajal) y el L2-4 (ubicado más al sur, próximo al sistema Aguas de Quelana).

De la Figura 6-12 se observa que el L7-4 es el que muestra menor amplitud de la oscilación (una variación entre máximos y mínimos estacionales de 2,5 cm aprox.). De la figura también se extrae que los mínimos se observan a cotas menores (aumentando la amplitud de las oscilaciones) en los años hidrológicos secos (ver el periodo 2008-2010 y los años 2014, 2016 y 2018). De esta forma, se interpreta que estos puntos están ligados a la recarga proveniente del borde este, además de la recarga directa por lluvia de los eventos más intensos. De la misma forma que en todos los puntos de RNF, este punto no se pudo medir entre los meses de septiembre 2019 y marzo 2021. Los registros obtenidos desde entonces, incluyendo las mediciones del segundo semestre 2022, estarían mostrando que el punto se encuentra estable (sin ascenso ni descenso en su tendencia).

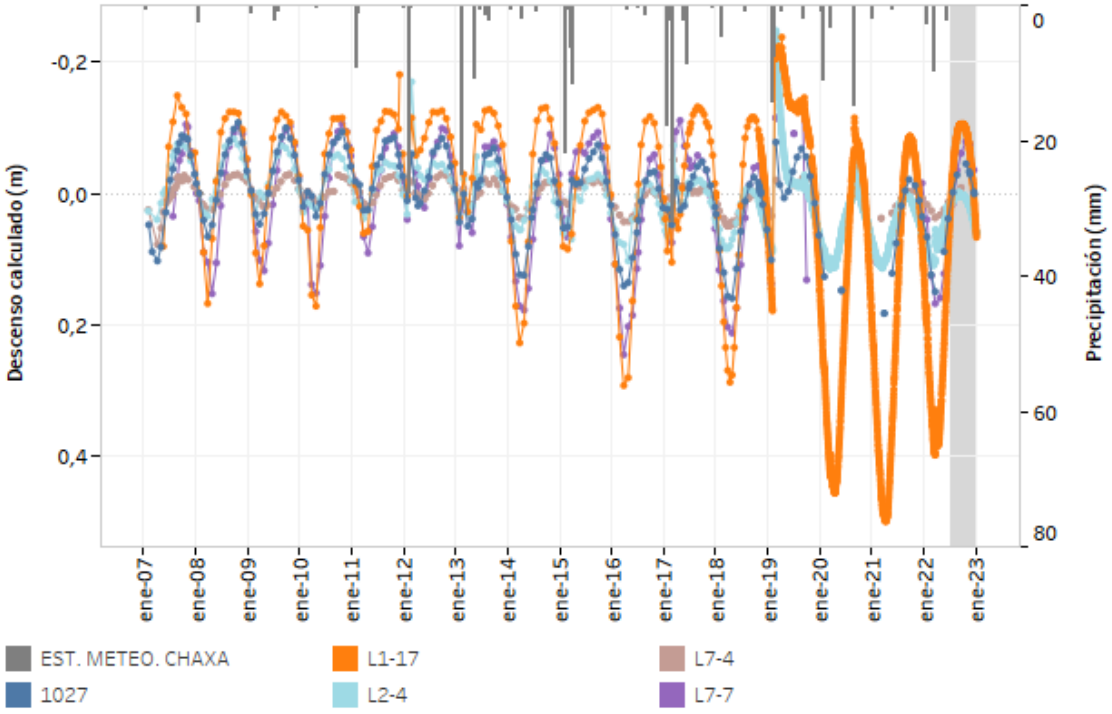
En el caso del pozo L7-7 se encuentra más al norte del sistema, a menos de 500 metros del L7-4. Este punto mostraba una oscilación estacional con bastante variabilidad en la amplitud, debido a que los mínimos estacionales parecen estar fuertemente ligados a si acaso los años hidrológicos se dieron secos o húmedos; niveles en años secos se registraban a menores cotas, dando lugar a los registros mínimos históricos de 2016 y 2018 por ejemplo. Actualmente, observando el segundo semestre 2022, se puede ver como este punto mantiene el mismo comportamiento, sin evidenciar ningún cambio que destacar.

Destacar el caso del punto L1-17, indicador de estado que se activó la Fase II del PC recién en marzo 2021 producto de alcanzar un nuevo mínimo histórico y es que el nivel se situó 21 cm por debajo del mínimo del año 2018 (el mínimo de 2019 se registró más elevado producto de la influencia de la lluvia de ese mismo año). Desde el año 2019, el pozo ha empezó a mostrar un nuevo patrón de comportamiento, donde la amplitud de la oscilación aumentó hasta los 58 cm debido a la fuerte disminución de las cotas en las que se reproducen los mínimos estacionales. Según se extrajo de los análisis presentados en el informe de investigación asociado (Hidroestudios, 2021), se concluyó que el cambio en el comportamiento del pozo fue producto de las extracciones de agua industrial en el acuífero aluvial. Ya el mínimo estacional del año 2022 (primer semestre) se registró a mayor cota que el mínimo anterior, lo que estaría llevando a la conclusión de que podría haberse notado en este sector la respuesta de la disminución de las extracciones de los pozos Mullay-1 y Allana. Durante el segundo semestre 2022, se ha reproducido el esperado máximo estacional, que se destaca por haberse medido unos 2 cm por sobre la cota del máximo del año anterior, reforzando la tendencia de recuperación mencionada anteriormente.

Por su lado, el punto L2-4, que se encuentra en el extremo sur de las vegas de Carvajal (aguas abajo del descrito anteriormente L2-25, él ha mostrado una tendencia constante de ascenso), ha venido reproduciendo la estacionalidad esperada para un pozo de la zona marginal, en donde se destaca como la amplitud de la oscilación se ha mantenido muy estable. No obstante, la tendencia ha ido variando en el tiempo: desde 2007 y hasta 2010 la tendencia se ha observado estable (sin ascenso ni descenso), posteriormente, entre 2011 y hasta 2019 mostró una tendencia promedio de descenso (0,6 cm/año) y finalmente, desde entonces y hasta el segundo semestre 2022, se observa como los niveles han vuelto a mostrarse estables sin tendencia.

Finalmente, el punto 1027 que se ubica al norte del sistema. Este mantiene aproximadamente la misma amplitud estacional, no obstante, la tendencia ha ido cambiando el tiempo; desde 2007 y hasta 2012 se observaba una leve tendencia promedio de ascenso (0,4 cm/año), luego de descenso hasta 2020 (0,4 cm/año también) y finalmente, parece que hasta el segundo semestre 2022 la tendencia torna a ser de ascenso (3,7 cm/año).

Figura 6-12: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de los niveles en la zona marginal cambia cuando los puntos de observación se encuentran cercanos al sistema lagunar del Sistema Soncor. Se trata del cordón de puntos ubicados al este del sistema Chaxa-Barros Negros y al oeste de la interfaz salina. Su distribución de norte a sur es L7-10, L7-11, L1-15 y L1-16 (Figura 6-13), L1-9 y L1-10 (Figura 6-14) y, finalmente, L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 (Figura 6-15). En general, se observa que en este grupo de pozos se pierde la marcada regularidad estacional que presentaban los pozos del grupo anterior (comportamiento asociado a la zona marginal) y no presentan tendencias de descenso.

Se destaca el comportamiento observado en los puntos L1-16 y L1-15 (Figura 6-13); en el periodo 2007-2011 (periodo seco), ambos puntos muestran niveles a cotas similares, pero, a partir de la lluvia de 2012, se genera un salto de la cota promedio significativo, que es más fuerte en el L1-15 (15 cm) que en el L1-16 (10 cm), siendo que el segundo es el que se encuentra más cerca del Canal de Burro Muerto. Ello hace pensar que, a partir de esta fecha, se empieza a producir una vía preferente de recarga subterránea desde el borde este. No obstante, sí se observa el patrón del L1-15 se puede ver que es reactivo a las lluvias, con ascensos rápidos, pero que posteriormente recupera (desciende) hacia unas cotas que se mantienen con una pendiente de descenso estable de 1,2 cm/año. En cambio, el L1-16 aparentemente muestra un comportamiento similar, pero tanto los máximos producidos por la respuesta a las lluvias, como los mínimos que alcanza posteriormente, presentan una leve tendencia de ascenso promedio de 0,2 cm/año. La diferencia entre ambos puntos, siendo que se encuentran próximos (menos de 500 metros), puede ser debida a que el L1-16 esté también influenciado por los cuerpos de agua superficial ya que, de los dos, es el que se encuentra más próximo a éstos.

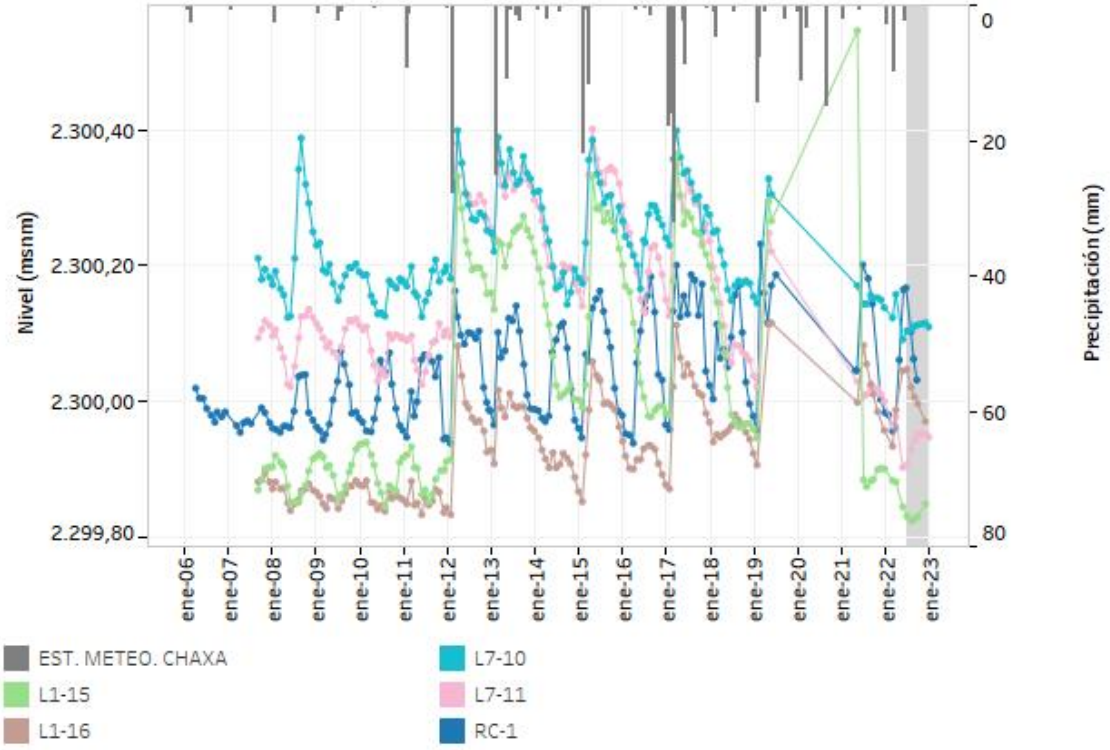
Respecto de los puntos L7-10 y L7-11, si bien se encuentran más al norte, el comportamiento observado en estos puntos es similar al descrito anteriormente del L1-15; fuertes ascensos producto de las lluvia y recuperación (descenso) hacia unos niveles con pendiente de descenso estable, que en este caso es de 2 y 2,7 cm/año consecutivamente y, tal y como puede observarse en la Figura 6-13, las cotas piezométricas entre estos tres puntos son similares.

De la misma forma que todos los puntos dentro de RNF, estos puntos no fueron medidos entre mayo 2019 y mayo 2021. Posterior a este periodo, incluyendo el segundo semestre 2022, se observa como los niveles mantiene la tendencia de descenso, la que, sin contar las respuestas puntuales a las lluvias, se obtiene que

es de 0,9 cm/año para el L7-10 (el más alejado de los cuerpos de agua de este subgrupo) y de entre 2 y 3 cm/año para los puntos L7-11 y L1-15. Se destaca de este grupo que, sin embargo, el L1-16 muestra una tendencia constante de ascenso, de casi 1 cm/año, siendo que es el punto más próximo al canal de Burro Muerto del subgrupo.

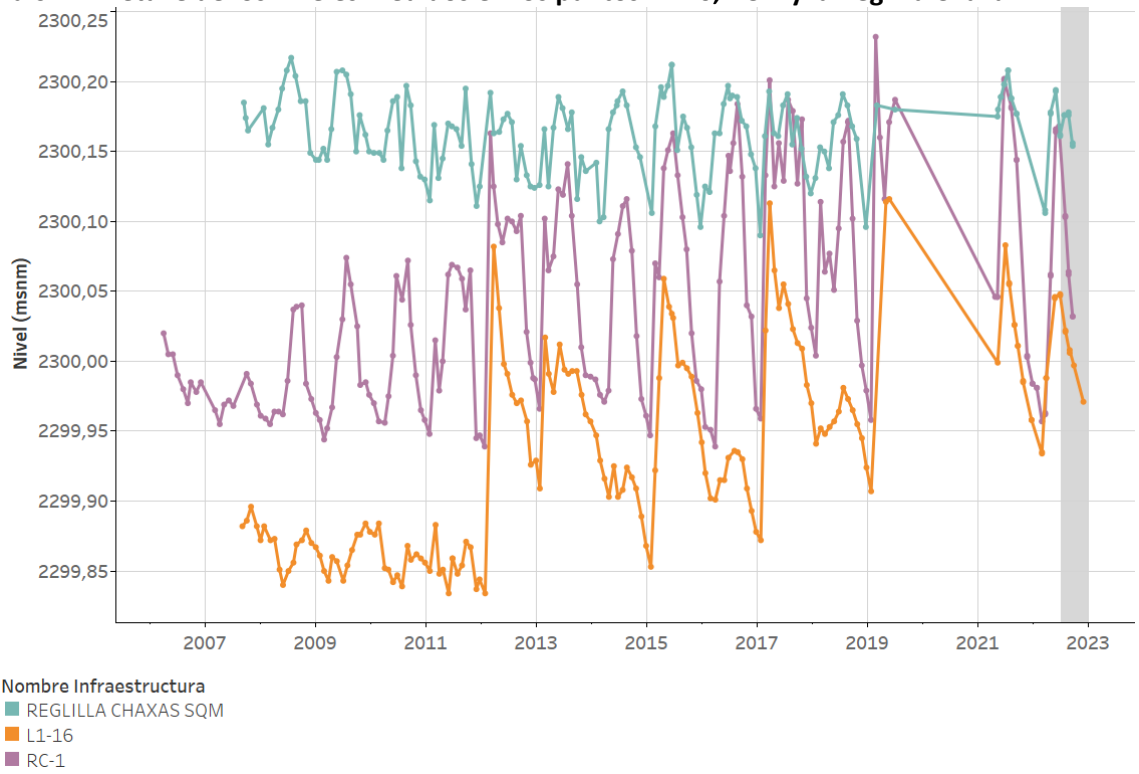
En la Figura 6-14 se muestra un detalle de la relación de las cotas piezométricas entre la reglilla de Chaxa (como nivel de referencia aguas arriba del sistema), el punto RC-1 que sería el siguiente aguas abajo tal y como se ha descrito anteriormente y finalmente el punto L1-16; puede verse como el punto RC-1 se solapa en cota a los niveles máximos de la reglilla, lo que significa que cuando se dan estas situación la lámina de agua de la laguna se mantiene horizontal (misma cota) hasta la zona del RC-1. Puede verse como el L1-16, desde 2019, aproxima los niveles mínimos a cotas similares al punto RC-1, tal y como se ve por ejemplo en febrero 2022.

Figura 6-13: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15, L1-16, L7-10 y L7-11)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

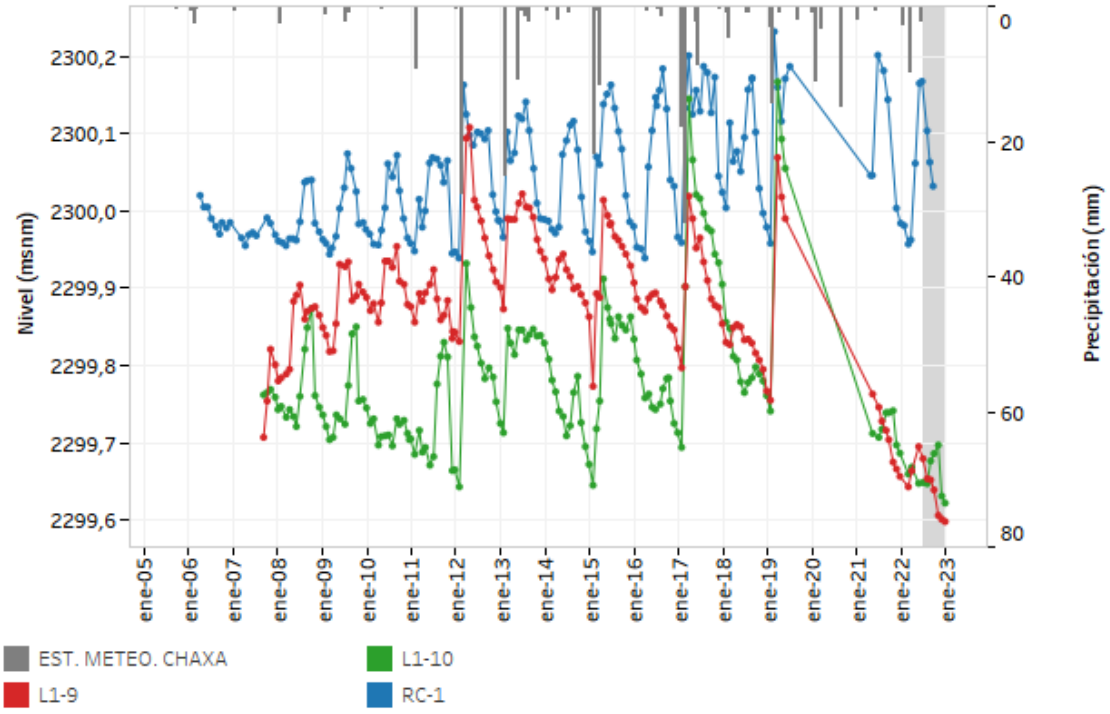
Figura 6-14: Detalle de los niveles medidos en los puntos L1-16, RC-1 y la Reglilla Chaxa



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Respecto de los puntos L1-9 y L1-10 se muestran en la Figura 6-15 junto el punto RC-1 como referencia para el análisis, tal y como se ha hecho en la figura anterior. Estos puntos están fuertemente ligados a la recarga que suponen las precipitaciones de los años húmedos. No obstante, se observa que las tendencias en ambos puntos han ido variando en cada período; entre 2007 y previo a las lluvias de 2012 el L1-9 mostraba una tendencia de ascenso, y al contrario el L1-10 que la tendencia era de descenso. A partir de 2012 en ambos casos se invierten las tendencias, lo que lleva a que ambos puntos se solapen a una misma cota posterior a las lluvias registradas en 2017. Desde ese momento, incluyendo el segundo semestre 2022, ambos puntos muestran una tasa de descenso basal (sin incluir el efecto de las lluvias) de unos 4 cm/año aproximadamente.

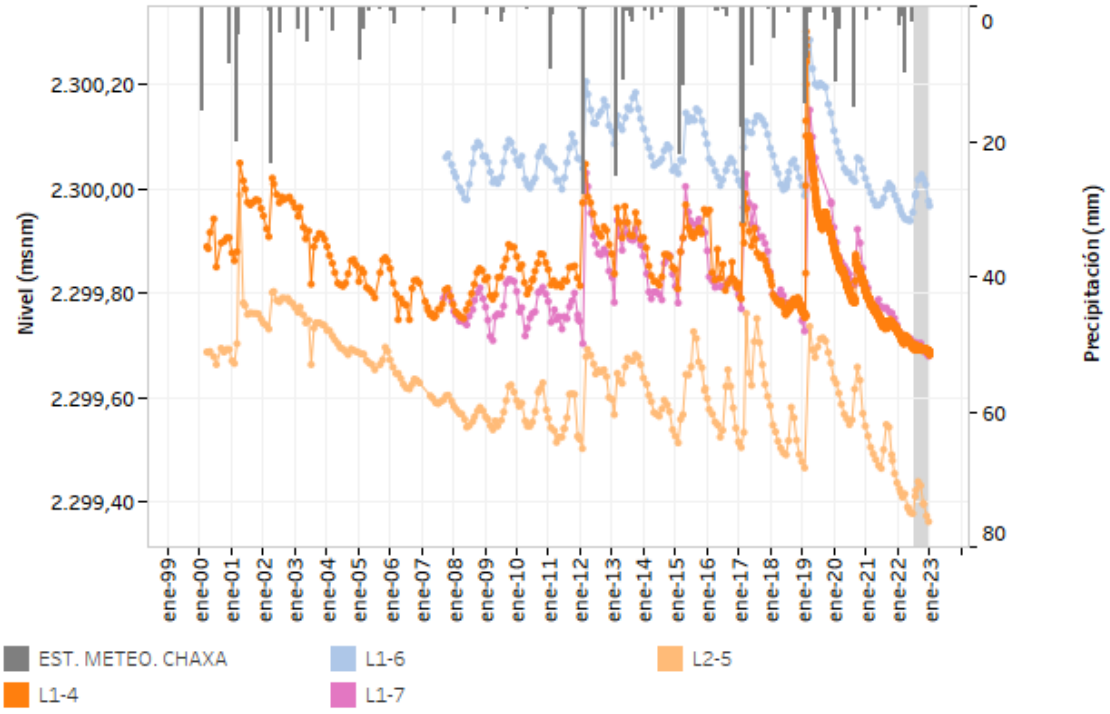
Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los puntos ubicados más al sur (L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5) se muestran en la Figura 6-16. Se observa, de la misma forma que los anteriores grupos, un cambio significativo en el patrón de niveles a partir de 2012, probablemente debido a la sucesión intercalada de años con fuertes lluvias, en comparación con el periodo entre 2007 y 2011 que resultó ser más seco. A partir de 2012, e incluyendo el segundo semestre 2022, se observan oscilaciones poco regulares, a la vez que respuestas más rápidas a las lluvias en forma de ascensos fuertes y posterior recuperación hacia un nivel base (el ejemplo más evidente, la respuesta al evento de lluvia de 2019). En todos los casos, la tendencia generalizada es de descenso, con unas pendientes de entre 1,3 cm/año el L1-16 (que se encuentra más cercano al borde este) y 2 cm/año el L2-5 que está más al sur, a la altura del actual Desborde Sur.

Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-6, L1-7 y L2-5)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Al oeste y al sur de la laguna Barros Negros es donde históricamente se han producido los eventos de desborde de la laguna. En el sector de desborde de Cola de Pez (al oeste del cuerpo principal), en los pozos influenciados por estos episodios de desborde se han observado dos grupos; el primero es el que recibe el aporte directo del evento de desborde y que se caracteriza por mostrar respuestas inmediatas en sus niveles. El otro grupo es el que, por su ubicación, reciben la recarga de los desbordes de forma residual, es decir, en forma de recarga subterránea (*peaks* suavizados, de menor amplitud y más tardíos) y no en forma de recarga directa.

En la Figura 6-17 se muestran los niveles de los puntos que reciben en forma de recarga directa el desborde de Cola de Pez (L1-5, L1-8, L1-13, L1-G4 Pozo y Reglilla, L2-24, P1-3, P1-4, P1-5, P1-6 y P1-7). Al inicio de las mediciones, en éstos se observaba una marcada estacionalidad (oscilación), que disminuía en la medida que el punto se encuentra más alejado de la zona por la que se producía el desborde, es decir, que se reducía la amplitud de la oscilación (por ejemplo, el L1-13 tiene una amplitud de 24 cm y para la misma

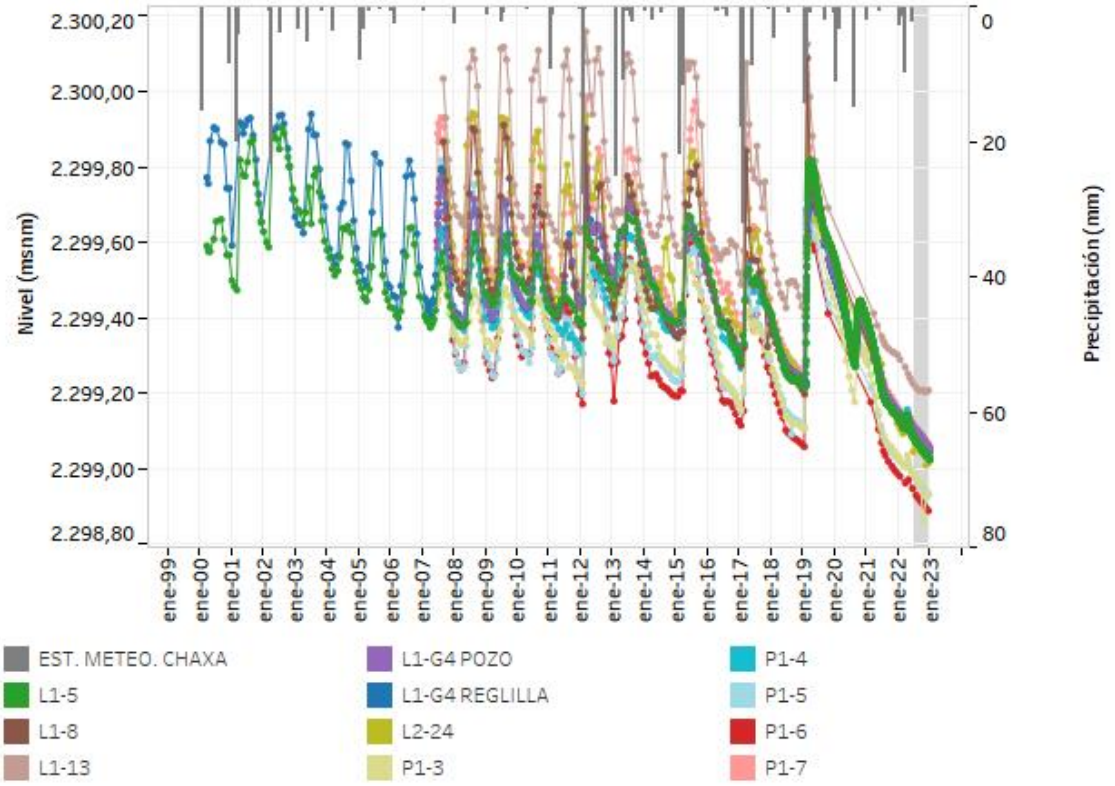
fecha, en el P1-3 es de 7 cm). Se interpreta, por tanto, como un pulso que se producía localmente (punto de desborde) y que se propagaba en dirección del sentido del flujo del acuífero (desde la laguna y en dirección suroeste), dando lugar a una reducción progresiva de la respuesta al desborde.

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, que se caracterizó por ser una lluvia muy intensa (38,8 mm en dos días, según la estación de Chaxa); se estima que fue el evento a partir del cual cambió la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros (IDAEA-CSIC, 2018)[52]. A partir de esta fecha, se puede ver como se pierde la regularidad de la oscilación, las respuestas más evidentes de los niveles coinciden con los eventos de lluvia y, progresivamente, en los años 2014, 2016 y 2018, que fueron años secos, se mide un pulso cada vez más tenue dando a entender que durante estos años se produjeron cada vez menos desbordes hacia este sector. Por lo anterior, es posible concluir que estos puntos, hoy en día están midiendo los niveles del acuífero sin el aporte superficial que se recibía por los episodios de desborde. El acuífero en esta zona se caracteriza por responder de forma directa a las lluvias y presentar una tasa de descenso de unos 4 cm/año, aproximadamente.

De este grupo de puntos, los puntos dentro de RNF (P1-7, P1-6, P1-5, L1-13, L2-24 y L1-8) dejaron de medirse durante la pandemia (desde octubre 2019 y hasta febrero 2021). No obstante, todos los puntos de esta sección muestran, incluyendo el segundo semestre 2022, la misma tendencia al descenso basal (sin contabilizar los ascensos producto de las lluvias), que es de unos 4 cm/año.

[52] 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 6-17: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez



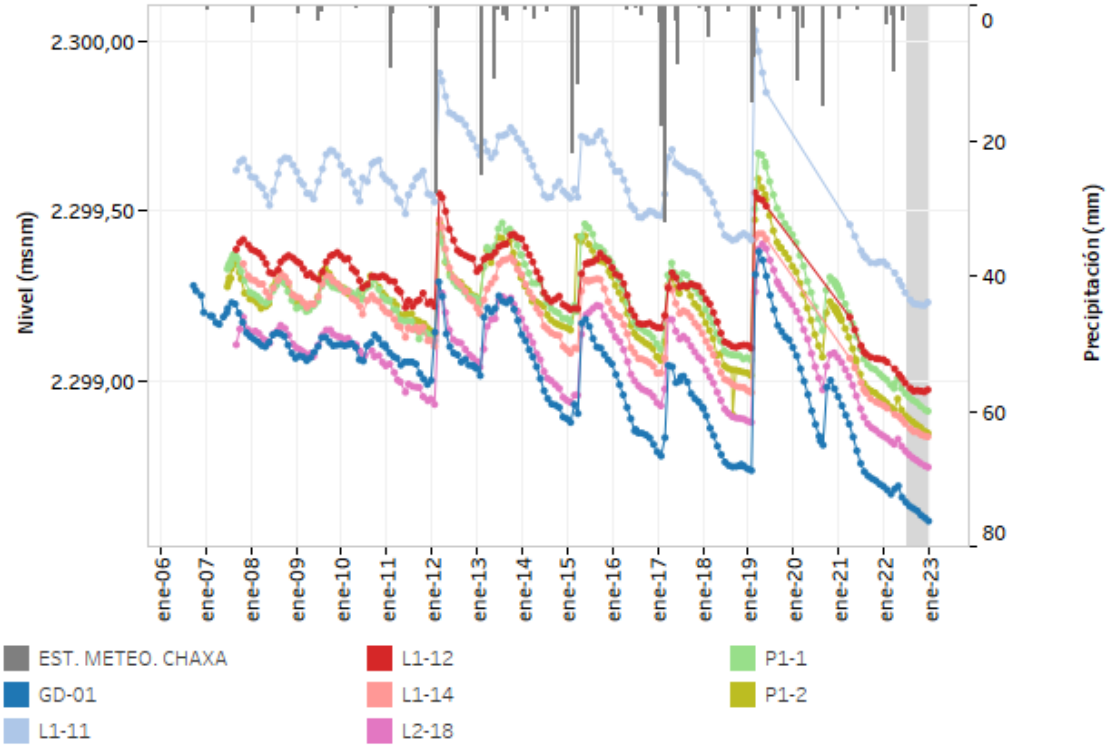
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Los pozos que se sitúan más alejados del punto de desborde de Cola de Pez (GD-01, L1-11, L1-12, L1-14, L2-18, P1-1, P1-2) se muestran en la Figura 6-18. En general, se caracterizan porque durante los episodios de descarga hacía Cola de Pez, presentaban una amplitud de la oscilación que disminuía y se suavizaba en la medida que el pozo se encuentra más alejado del punto de descarga. Se diferencian además de los anteriores (influenciados de forma directa) porque las cotas en este caso eran inferiores; disminuye la cota de forma gradual a medida que el punto se encuentra más alejado de la zona de desborde. Todo esto conduce a concluir que el agua proveniente de la descarga llegaba 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 esta forma, el comportamiento actual (incluyendo el segundo semestre 2022) de este subgrupo es el mismo que el observado para el anterior grupo, y muestran una misma pendiente basal (sin contabilizar los aumentos producidos por la lluvia) de unos 4 cm/año.

Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El siguiente grupo de puntos a analizar son los que se encuentran influenciados por el desborde hacia el sector sur de la laguna Barros Negros, llamado Desborde Sur (L2-9, L2-10, L2-15, L2-16, L2-21, L2-23, P2-1, P2-2, P2-3, P2-4 y P2-5). Se conoce a partir de los estudios que se han elaborado en la cuenca en los últimos años (IDAEA-CSIC, 2018) y como se mencionaba anteriormente, que la dinámica de desborde de la laguna cambió a partir de las lluvias de febrero de 2012; a partir de esta fecha los desbordes hacia 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, los que se describen a continuación.

Los pozos influenciados por el Desborde Sur se han dividido en dos figuras (Figura 6-19 y Figura 6-20) para mostrar mejor los distintos comportamientos. En ambas, se acompañan de los niveles de la Reglilla Barros Negros SQM como referencia para el análisis.

En la Figura 6-19 se muestra un primer grupo de pozos, que se caracteriza por estar estrechamente ligados al nivel de la reglilla de Barros Negros. Como puede verse, el punto L2-23 se solapa completamente (en cota y en amplitud de oscilación) con el nivel de la reglilla de la laguna a partir de la segunda mitad del año 2010 y, dada su ubicación con respecto al límite de la laguna se interpreta que este punto en realidad está midiendo las oscilaciones del cuerpo lagunar. Es decir, que se podría decir que el límite de la laguna habría aumentado hasta alcanzar este punto.

Ocurre algo similar con el punto P2-5, que durante el periodo de entre 2007-2017 se muestra oscilante a una cota inferior a la de la laguna. Pero, a partir de 2017, se observa cómo se solapan los niveles durante los meses de (niveles) máximos y ya en 2018, incluyendo el segundo semestre 2022, se solapan completamente en cota. Lo que lleva a que la lámina de agua de la laguna Barros Negros se muestra horizontal (misma cota) desde la Reglilla Barros Negros y hasta el sector del P2-5.

En el lado este del Desborde Sur, se encuentran los puntos L2-10, L2-21 y L2-15. En la Figura 6-19 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. 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, empiezan 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 acumular el aporte de la laguna, alcanzando el desborde zonas más al sur, lo que confirma el aumento del desborde hacia este sector.

El análisis que se deriva de estos tres puntos da cuenta de 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.

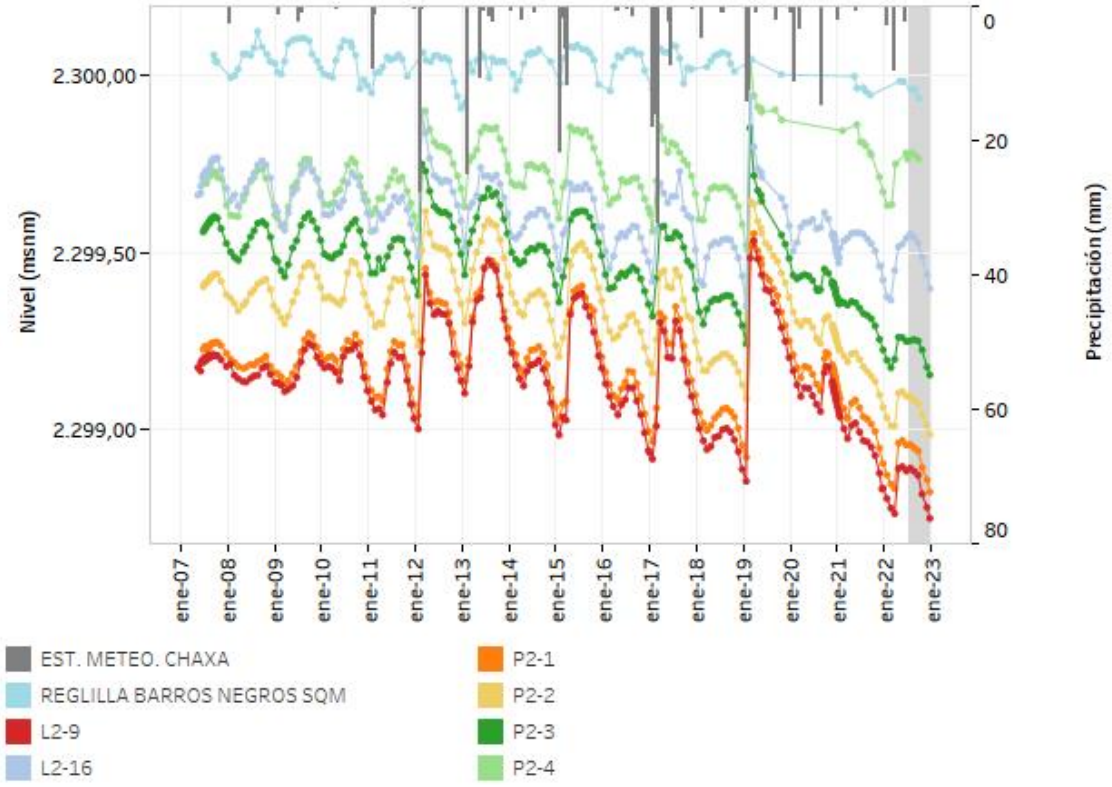
Figura 6-19: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1)

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Del segundo grupo de puntos influenciados por el Desborde Sur (Figura 6-20) situados al oeste y hacia el sur del mismo punto de desborde (L2-9, L2-16, P2-1, P2-2, P2-3 y P2-4), 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 de 2007 y hasta el segundo semestre 2022, de entre 1,6 y 2,7 cm/año.

Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2)

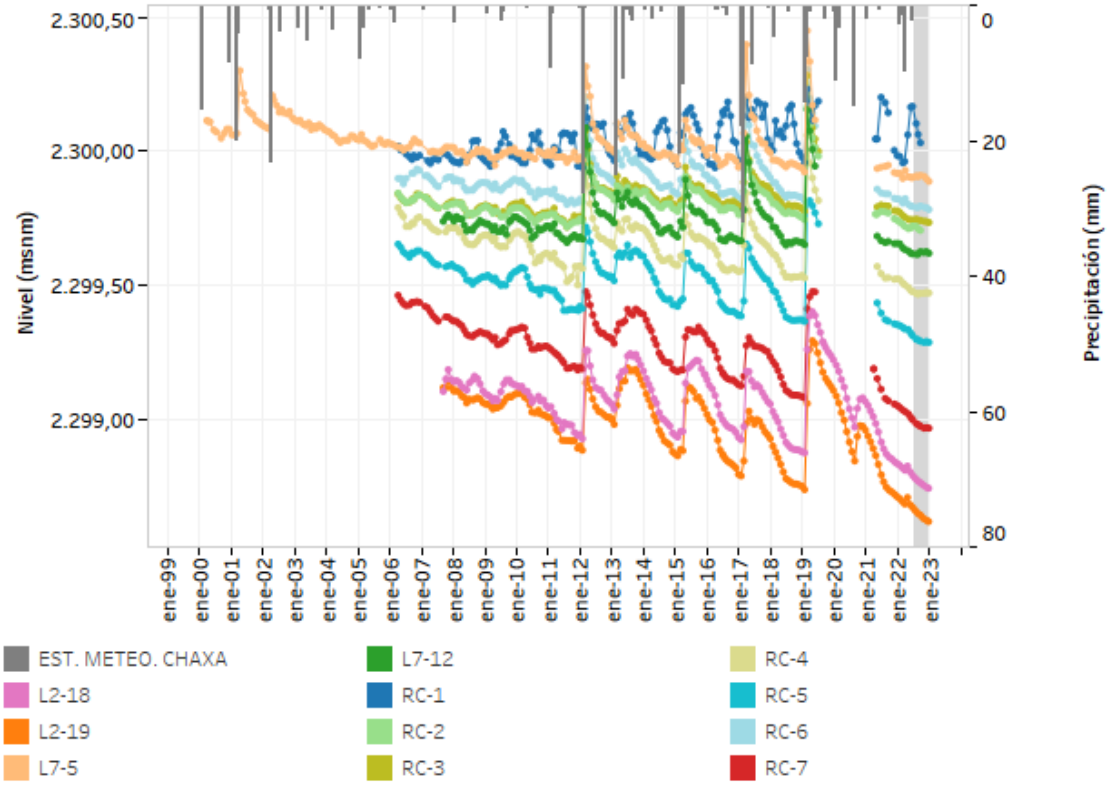


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Al oeste de las lagunas Chaxa y Barros Negros, se encuentra otro grupo de pozos; se trata de los puntos L2-18, L2-19, L7-4, L7-12, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-21 junto con el nivel del pozo RC-1 que, aunque se ha mostrado su evolución en el conjunto de puntos con comportamiento relacionado a los cuerpos de agua superficial, se muestra de nuevo como referencia para el análisis.

Los niveles del acuífero en este sector no muestran un comportamiento estacional, aunque sí se presentan algunas oscilaciones poco regulares y esporádicas. Por otro lado, se observa que la respuesta a los eventos de precipitación no es siempre proporcional a la intensidad de la lluvia y el tiempo de respuesta también varía. Este grupo de pozos destacan también por presentar un gradiente hidráulico con respecto el punto RC-1 (usado como referencia de los cuerpos de agua superficial). Se destaca también que la pendiente de descenso que describen los mínimos de los niveles (cuando no hay efecto de recuperación de las lluvias), aumenta en la medida que los puntos se encuentran más cercanos al núcleo; si se toma el periodo a partir de 2012 para la comparación, el punto L7-5 no muestra apenas descenso, el punto RC-5 tiene un descenso de unos 2,5 cm/año y el punto L2-19 es de 3,3 cm/año. Estos aspectos descritos llevan a la conclusión de que esta zona es una transición desde el área de recarga del norte y hacia el núcleo.

Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tal y como se ha descrito, en la zona marginal es donde se encuentran los objetos de protección definidos para el sistema Soncor. En este sentido, una vez analizados los niveles históricos junto con la nueva información del segundo semestre 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 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.

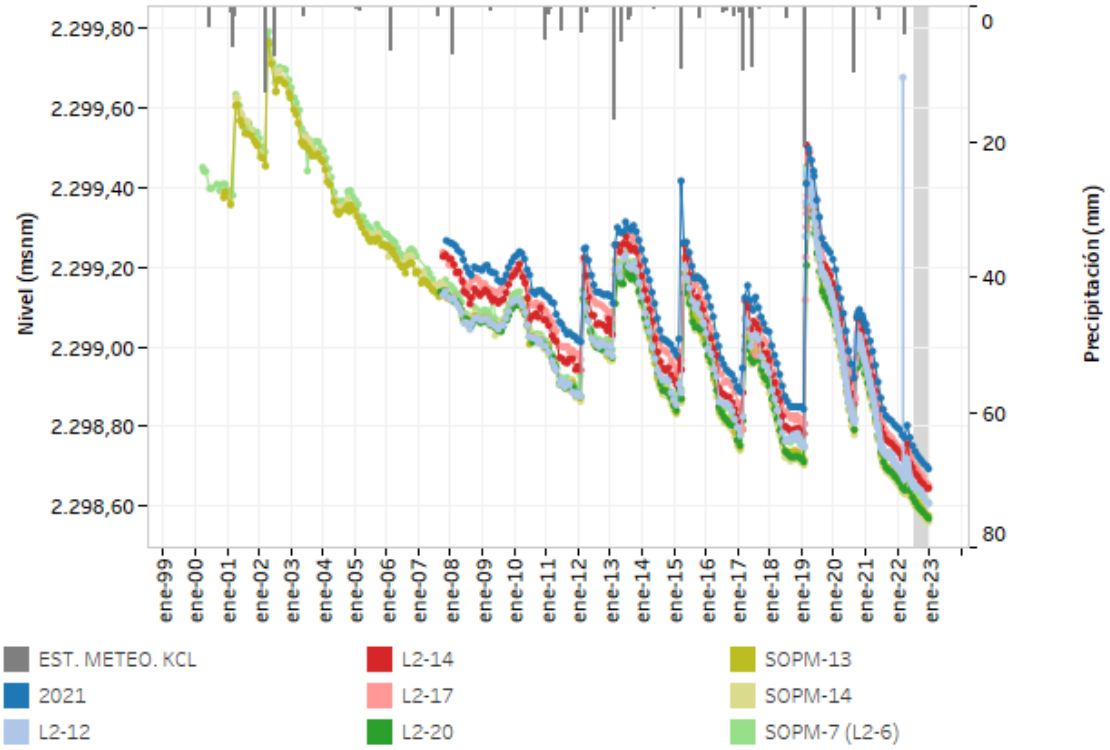
6.1.1.1.6 Pozos en Zona núcleo

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 6-22. 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.

La conclusión general del sistema Soncor – Vegetación Borde Este, es que los niveles mantienen las tendencias esperadas y en algunos casos dentro de los rangos históricos.

Figura 6-22: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor

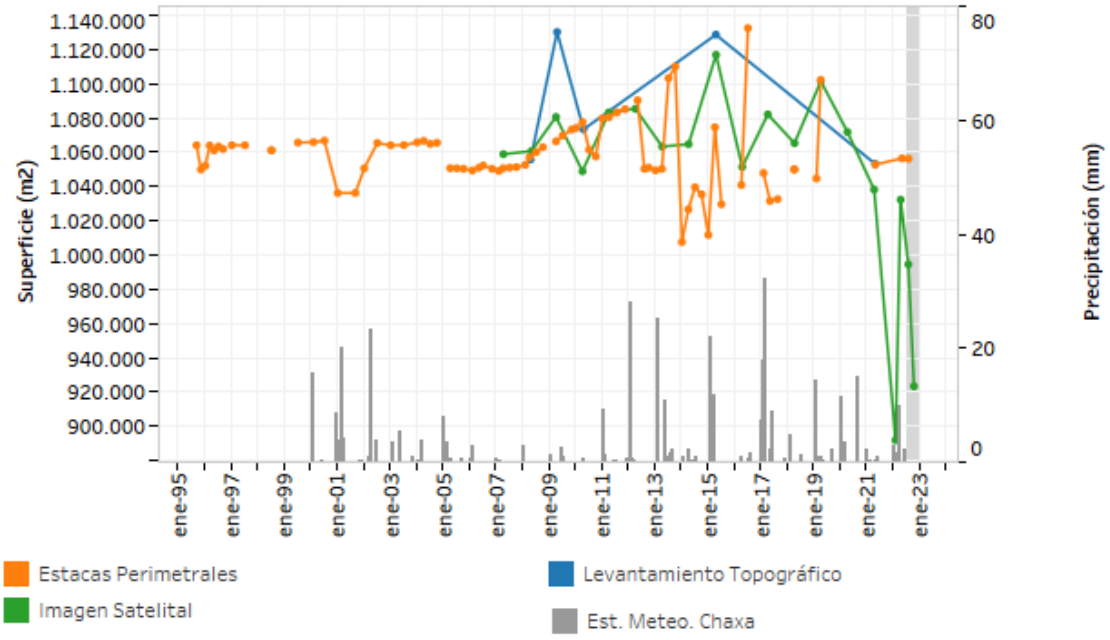


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.2 Superficie de los sistemas lacustres

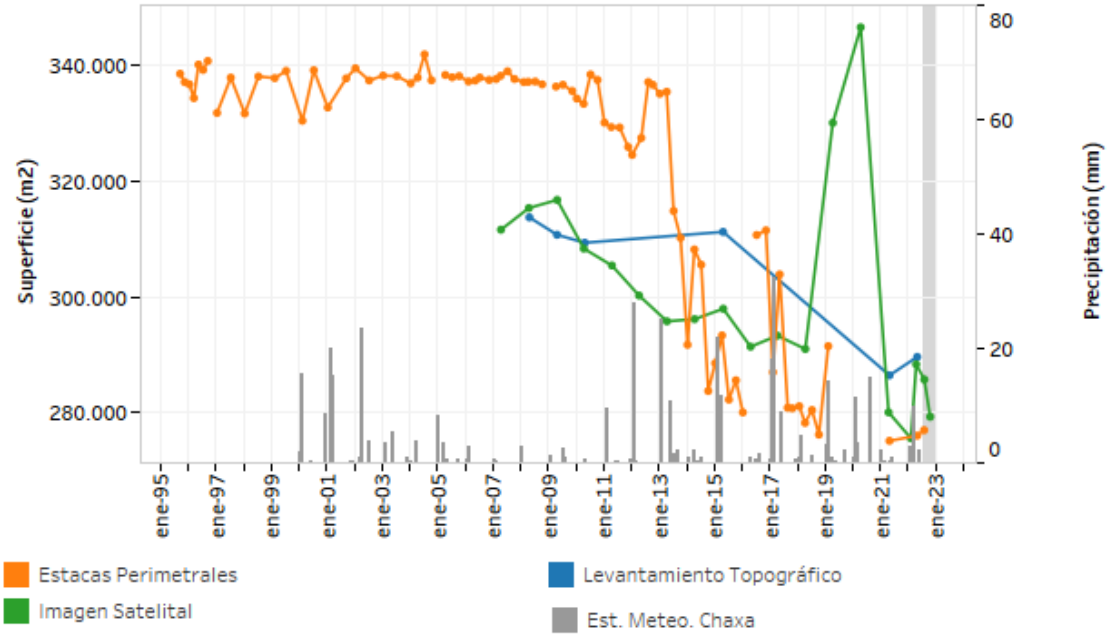
El conjunto lacustre del sistema Soncor está compuesto por las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros. La superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida históricamente a través de imágenes satelitales, estacas perimetrales y levantamiento topográfico. La Figura 6-23, Figura 6-24 y Figura 6-25 muestran la evolución temporal de la superficie lacustre de los sistemas Barros Negros, Chaxa y Puilar, respectivamente y con las tres metodologías en conjunto.

Figura 6-23: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en el cuerpo principal de Barros Negros – Soncor.



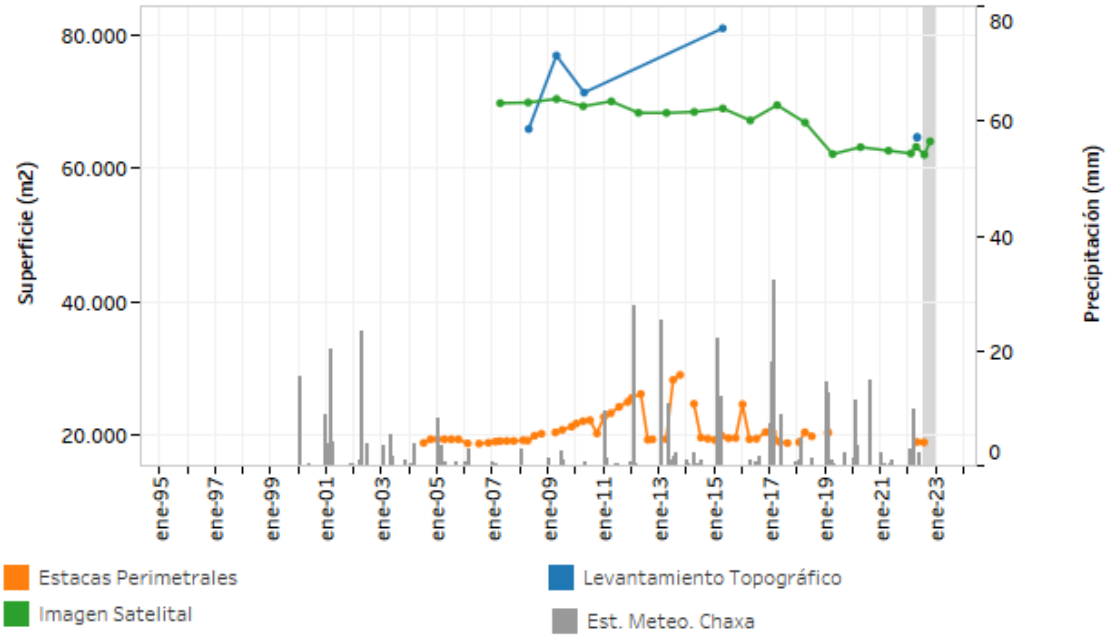
Fuente: elaboración propia. Notar incorporación de cálculo en enero del año 2022 (PdC 2022).

Figura 6-24: Superficie histórica de laguna Chaxa – Soncor



Fuente: elaboración propia. Notar incorporación de dato de enero 2022 (PdC 2022).

Figura 6-25: 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 las tres figuras, la barra vertical gris representa el periodo reportado, en ellos es posible ver reducciones de superficie lacustre entre julio y octubre para los sistemas lacustres de Barros Negros y Chaxa, mientras que se marca un aumento marginal en Puilar. Estas variaciones de carácter intraanual, obtenidas bajo el compromiso del Programa de Cumplimiento del año 2022, han logrado clarificar la componente estacional de la superficie lacustre, la cual es fuertemente marcada para el sistema lacustre de Barros Negros.

De las tres lagunas, aquella que experimenta una marcada reducción a nivel histórico es Laguna Chaxa. Esta reducción se encuentra controlada espacialmente por la reducción de extensión en la “Playa de Chaxa”, correspondiente al límite este del cuerpo principal (Figura 5-20).

Es necesario mencionar, que la metodología de estacas perimetrales difiere en magnitudes reportadas a la de recuperación vía imagen satelital, situación que es más notoria en Puilar, en donde las infraestructuras solo están en el canal de recarga del sistema y no en el cuerpo principal (Figura 5-19).

Es necesario mencionar que, para partes muy someras y/o con la presencia de lodo o barro, el cálculo de extensión lacustre se torna difuso, razón por la cual el acceso a los sistemas lacustres y la toma de puntos de control se torna un elemento clave en la rectificación de límites lagunares.

6.1.1.3 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación Chaxa considera la medición de los parámetros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura desde el inicio del proyecto (Figura 6-26). La precipitación, evaporación y temperatura son parámetros condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema.

La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. El primer periodo, entre mayo 2007 y diciembre 2011, puede considerarse una época seca. Esto dado que se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 9,4 mm en el mes de febrero 2011. Posterior a esta fecha, desde el 2012 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Esto ocurre principalmente en el primer trimestre de los años 2012, 2013, 2015, 2017 y 2019, alcanzando un máximo histórico de 32,3 mm/día el día 25 de febrero de 2017. Durante el periodo a reportar, no se observan eventos de precipitación por lo que el total acumulado para el segundo semestre de 2022 es de 0,0 mm. Sin embargo, durante el primer semestre de 2022 (reportado en el informe PSAH N°31) se registró un total acumulando de 18,8 mm, equivalente al total acumulado anual del año 2022.

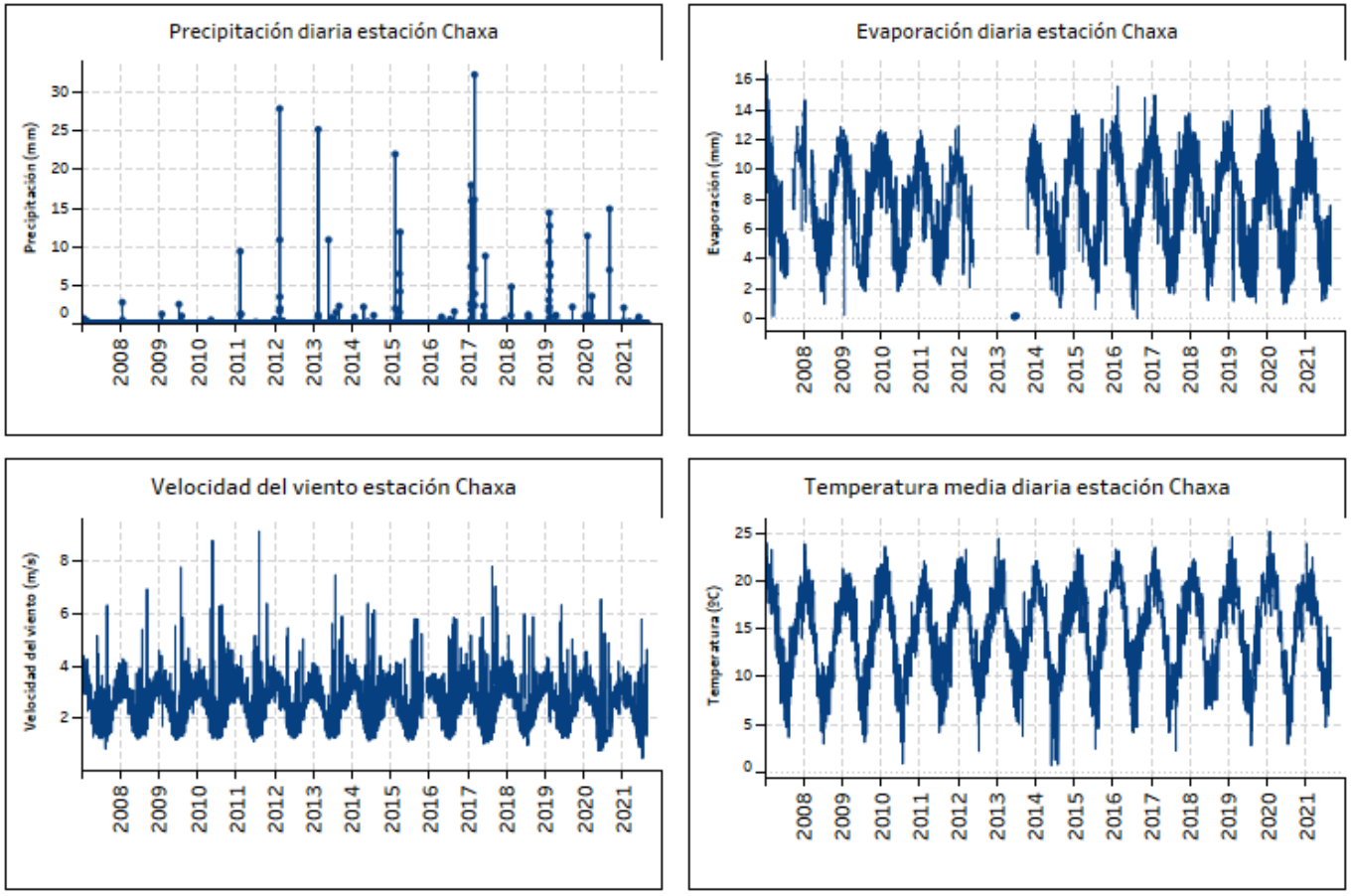
A nivel histórico (ver Figura 6-26), la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con máximos en verano. Cabe señalar que, aquellos pozos con una periodicidad anual en sus niveles se encontrarían influenciado por la evaporación y la temperatura del sector. Asimismo, la temperatura promedio para el segundo semestre de 2022 ha sido de 13,02 °C, vale decir, 1,38°C inferior al promedio histórico (hasta el 30 de junio de 2022) de 14,40°C históricos. De igual forma, la evaporación promedio durante el segundo semestre de 2022 registro un promedio de 7,16 mm/día en la bandeja de evaporación de Chaxa, vale decir, unos 0,59 mm inferior al promedio histórico de valor 7,75 mm/día.

Del mismo modo la velocidad del viento promedio durante el segundo semestre de 2022 registro 2,68 m/s día, unos 0,03 m/s inferior al promedio histórico de 2,71 m/s día con registros desde 1999 a la fecha.

Mencionar, además, que la falta de datos de evaporación entre mediados de mayo de 2012 hasta octubre de 2013, fue reportada en el informe Nº10 del PSAH. Por otro lado, el equipo de medición de evaporación de la estación presento falla en sensor durante julio a octubre de 2022; 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 la última quincena de agosto en el pluviómetro de Chaxa influyendo en los datos de precipitación[53].

[53] 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 6-26: Meteorología Estación Chaxa



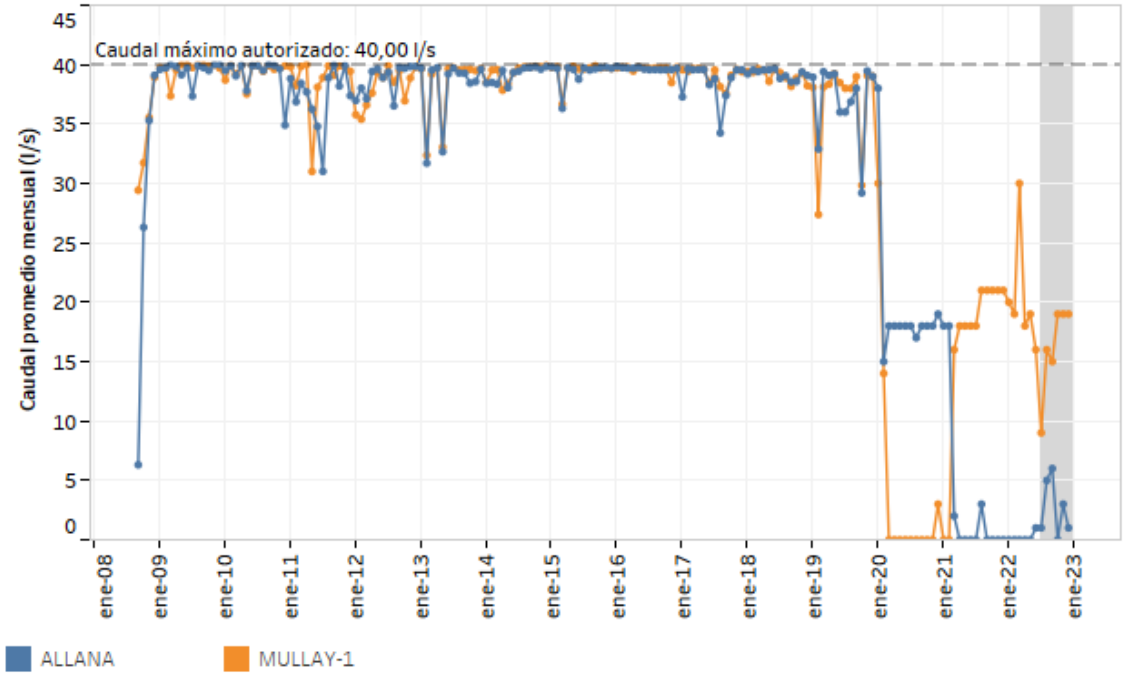
Fuente: Elaboración propia.

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 6-27 se muestran los caudales medios mensuales históricos hasta el 31 de diciembre de 2022. Desde su puesta en marcha, ambos pozos han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s cada uno). A partir de junio 2018 ambos se mantuvieron alrededor de los 39 L/s y en 2019 disminuyó el régimen de extracción, registrando mínimos sobre los 27 L/s. En febrero de 2020, en un marco de decisiones de carácter operacional, se reduce a más de la mitad el caudal del pozo Allana (18 L/s aproximadamente) 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.

Asimismo, los caudales de Allana variaron durante el segundo semestre de 2022 entre los 0,19 L/s hasta los 6,02 L/s y en Mullay-1 entre los 9,08 L/s y los 19,35 L/s, otorgando un promedio a Allana semestral de 2,81 L/s y de Mullay de 16,41 L/s.

Figura 6-27: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.1.5 Calidad Química

6.1.1.5.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

La evolución histórica de los parámetros fisicoquímicos medidos en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor se presenta en las siguientes figuras: Figura 6-28, Figura 6-29, Figura 6-30, Figura 6-31, Figura 6-33, Figura 6-34, Figura 6-35, Figura 6-36, Figura 6-37 y Figura 6-38 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[54, 55].

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.

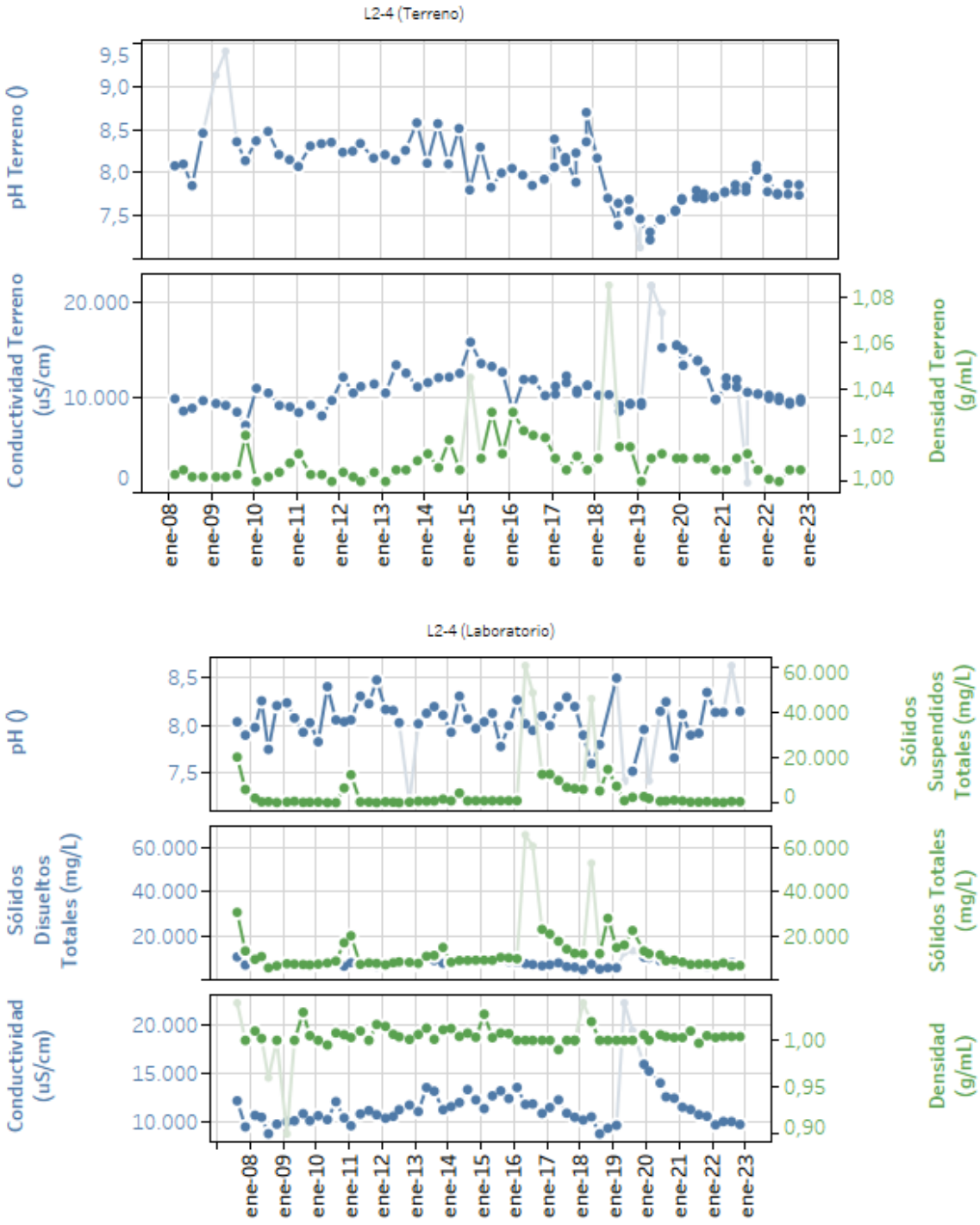
La reglilla L7-G1 presenta una marcada estacionalidad para la conductividad y los sólidos disueltos y totales, mostrando valores máximos en verano y mínimos en invierno, coincidente con el régimen de evaporación y contrario al régimen de caudales del canal de Burro Muerto.

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.

[54] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Life Sciences Chile hasta julio de 2008. Se adjuntó carta explicativa emitida por ALS Life Sciences, así como un breve análisis.

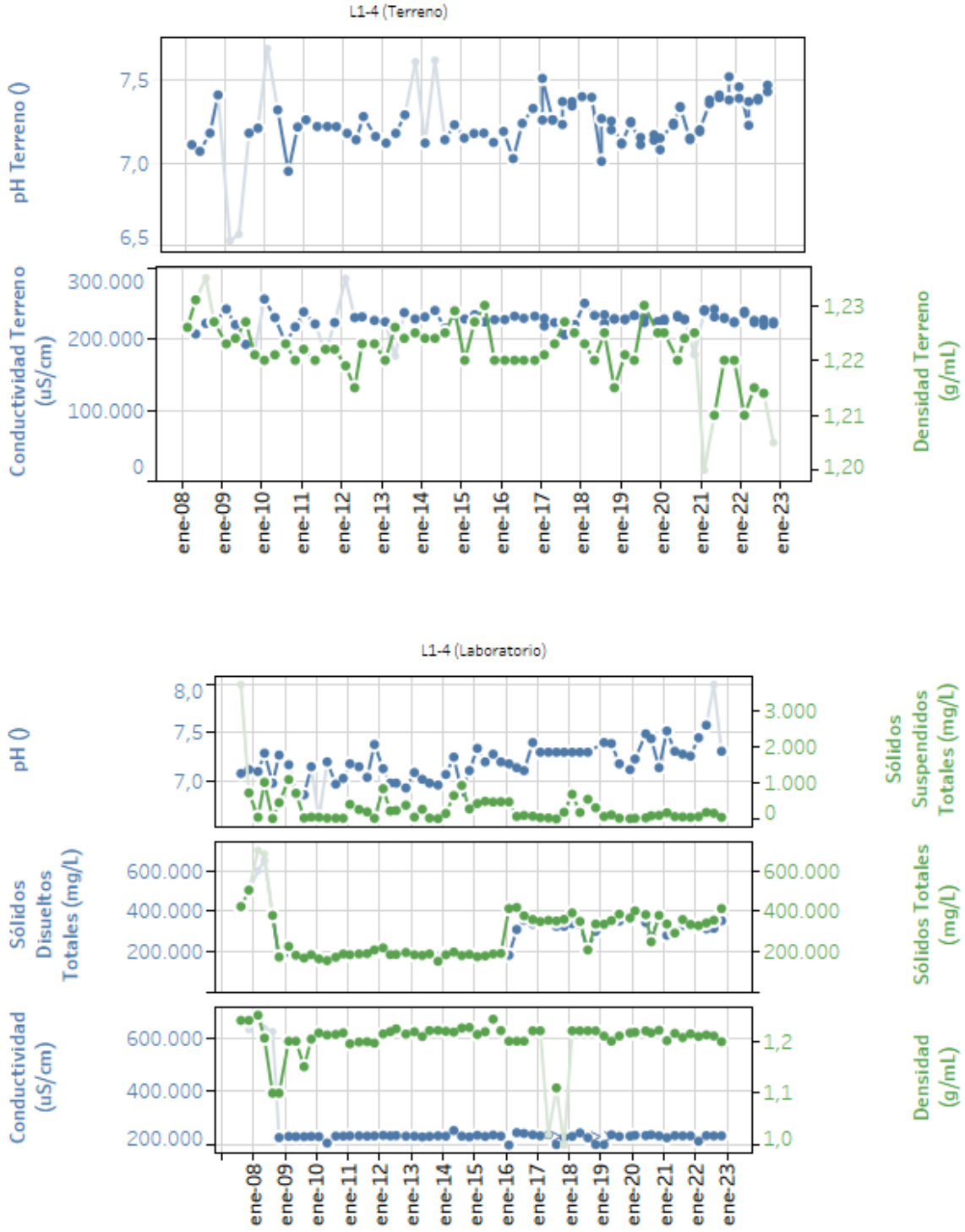
[55] En el informe N°26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS en el mismo informe, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para evitar que vuelva a suceder.

Figura 6-28: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4



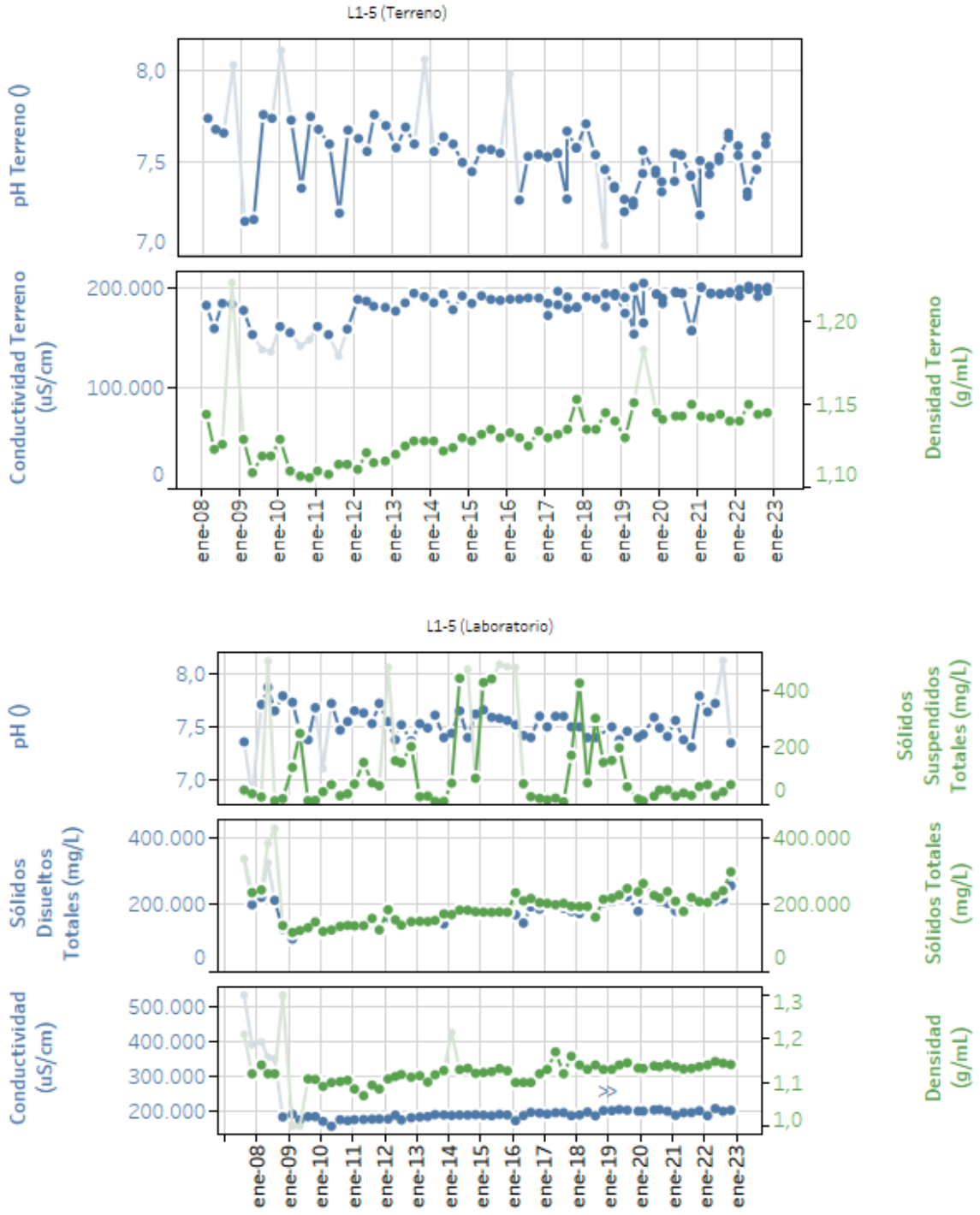
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-29: 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 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5

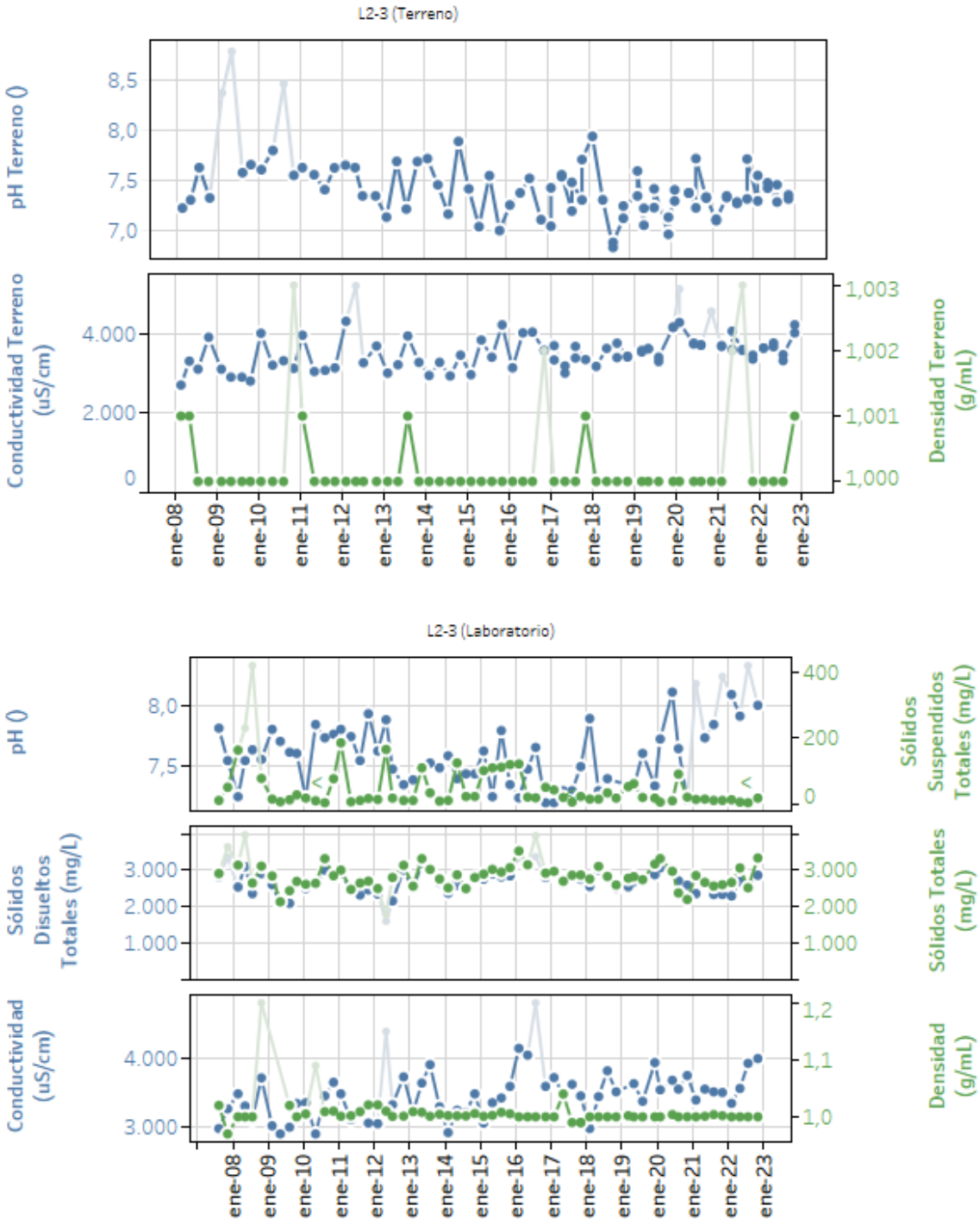


Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta ”<” o “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6

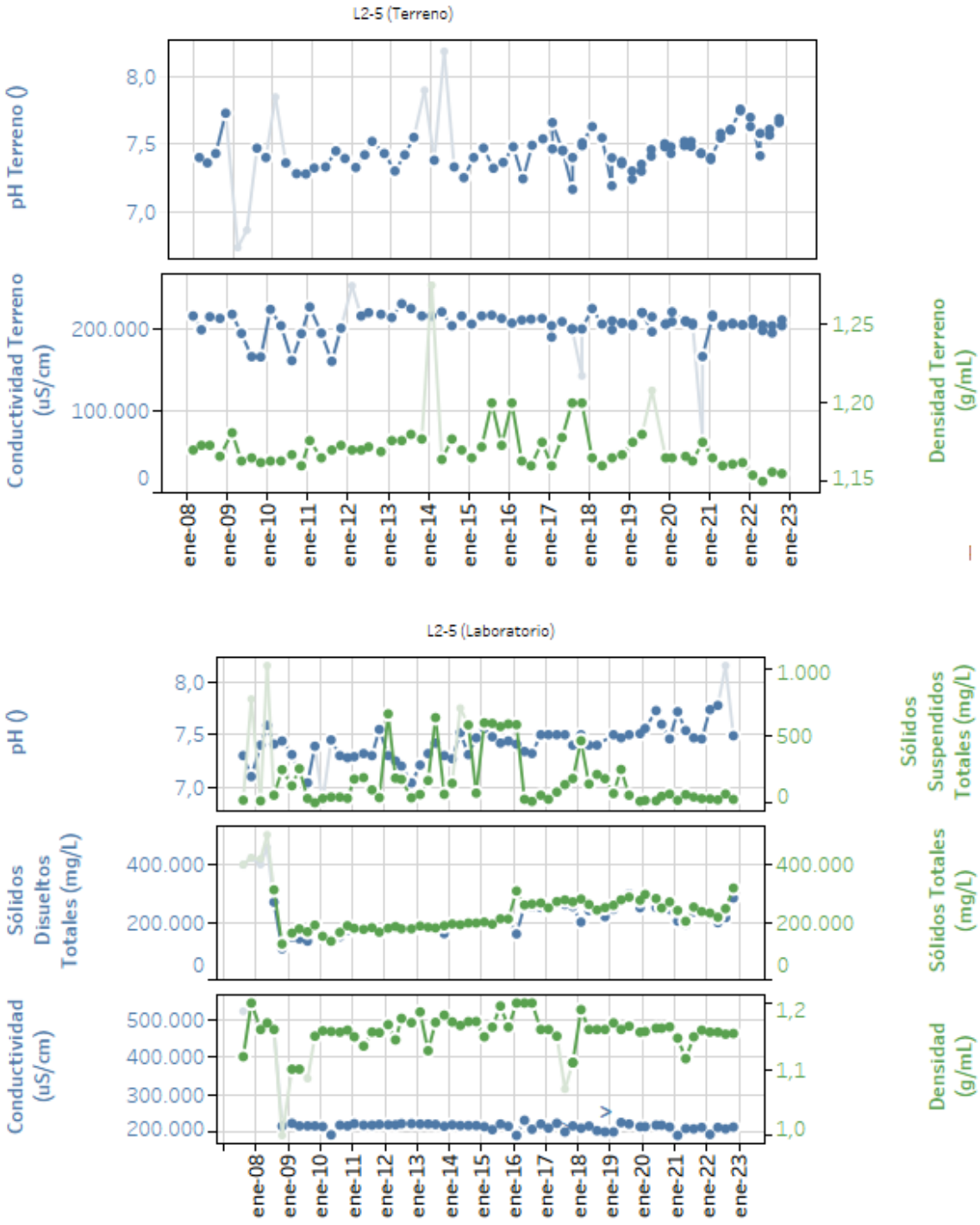
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3



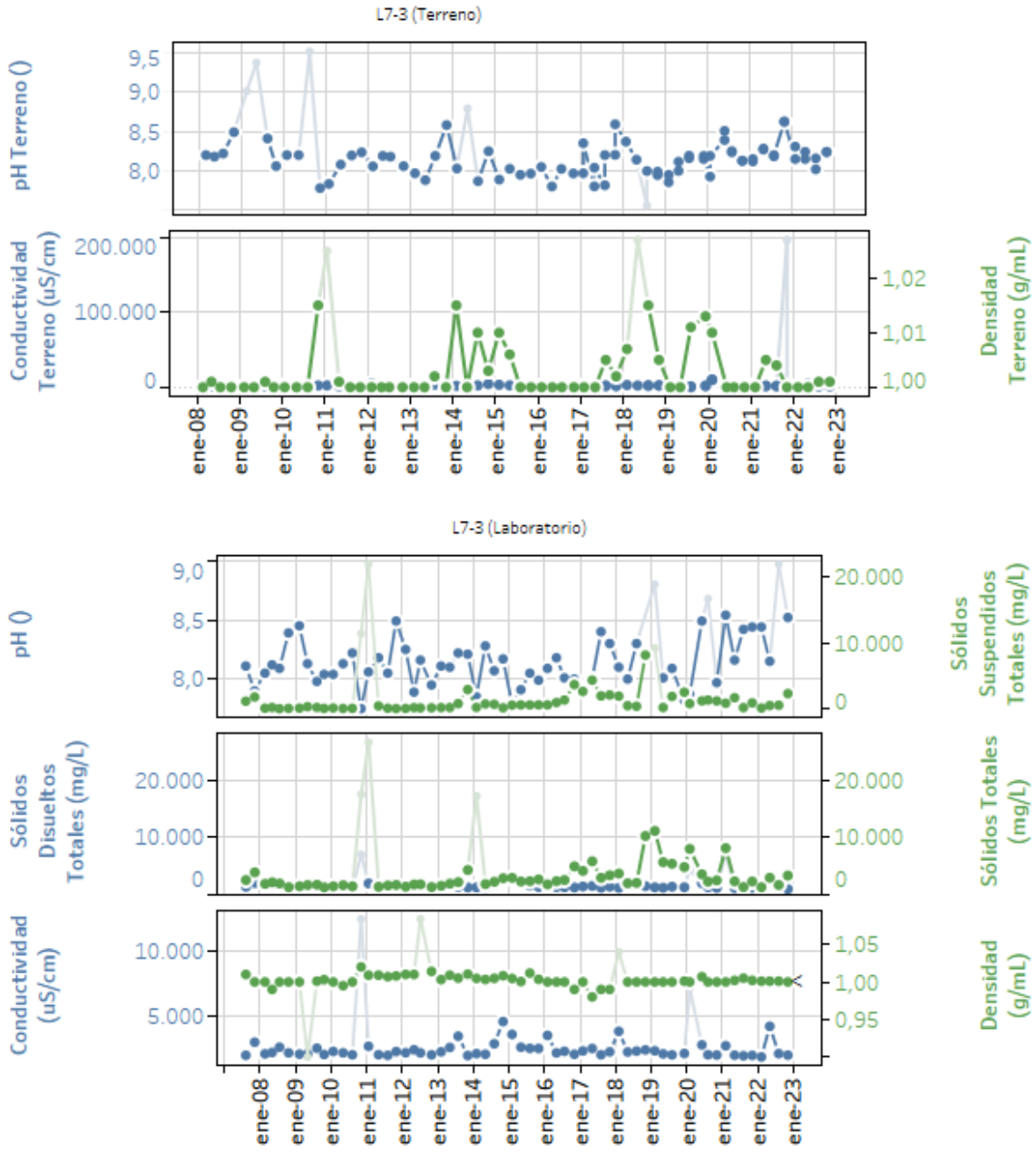
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-33: 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 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3

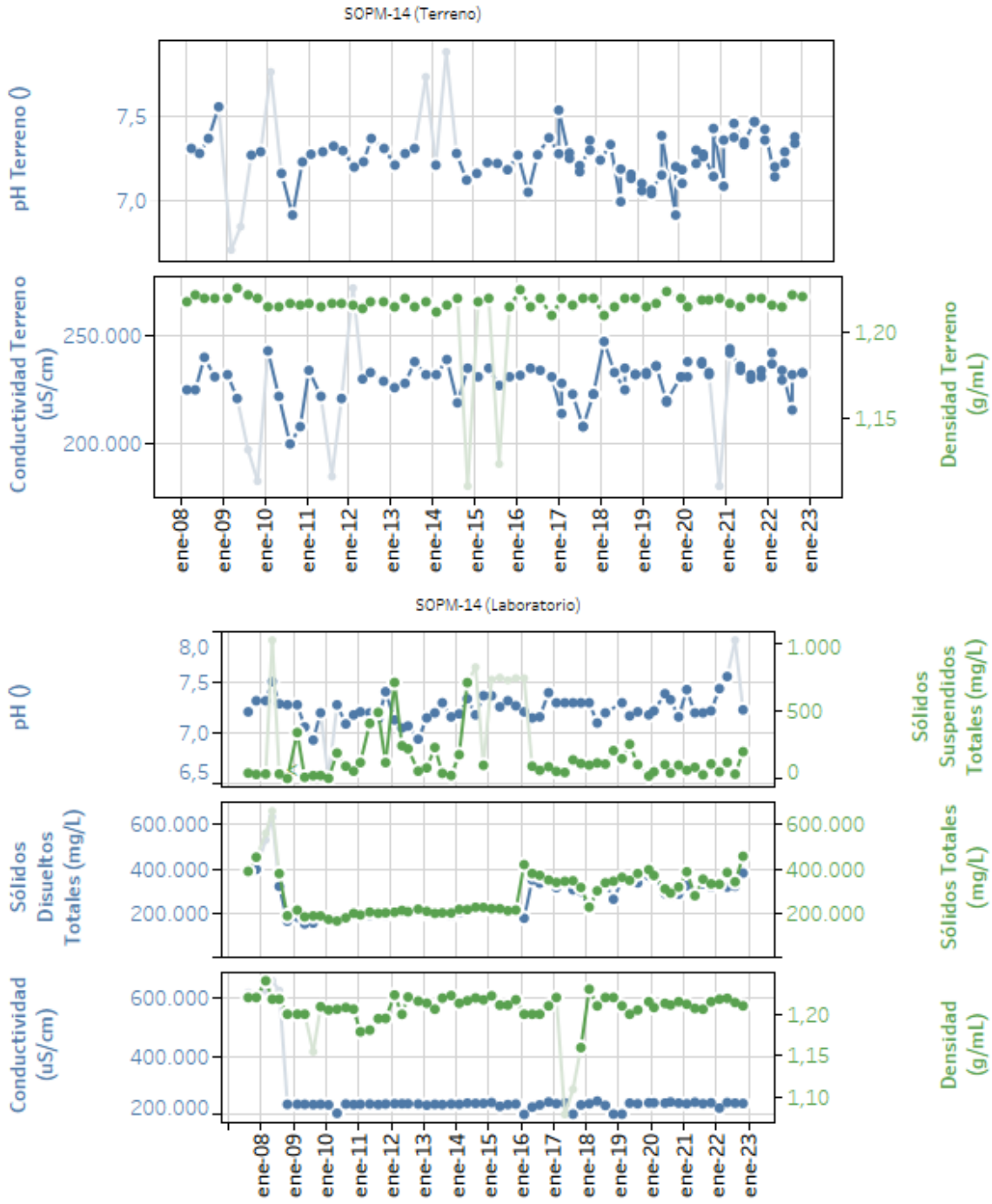


Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-35: 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 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14

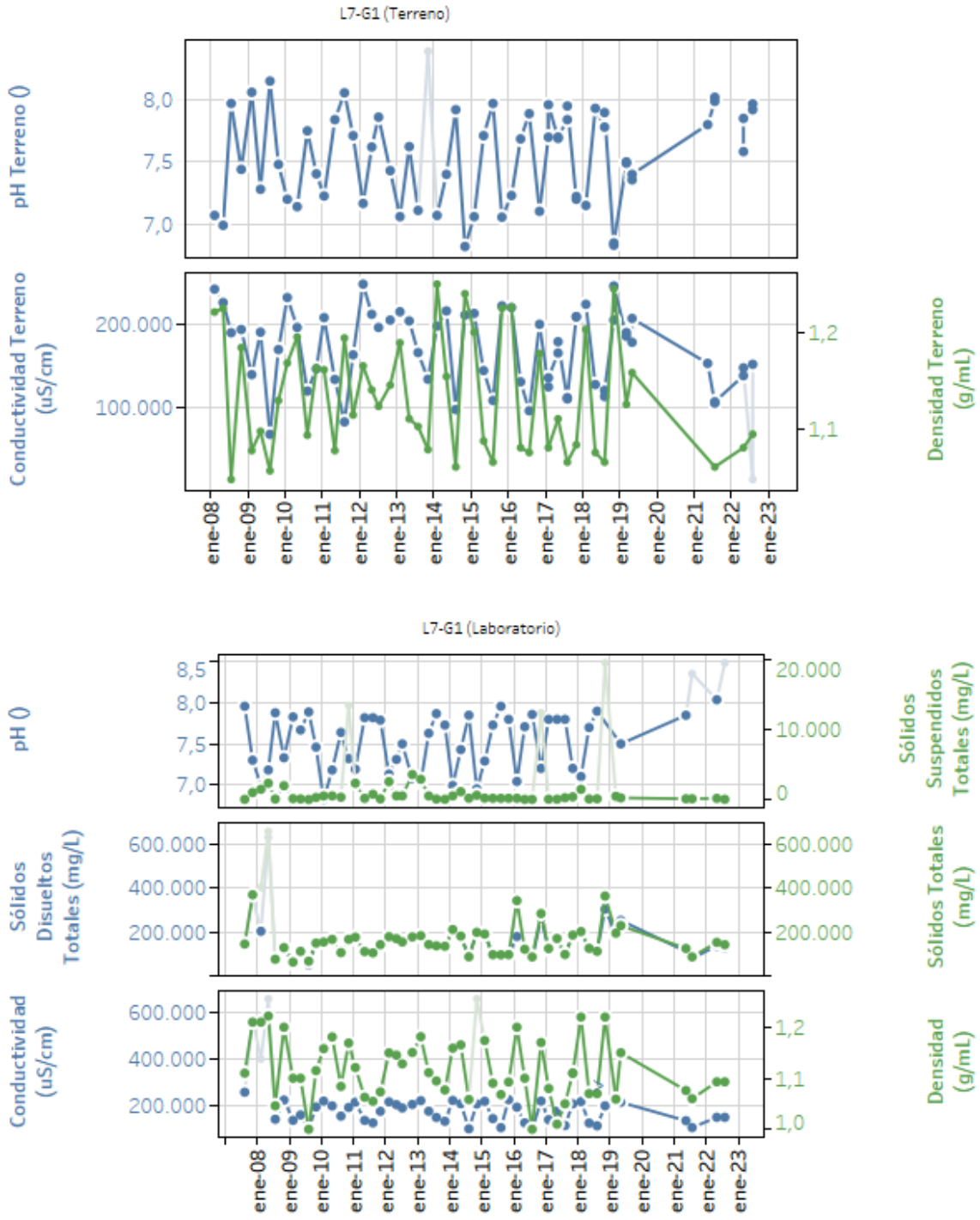


Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta"<" o ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-37: 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 6-38: 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 segundo semestre de 2022 se encontraron dentro del rango registrado históricamente. Las excepciones pueden agruparse en tres tipos:

- Las mediciones de pH de laboratorio del tercer trimestre (julio de 2022) presentaron valores atípicos de la serie histórica en todos los puntos de muestreo, por lo que, se asigna un error sistemático por parte de la medición realizada en el laboratorio en las mediciones durante este mes, probablemente asociados al holding time máximo de 24 a 48 hrs posterior a la toma de muestra en terreno y la medición realizada en laboratorio. Esto es correlacionable con las mediciones realizaras en campo donde los valores si se encuentran representadas por valores de pH históricos.
- Tanto los valores bajos y altos de Densidad terreno en los puntos L1-4 y L1-6, respectivamente, no se observa en la densidad de laboratorio ni en ningún otro parámetro correlacionable, por lo que puede ser atribuido a fallas en la medición. Para ambos casos, las mediciones tomadas en julio y diciembre se han desvalidado en la serie histórica.
- Posibles tendencias temporales asociadas a distintos fenómenos, los cuales se describen en los próximos párrafos.

Respecto a la evolución temporal, las tendencias más claras se observan en la concentración de SDT, ST, CE y Densidad. Estos parámetros tienden al aumento en los puntos L1-5, L1-G4 Reglilla. Ambos puntos se han visto afectados por el cambio en el comportamiento de la dinámica de desborde de la laguna Barros Negros evidenciado a contar del año 2012 originando que, en la actualidad, los aportes al sector de Cola de Pez sean menores, pudiendo explicar también el comportamiento observado en los puntos ubicados en dicho sector (L1-G4 Reglilla y L1-5). Un detalle de la relación entre el cambio en la dinámica de desbordes Barros Negros y su influencia en la química en los pozos ubicados en los

sectores Cola de Pez y hacia el sur se expone en el informe presentado a la autoridad en el marco de la activación de Fase II[56].

Puede notarse que los Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales muestran un aumento abrupto en enero de 2016 y luego una relativa estabilización en los pozos L1-6, L2-5, L1-4, SOPM-7 (L2-6) y SOPM-14, como se comentó en el informe Anexo 10.3, del informe 26 PSAH 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 6-39 y Figura 6-40 , respectivamente.

Ambos puntos se encuentran en el acuífero aluvial, caracterizado por presentar una CE y concentración de SDT menores de 5.000 µS/cm y 5.000 mg/L, respectivamente. El modelo conceptual en el acuífero aluvial índica que la dirección de flujo es hacía el oeste, en su trayecto hacía la zona marginal las aguas se enriquecen por disolución de sales, descargando en la zona marginal y sistemas lagunares, donde la mayor parte de esta agua se evapora.

En ambos pozos de extracción la mayoría de las mediciones realizadas el segundo semestre de 2022 se encuentra dentro del rango histórico, con la excepción de la densidad de terreno de julio y octubre en el punto Allana, con una desviación de 0.01 ‰ respecto de la serie histórica (1,00g/mL frente a 1,001 g/mL en el histórico), esta desviación se repite para Mullay-1 durante la medición de densidad de terreno durante diciembre.

[56] Informe “Análisis de la dinámica de la laguna Barros Negros y su implicancia sobre la activación del Plan de Contingencia en el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4” realizado por SQM el año 2018.

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1

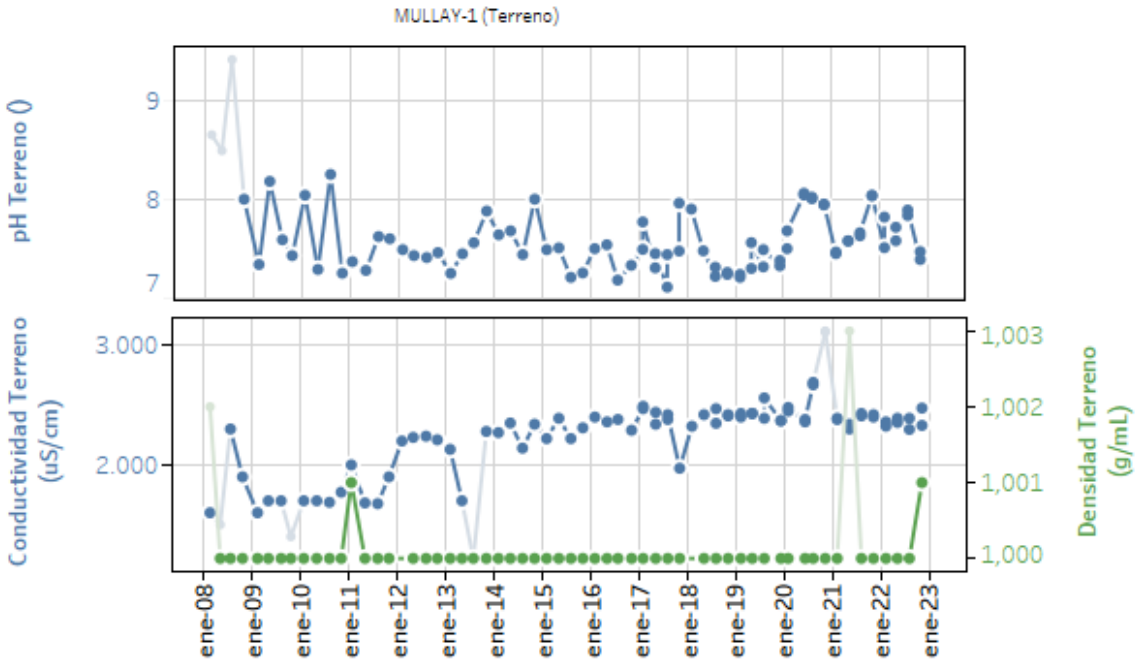
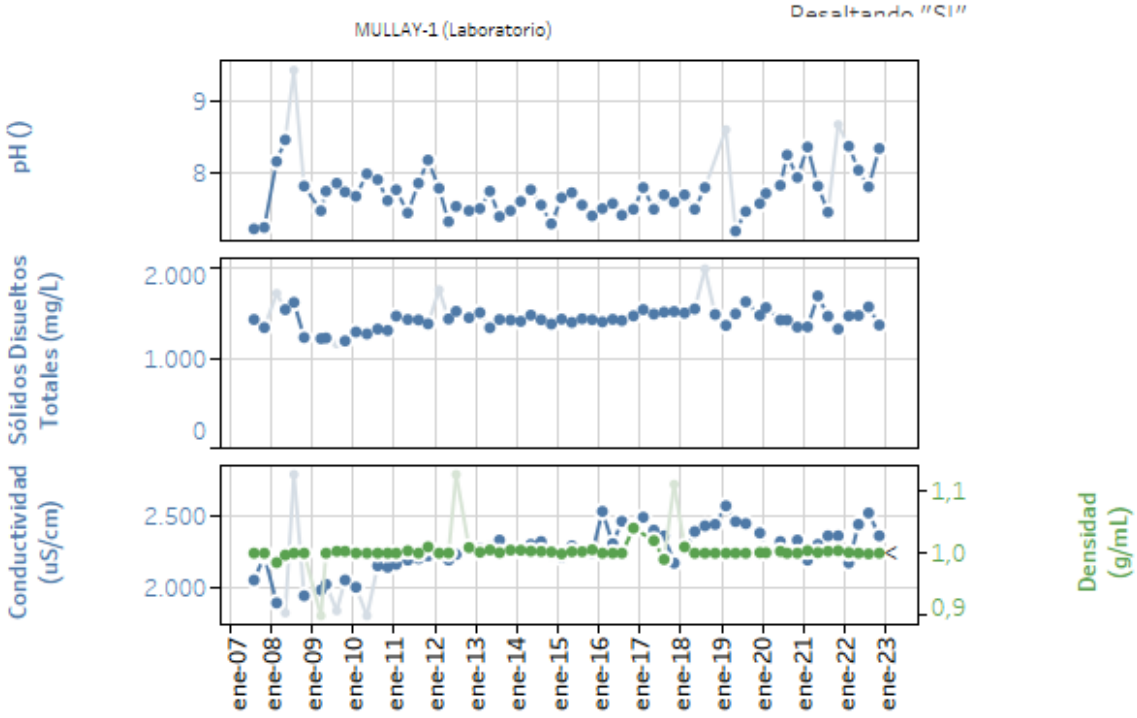
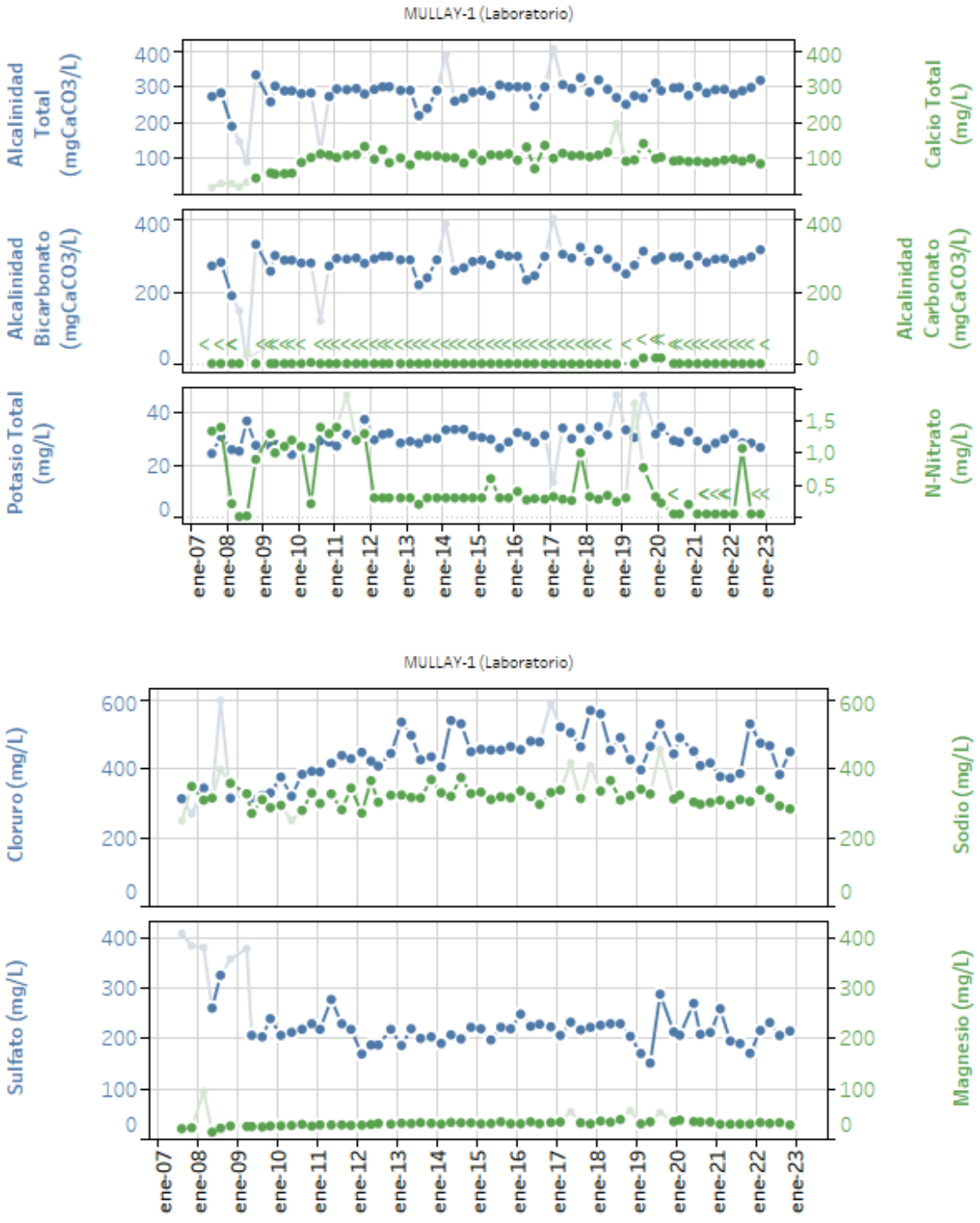


Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1

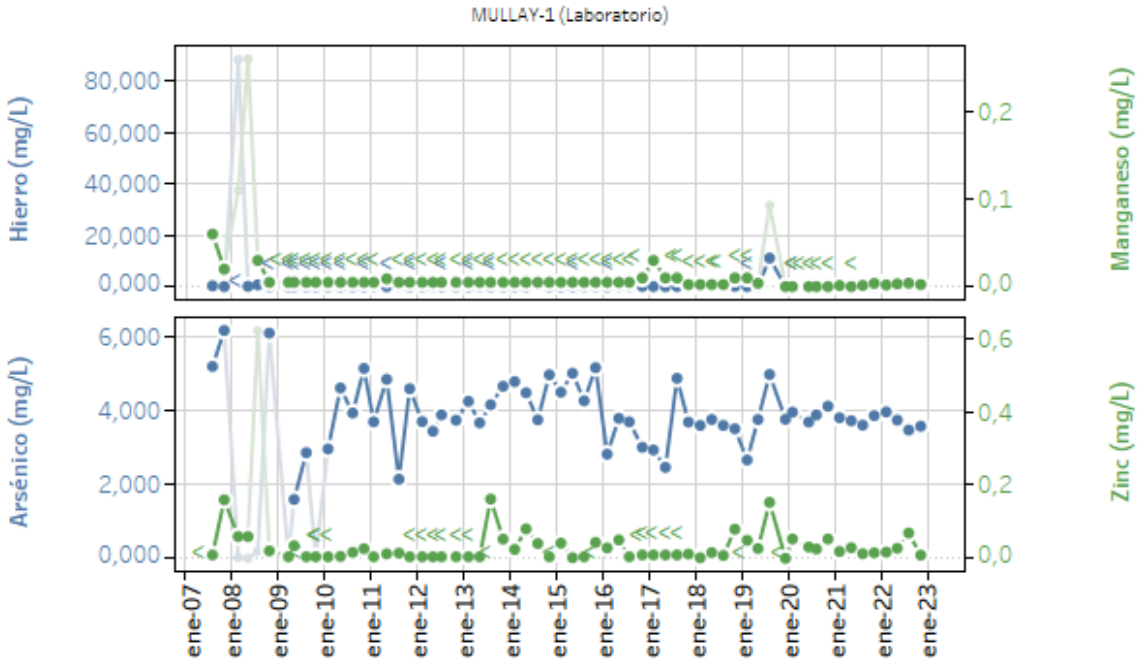


Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-40 (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 6-40: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana

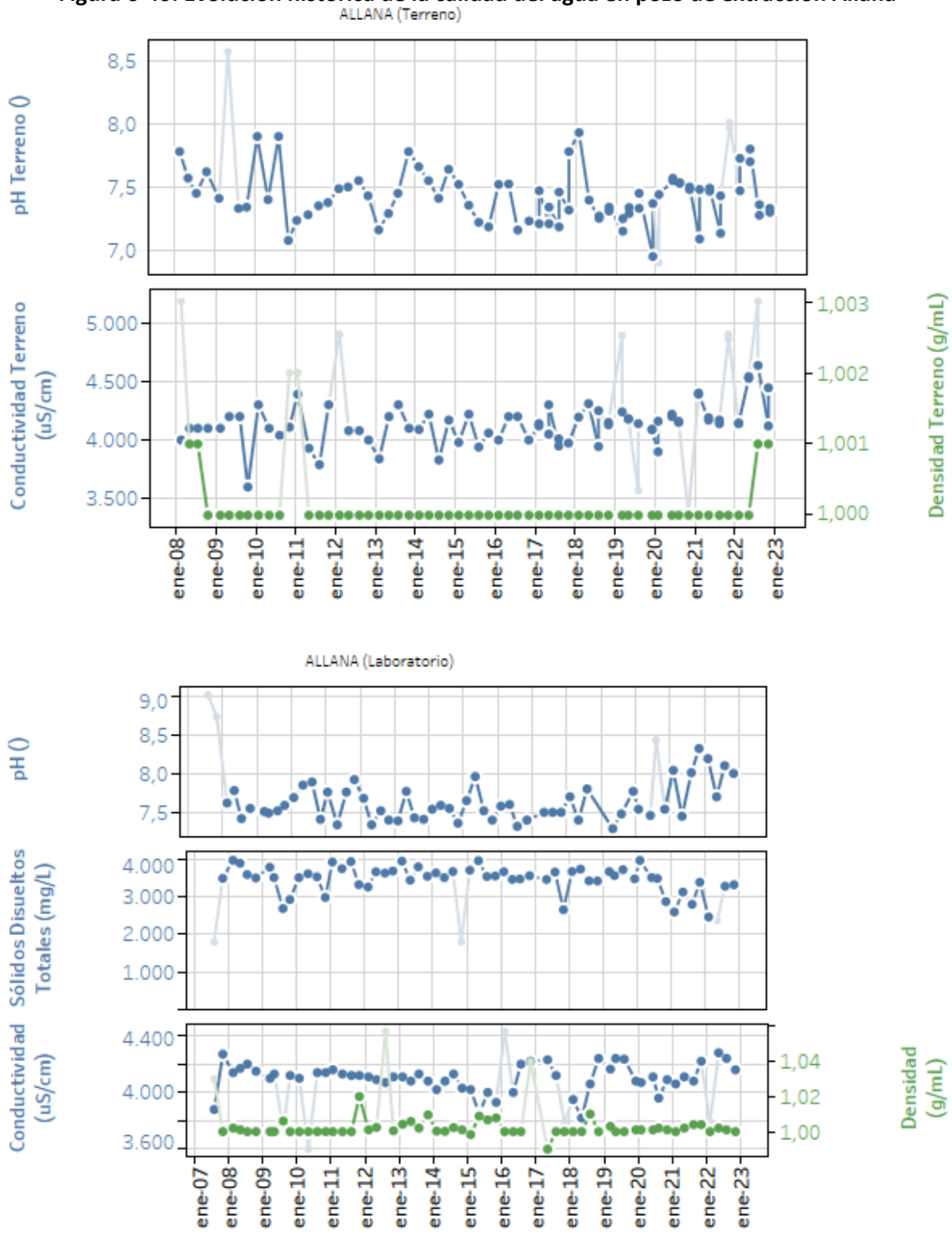


Figura 6-40 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana

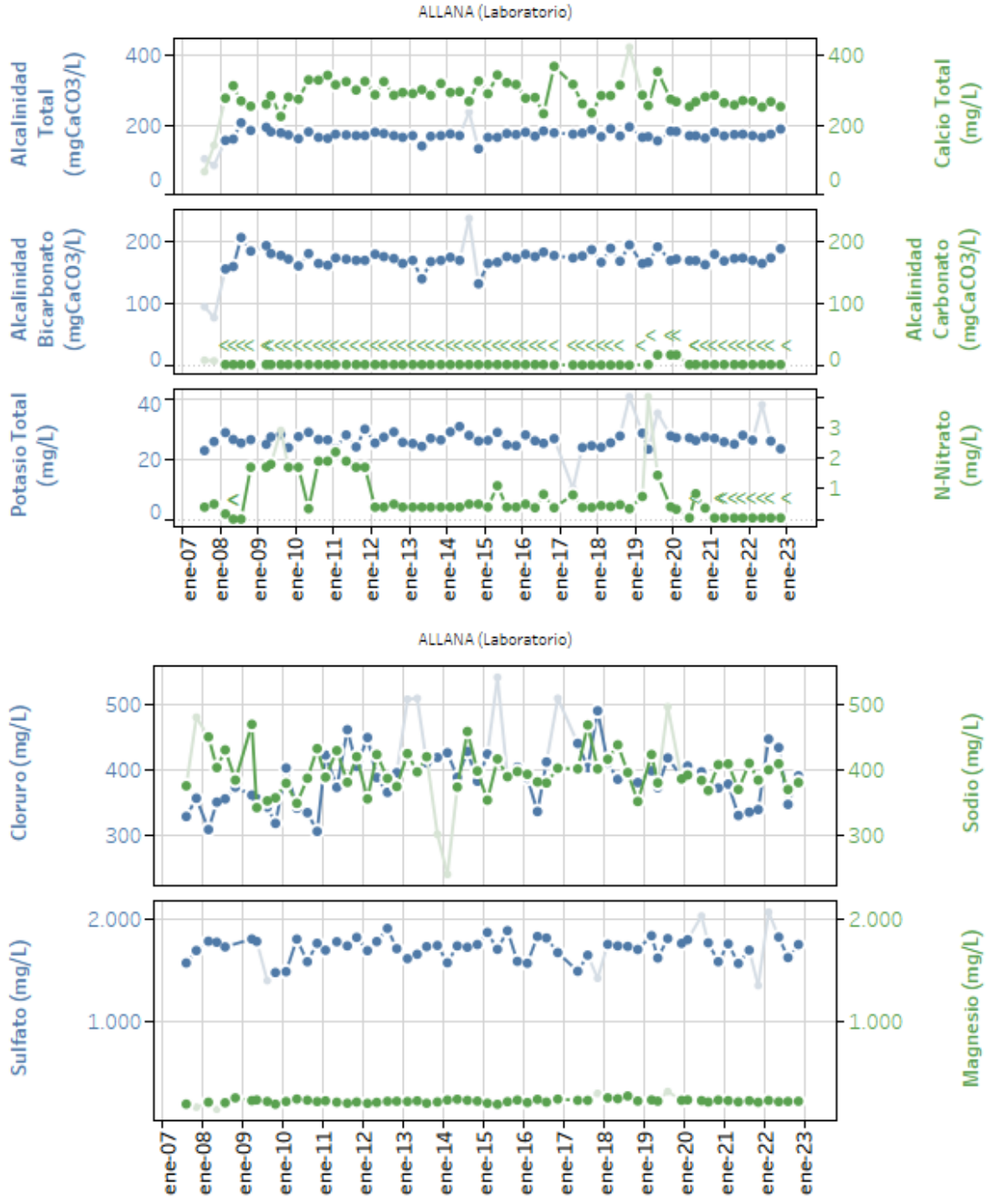
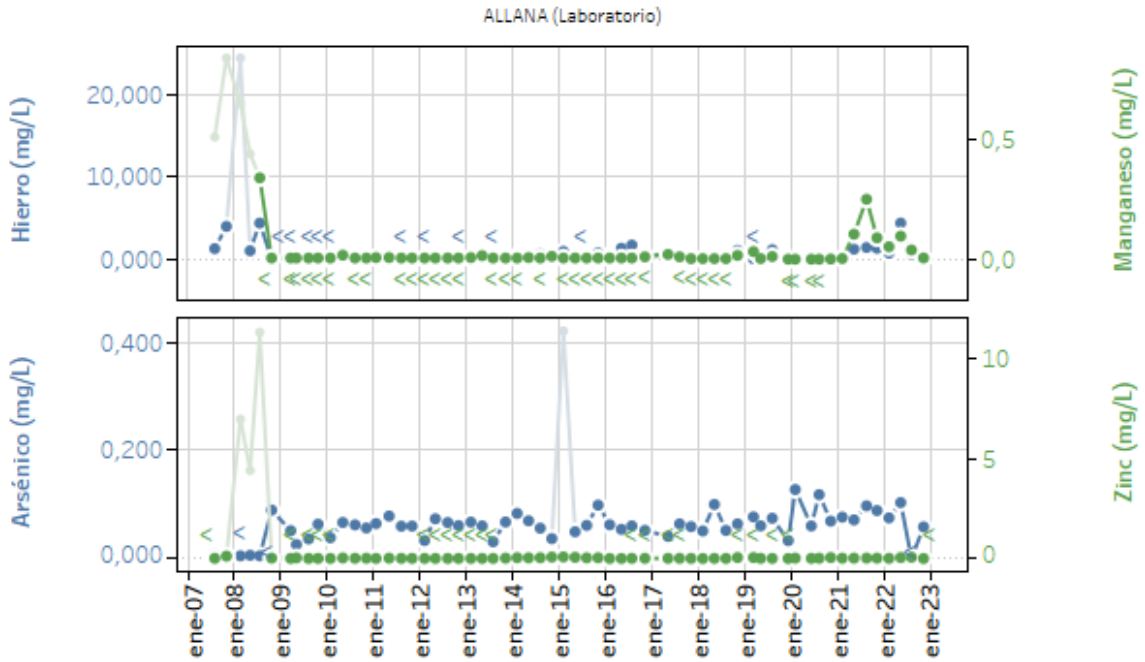


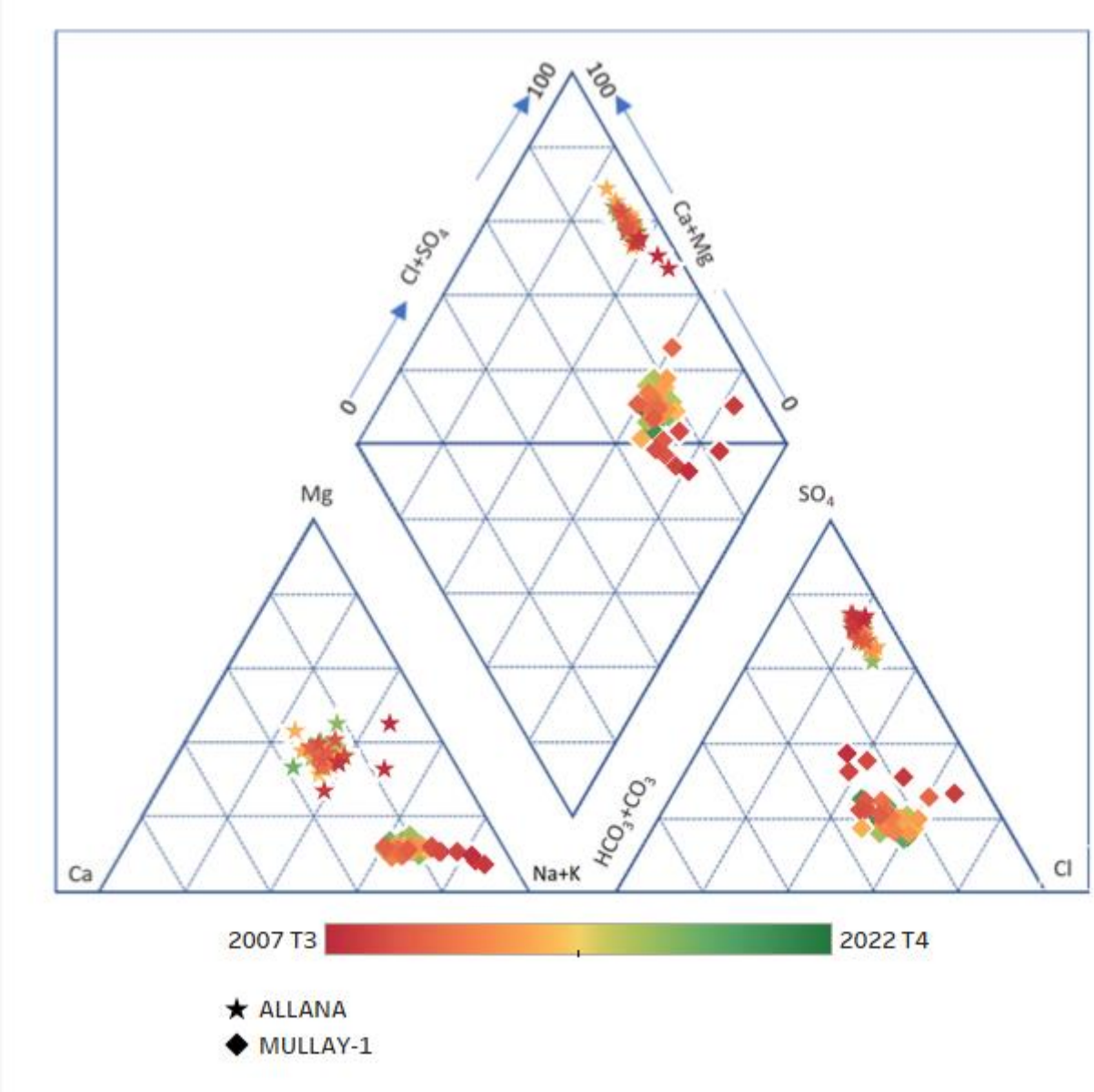
Figura 6-40 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



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 6-41 muestra un diagrama de Piper para las muestras colectadas en estos puntos que han sido validadas con un balance iónico menor de 10%. El pozo Allana presenta una composición marcadamente sulfatada cálcica magnésica, a diferencia de Mullay-1 el cual presenta históricamente una composición clorurada sódica. Además, el punto Allana presenta, mayores valores de CE y de concentración de SDT, que Mullay-1. Por su parte, el pozo Mullay-1 presenta mayores concentraciones de As, Mn. Todo ello es esperable pues, la mayoría de los pozos en el acuífero aluvial se observan 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 6-41: Diagrama de Piper para los puntos Mullay-1 y Allana



Fuente: Elaboración propia

Respecto a tendencias temporales, en la Figura 6-41 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 (Figura 6-38), en varios de estos casos las concentraciones pueden considerarse *outliers*, según el criterio de concentración de promedio ± 2 STD.

Exceptuando esos puntos, los cloruros mostraron un aumento hasta 2013. Sobre el resto de los parámetros, únicamente muestran leve tendencia al aumento los sólidos disueltos totales y la conductividad. La ausencia de tendencia en los últimos años indica que el punto ha alcanzado cierto equilibrio en la zona de donde recibe sus aportes, mostrando químicas más estables.

El punto Allana presenta una menor evolución en sus iones mayoritarios (Figura 6-41) inicialmente tuvo menor concentración de cloruros, mayores concentraciones de sodio y potasio, posteriormente a 2010 en general se ha mantenido estable hasta este reporte.

6.1.1.5.3 Calidad del agua en sistemas lacustres

Las Figura 6-42, Figura 6-44, Figura 6-47 y 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 segundo semestre de 2022 todos los parámetros medidos se encuentran dentro del rango histórico para los distintos puntos. Únicamente se observa un valor de salinidad (%) durante julio 2022 menor al mínimo histórico (13,00% frente a 16,70% en histórico), esto se observa en la Figura 6-48.

Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto

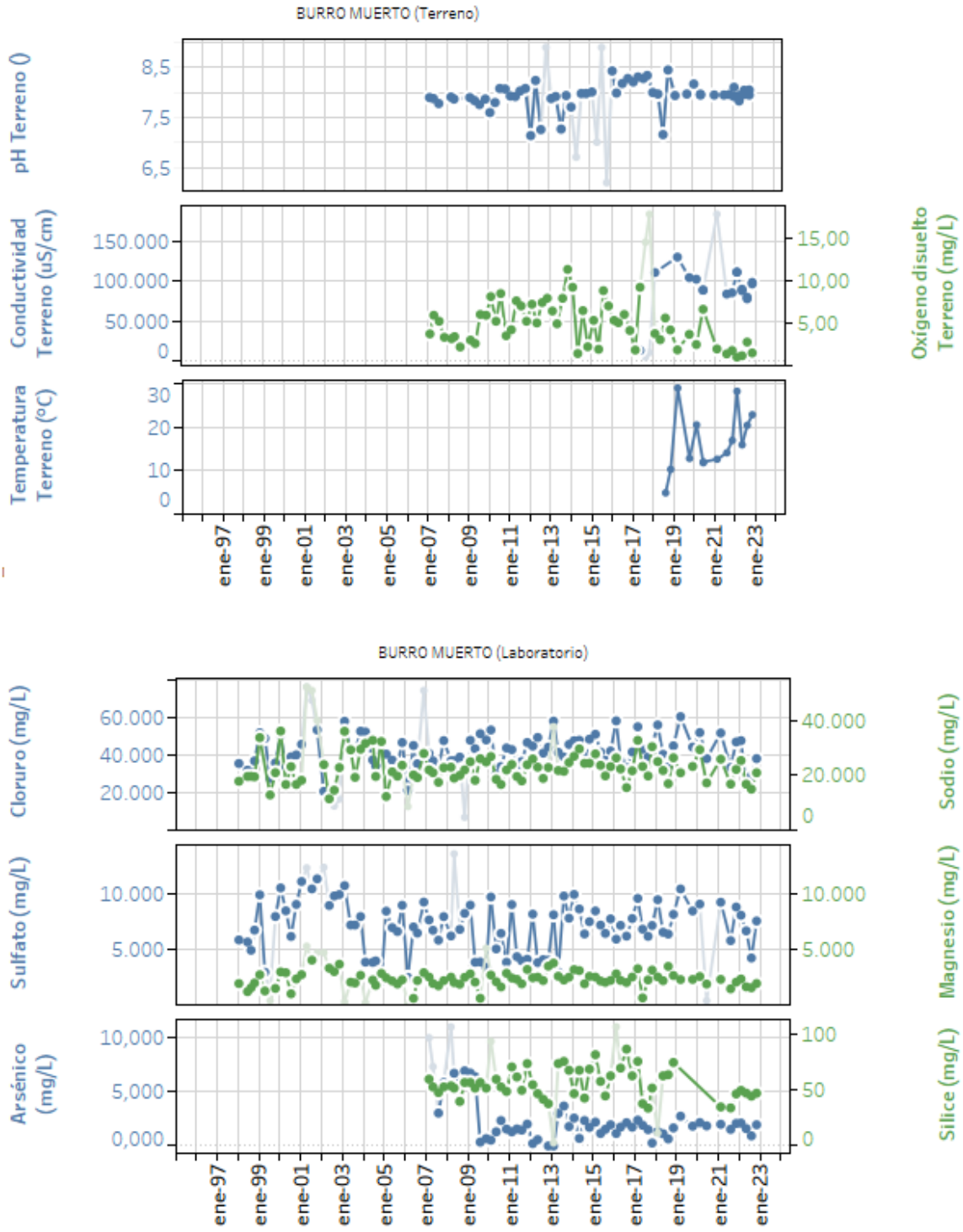
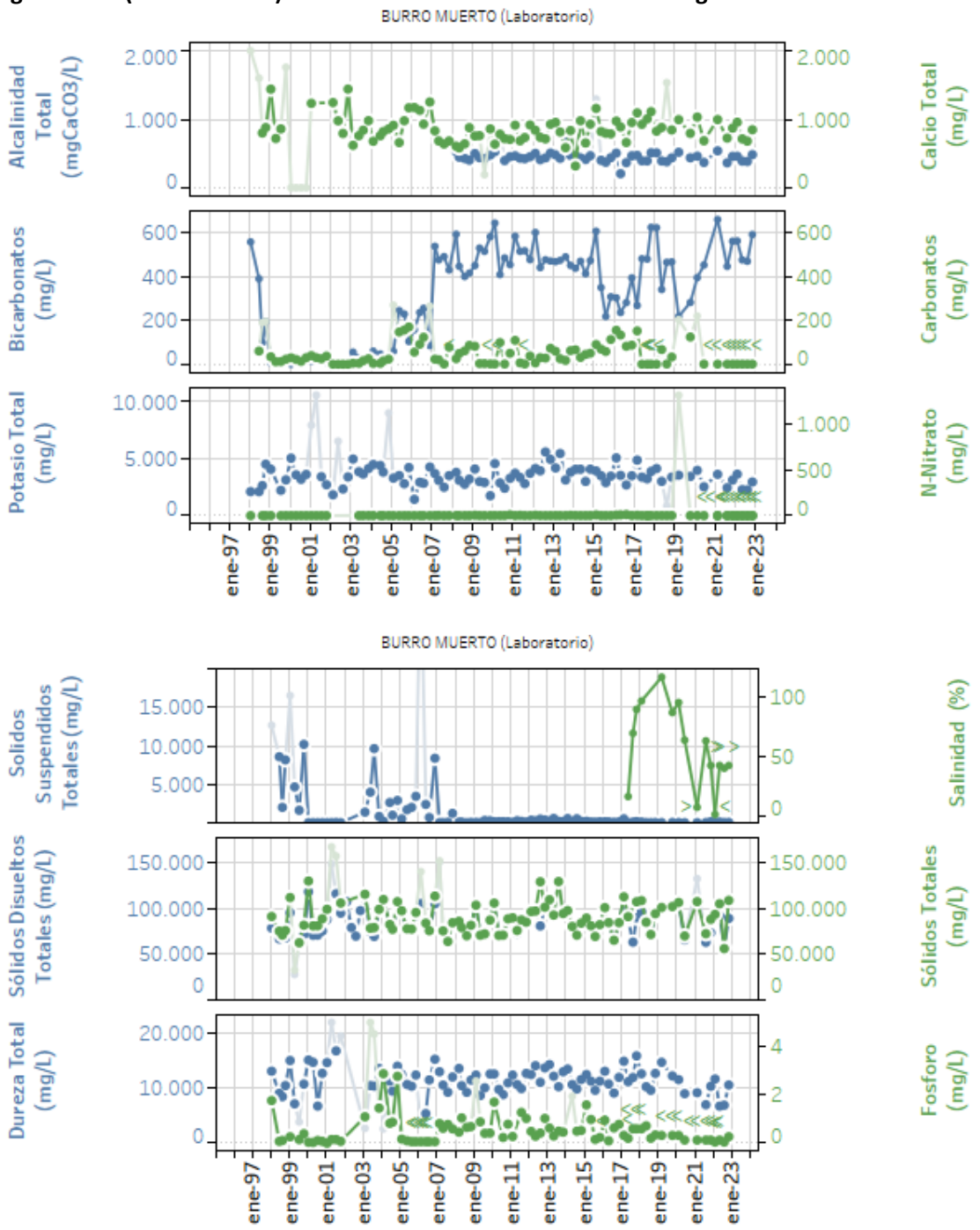


Figura 6-43: (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto



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 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

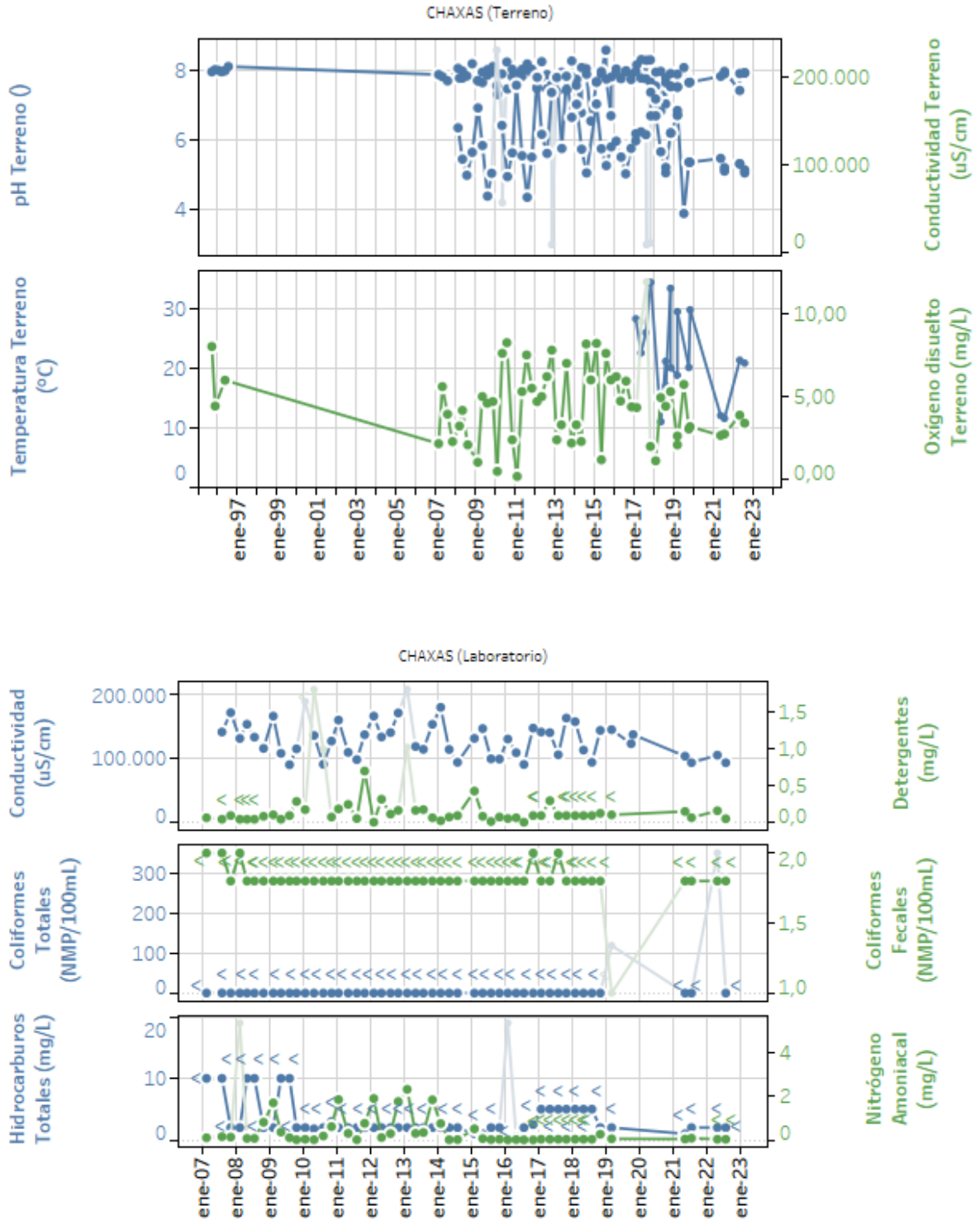


Figura 6-45 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

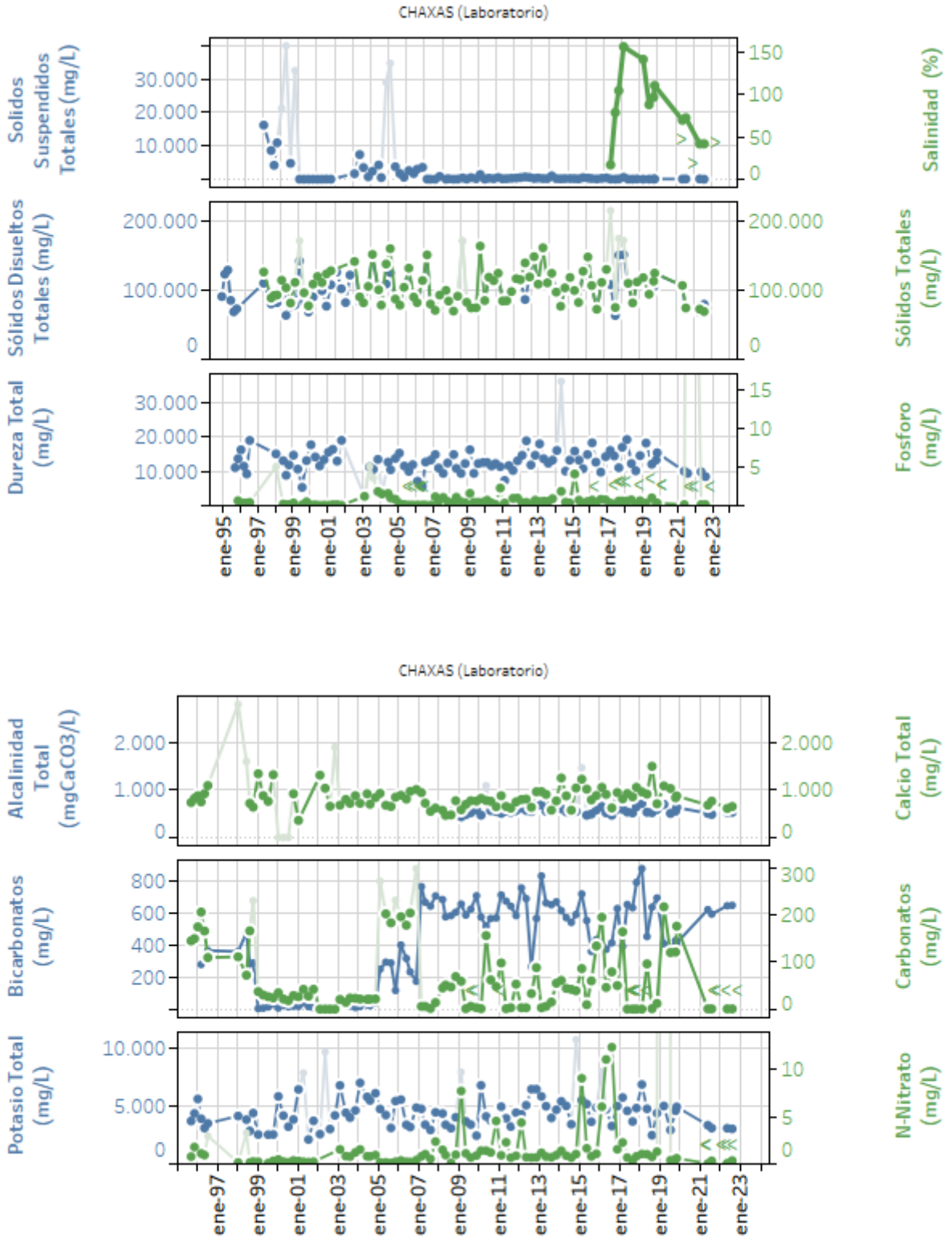
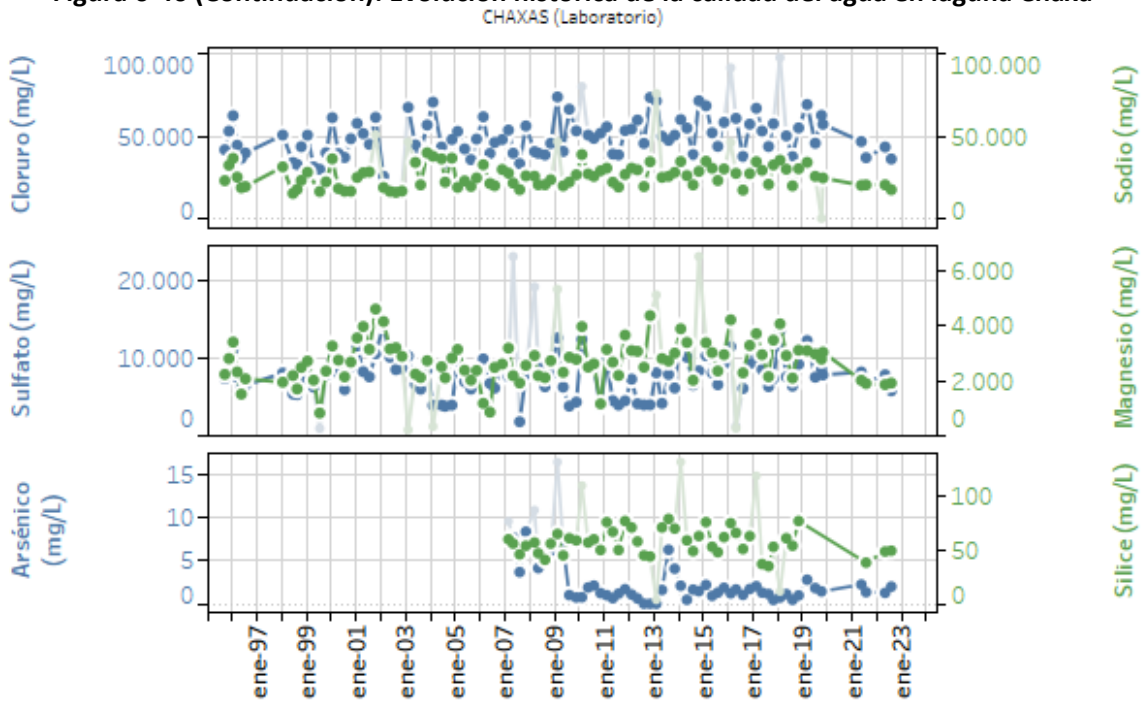


Figura 6-46 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa



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

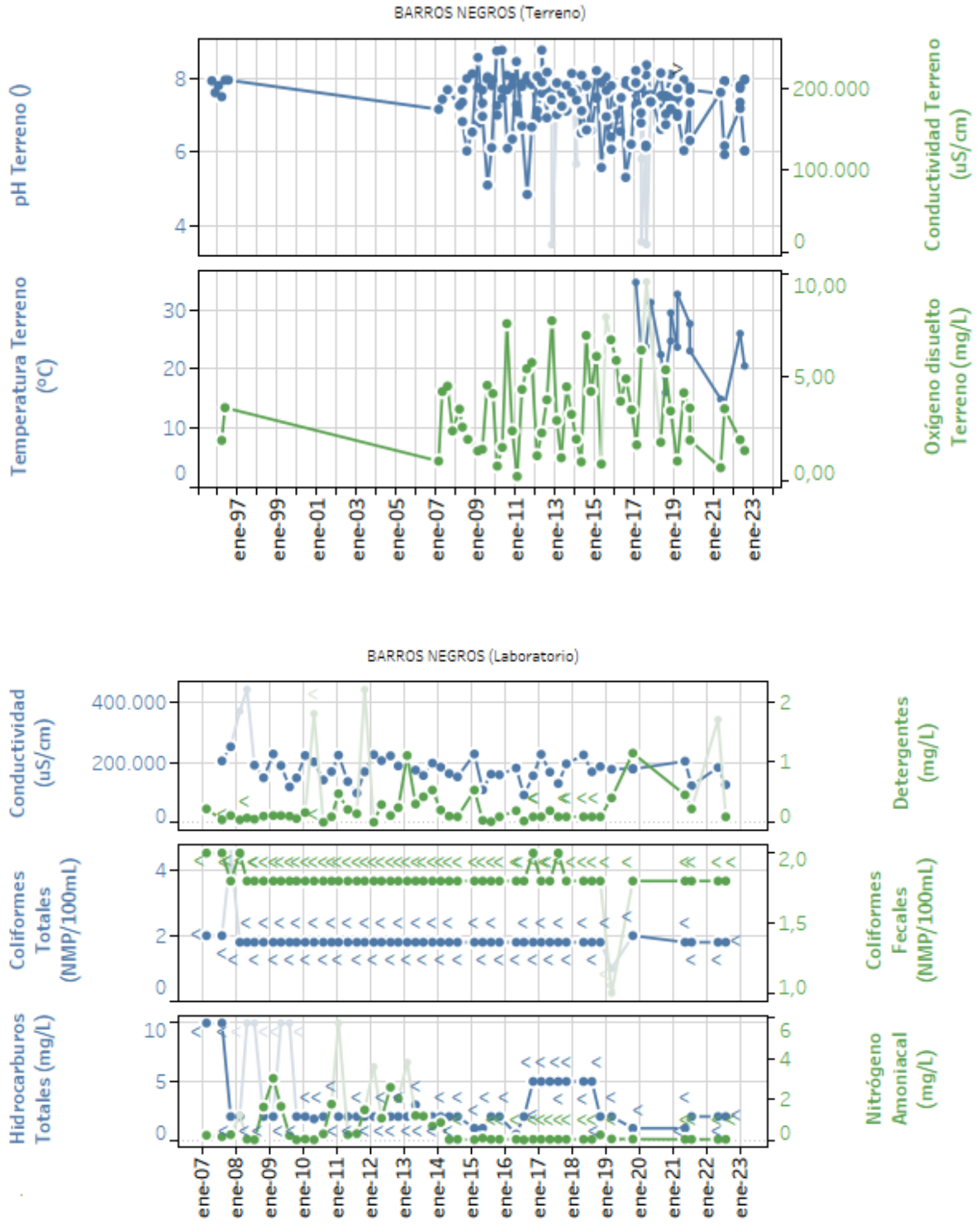


Figura 6-47 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

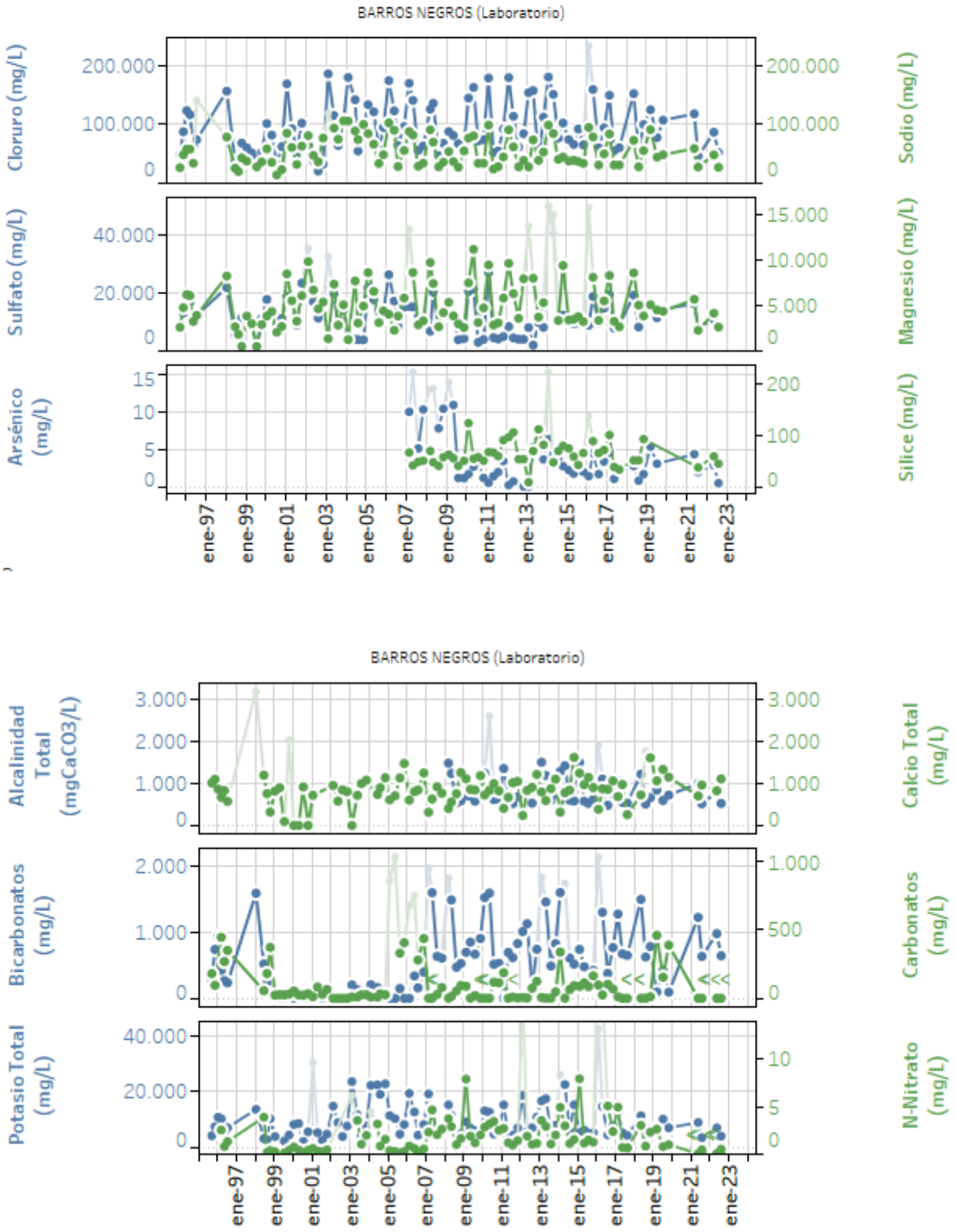
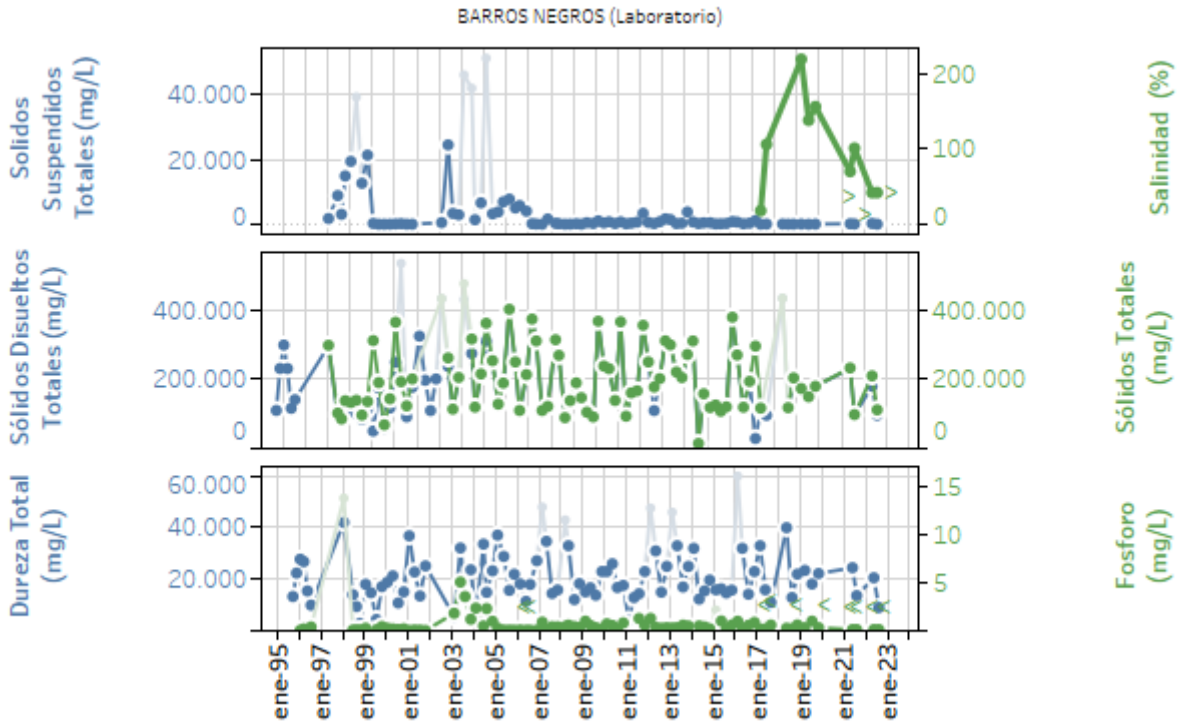


Figura 6-47(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros



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

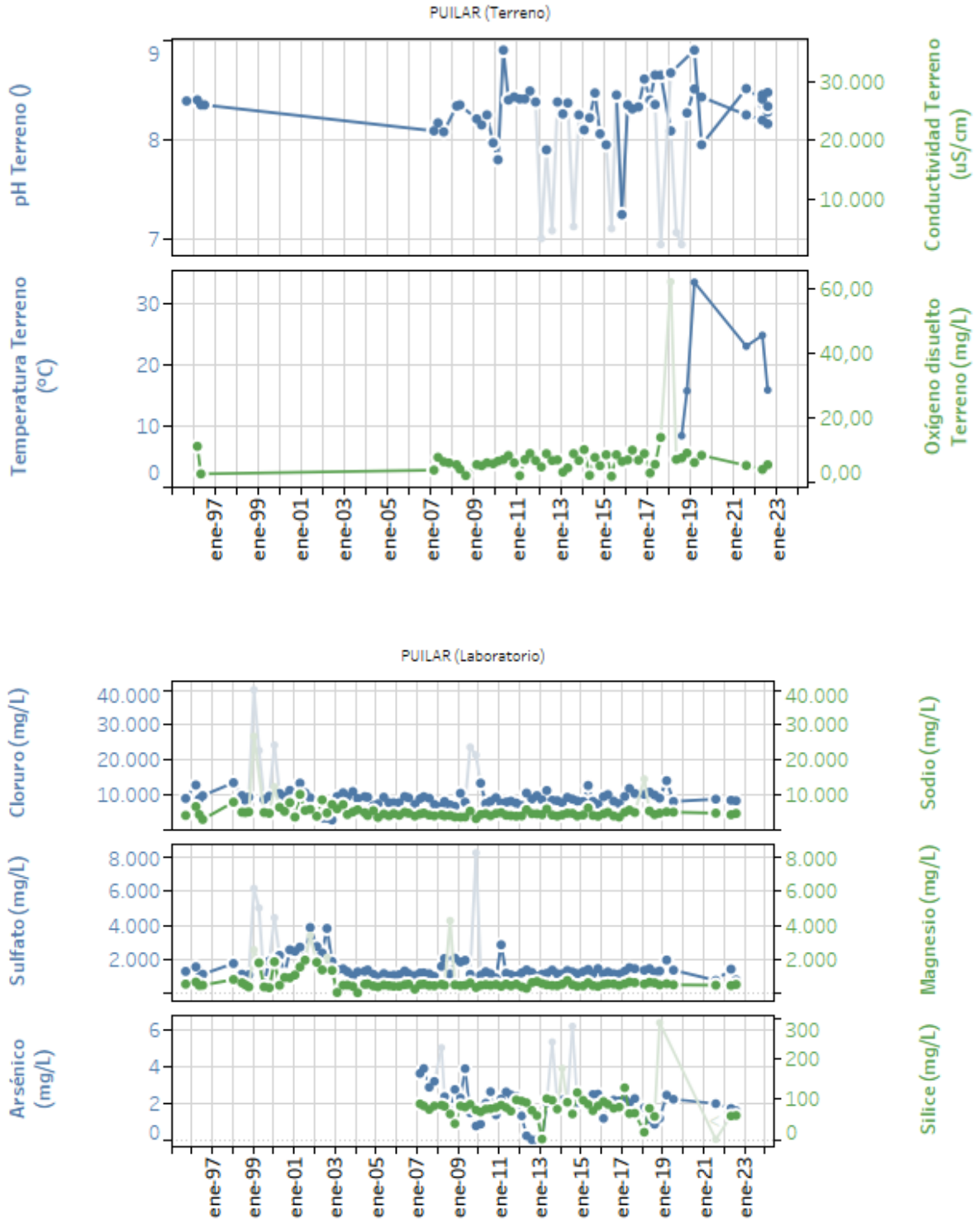
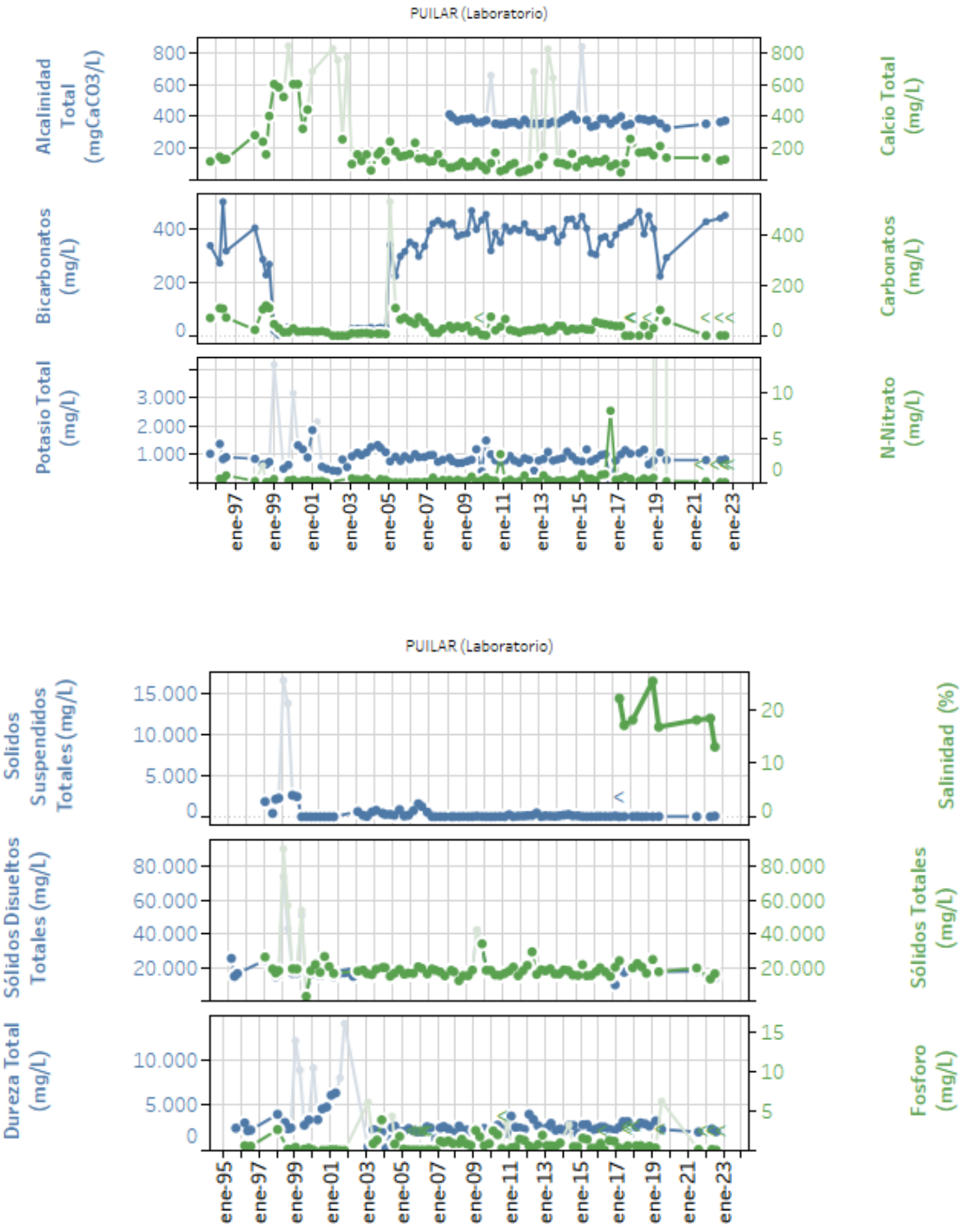


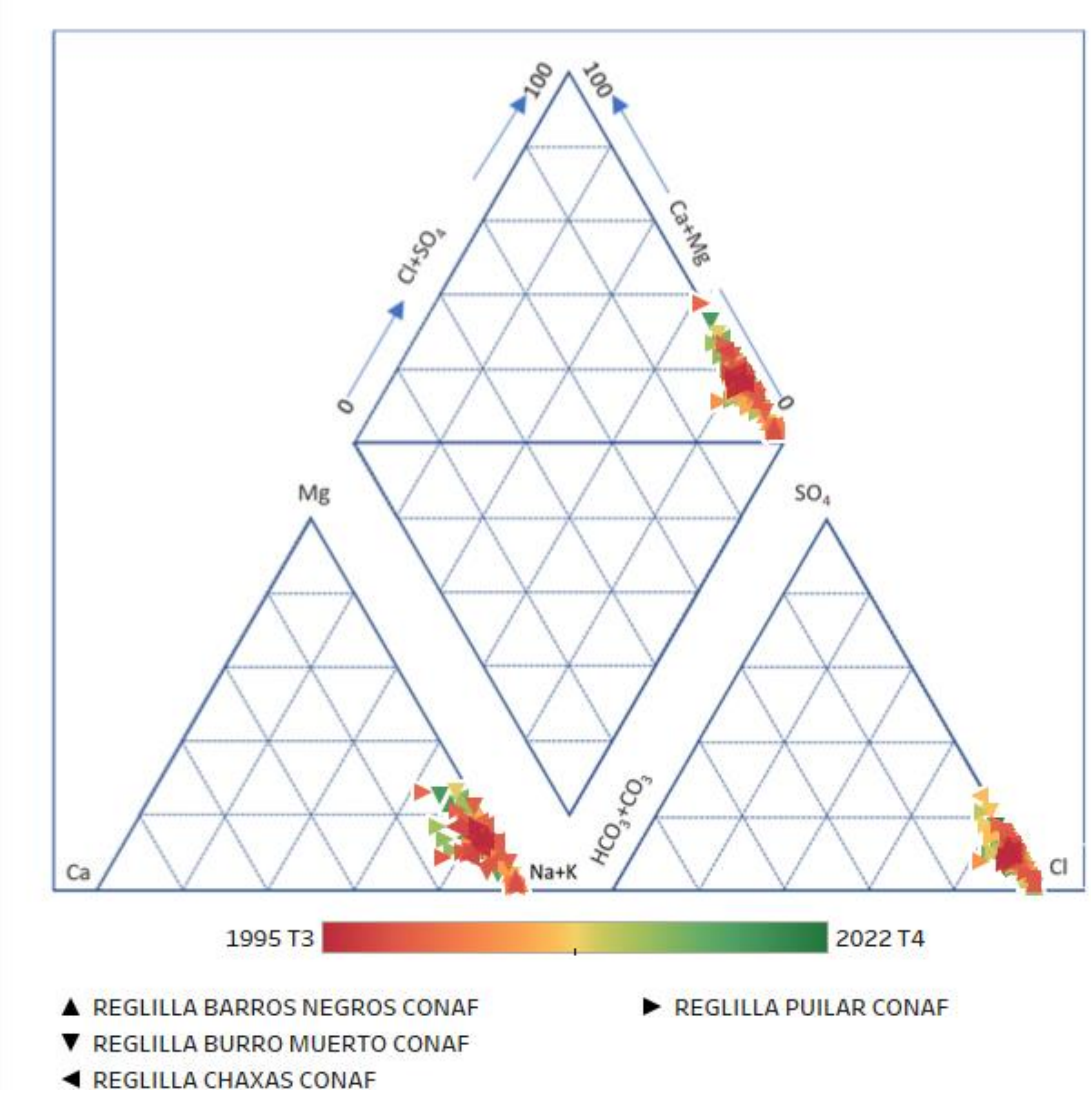
Figura 6-48 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



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.

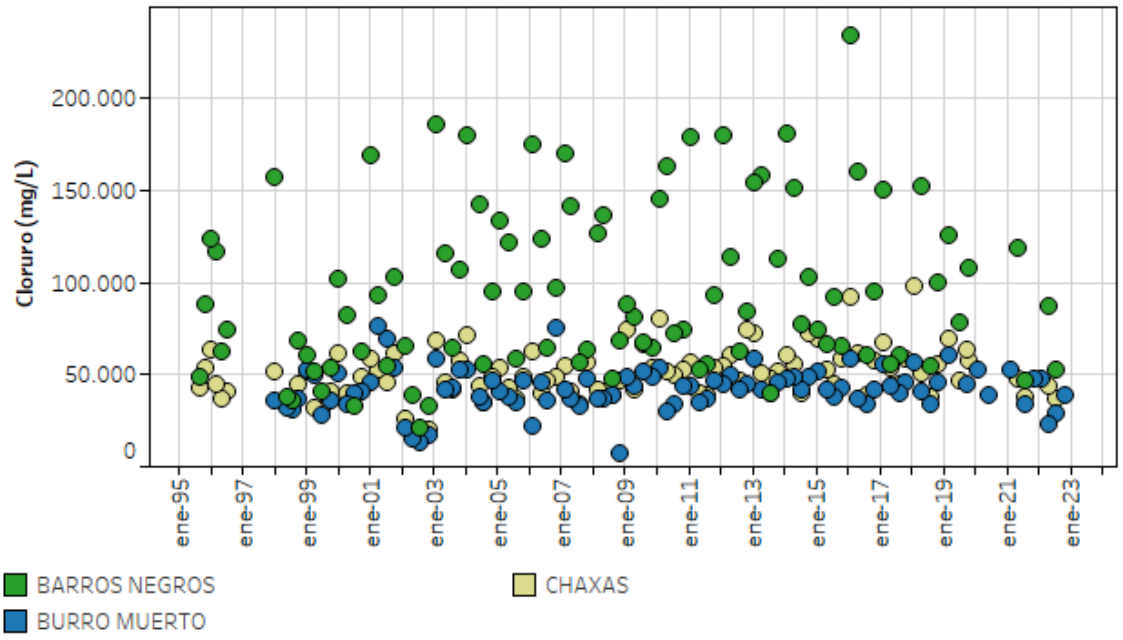
Figura 6-49: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor



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 al 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)

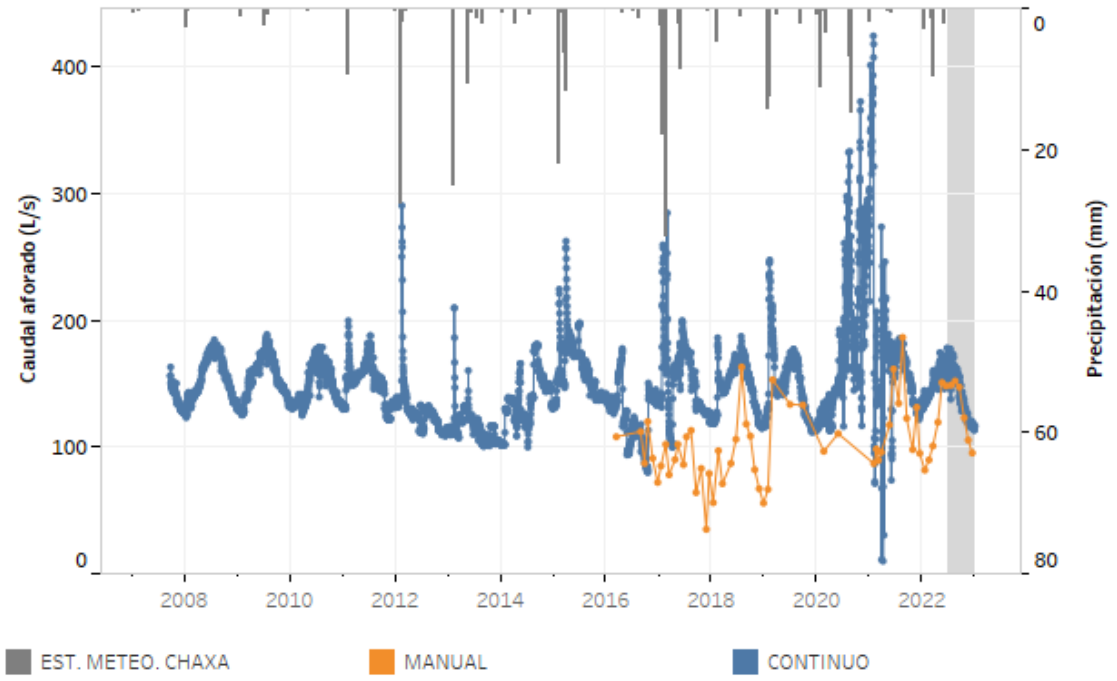
En el sistema Soncor se encuentran dos puntos de medición de caudal de agua superficial; la estación de aforo Puente San Luis, que mide de forma continua a través de una sección de control y en la que también se realizan mediciones mensuales (éstas últimas se toman de forma adicional a lo comprometido 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 segundo 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 descenso en el caudal superficial en respuesta a la estacionalidad.

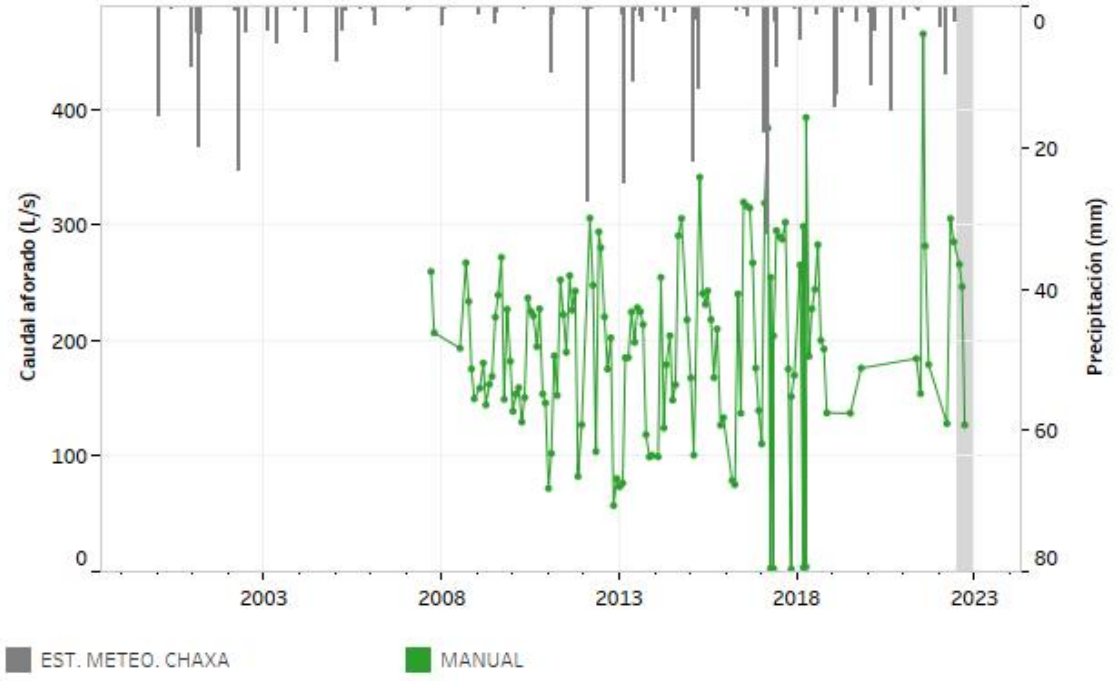
Respecto los periodos anteriores, se observa que, en épocas secas como el período 2008-2012, el caudal de recarga superficial presenta un comportamiento estacional, con mínimos en verano y máximos en invierno, respondiendo a la recarga superficial proveniente de las cuencas altoandinas. En cambio, en la época más húmeda comprendida en el periodo entre los años 2012 y 2019, las precipitaciones registradas los años 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019 provocaron aumentos bruscos del caudal pasante, debido al escurrimiento subsuperficial generado por dichas precipitaciones, hecho que enmascara levemente la evolución estacional observada en los años anteriores. Recordar, además, que en el informe PSAH N°29 se recalcó la invalidación de datos continuos durante el primer semestre de 2021, conjunto de datos que se muestran con valores superiores a 300 (L/s) e inferiores a 100 (L/s) aproximadamente. Durante el semestre a reportar la data ha sido validada y no se han presentado eventos de precipitación que evidencien cambios en la oscilación estacional esperada de los caudales tanto de Puente San Luis como las mediciones manuales de Barros Negros.

Figura 6-51: Registro de mediciones en el aforo de Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-52: Registro de mediciones en el aforo de Barros Negros



Fuente: Elaboración propia

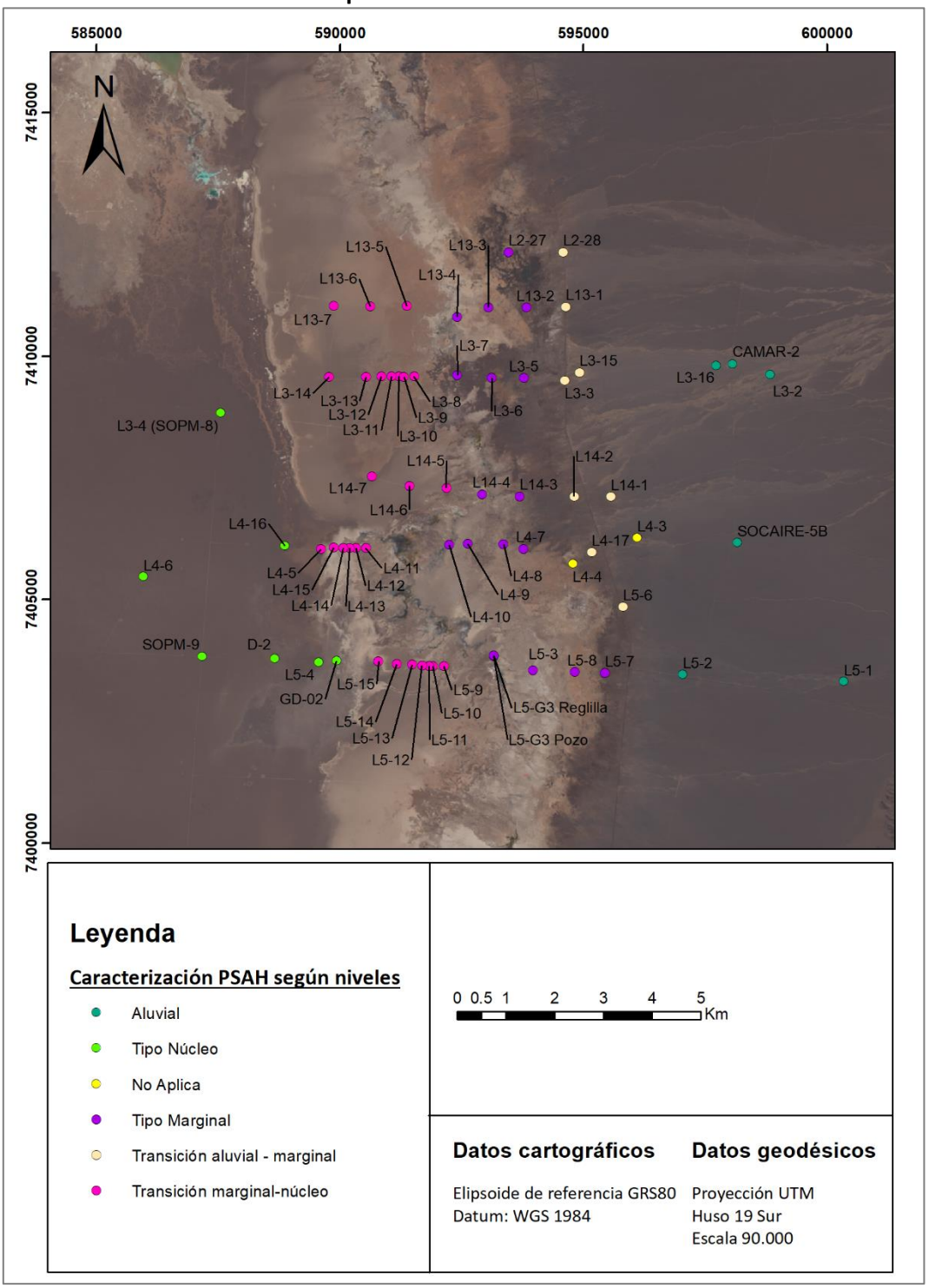
6.1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA – VEGETACIÓN BORDE ESTE

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 las lagunas difusas y dispersas, así como el efecto de las operaciones de los pozos de agua industrial Camar-2 y Socaire-5.

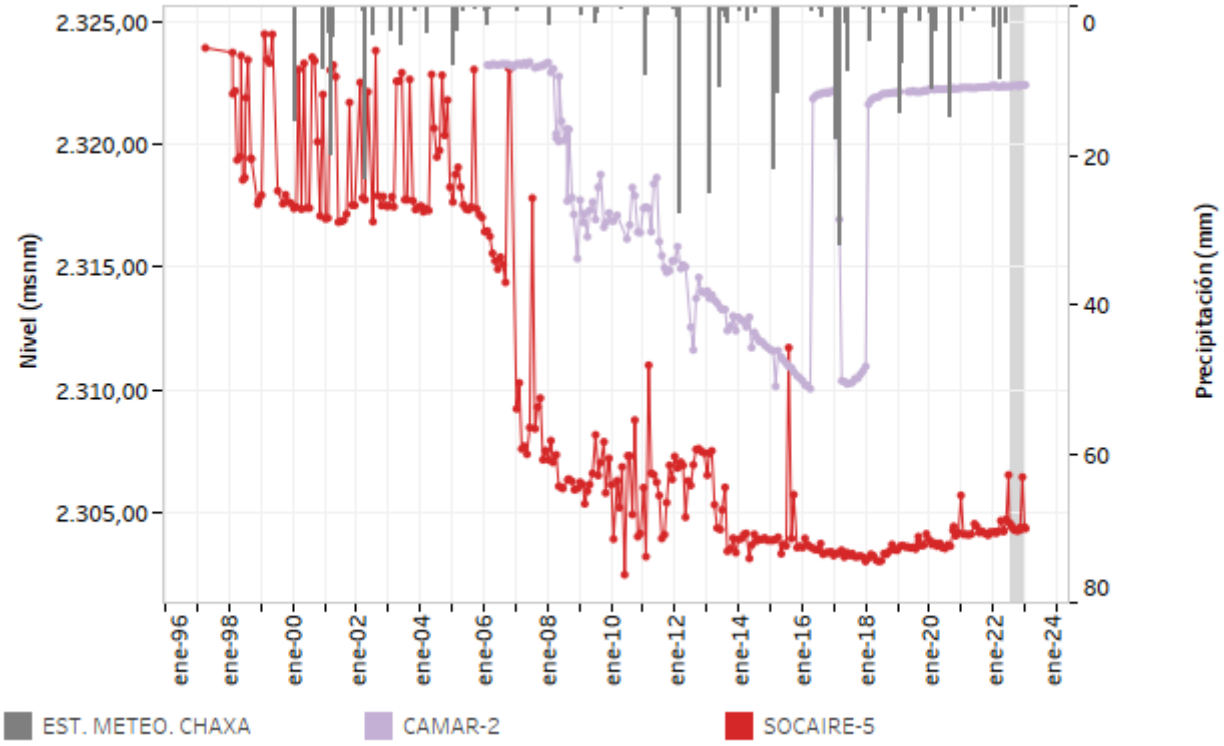
En el análisis realizado en el sistema Soncor se han identificado varios comportamientos con características hidrogeológicas determinadas. Algunos de estos comportamientos se identifican también en el sistema Aguas de Quelana: el comportamiento asociado al acuífero aluvial, el transicional entre el aluvial 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. Pero el pozo Camar-2 se encuentra detenido desde febrero de 2018 y por este motivo, los niveles medidos se encuentran estables sobre la cota 2.322 m s.n.m. con una leve tasa todavía de recuperación (ascenso) de 7,8 cm/año.

El pozo Socaire-5 por su parte, en general ha mantenido un régimen de extracción promedio de 63 L/s durante toda su operación, incluyendo el segundo semestre de 2022. No obstante, se observa (Figura 6-58) que desde 2018 el nivel en el pozo mantiene una tasa de ascenso (recuperación) de 26,7 cm/año; esta tendencia ascendente se interpreta a que es debido a la detención del pozo vecino Camar-2 en 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 cota muy distintas.

Los puntos no muestran oscilación estacional, sin respuesta a los eventos de lluvia y sí una respuesta en forma de descenso debido a las extracciones de los pozos de agua industrial, así como también producto de un desbalance histórico en la cuenca; 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

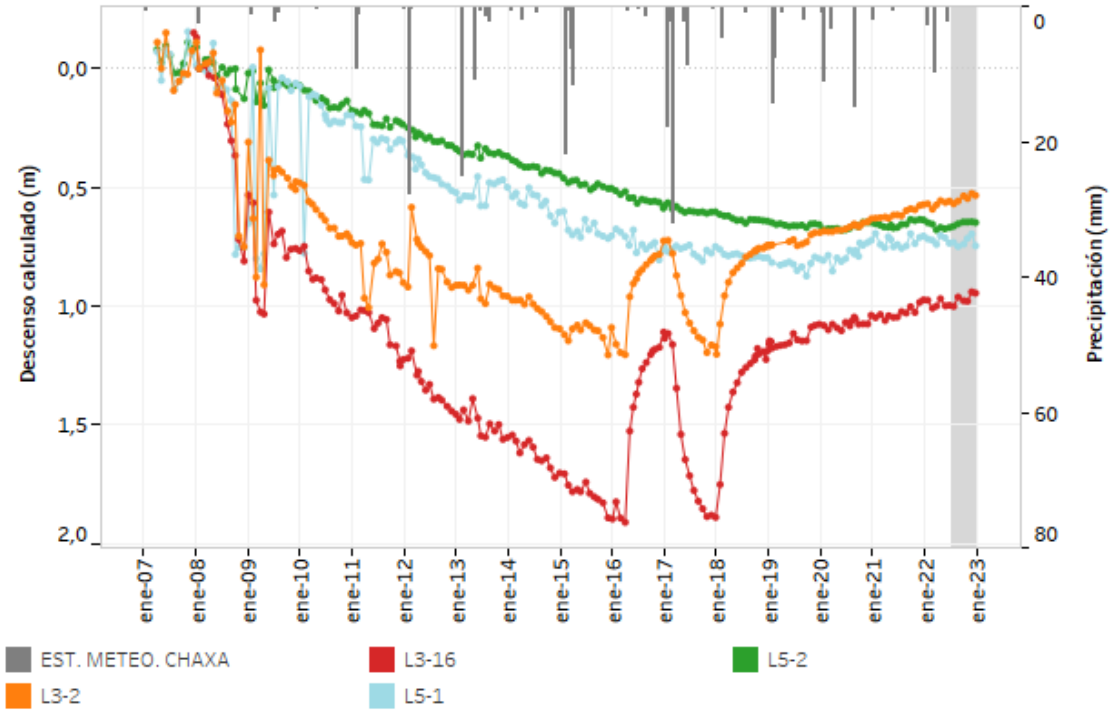
Atacama como ocurre en cuencas similares, se dé la situación de balances no cerrados, puesto que el acuífero todavía no se encuentra en equilibrio.

Por su lado, 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. A partir de entonces, que supuso el paro definitivo del pozo, los niveles han venido mostrando una tendencia de recuperación (ascenso), que a partir de mediados del mismo año (2018) se muestra estable con una pendiente de 5,6 y 6,4 cm/año respectivamente. 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.

En el caso de los puntos L5-1 y L5-2, el efecto del paro del Camar-2 también se ha observado, a pesar de que éstos se encuentran al sur del Socaire-5, lo que sería de esperar ya que, tal y como se ha descrito en al apartado anterior, el mismo Socaire-5 también viene mostrando una recuperación (ascenso) del nivel; los puntos L5-1 y L5-2, previa detención del Camar-2, registraban un descenso con una pendiente promedio de 6,8 cm/año y 7,2 cm/año respectivamente. El efecto del paro definitivo se empezó a observar en estos puntos a mediados de 2019 en el caso del L5-1 y a partir de 2020 en el caso del L5-2, en que se empezó a registrar una tendencia ascendente (de 6,7 cm/año y 0,6 cm/año respectivamente).

Las mediciones realizadas en el segundo semestre de 2022 confirman las tendencias descritas anteriormente; en todos los casos se mantienen los niveles reproduciendo una tendencia de ascenso estable.

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 muestran los descensos calculados desde 2008 a partir de los niveles medidos ya que, debido a las diferencias de 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 todos ellos, 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. A partir de 2020 empezó a mostrarse de nuevo oscilante y se observa que la amplitud de la oscilación ha aumentado respecto de los años previos unos 10 cm. Es posible que la pendiente de descenso haya también disminuido, ya que en el periodo previo a 2019 mostraba una tasa de 5,6 cm/año y, la tasa que se obtiene actualmente (incluyendo los datos del segundo semestre 2022) es de 2,5 cm/año. No obstante los cambios descritos son coincidentes con la recuperación posterior a la lluvia de 2019, lo más probable es que sea debido en realidad a la detención del pozo Camar-2 en 2018, ya que este efecto se ha observado en todos los pozos de la zona aluvial de este sistema (Aguas de Quelana) e incluso del sistema Soncor.

Recién en el primer semestre 2021 ha resultado un mínimo que efectivamente corresponde a una cota inferior que los mínimos de los años previos. Observando los niveles hasta diciembre 2020, en el anterior informe PSAH Nº 28, se propuso la hipótesis de que este pozo hubiera entrado en una etapa de estabilización del nivel (sin descenso ni ascenso) producto quizás del paro del pozo Camar-2, pero observando los niveles del presente semestre reportado se descarta tal idea; este pozo ha retomado el descenso general de sus niveles, en donde la pendiente promedio es de 4,8 cm/año.

El punto de este grupo que se encuentra inmediatamente al sur del L2-28 es el L13-1; este punto muestra un comportamiento similar al mismo L2-28, en donde la tasa de descenso entre 2007 y previo a la lluvia de 2019 era de 5,5 cm/año, para posteriormente ser de 1,4 cm/año (incluyendo el segundo semestre 2022).

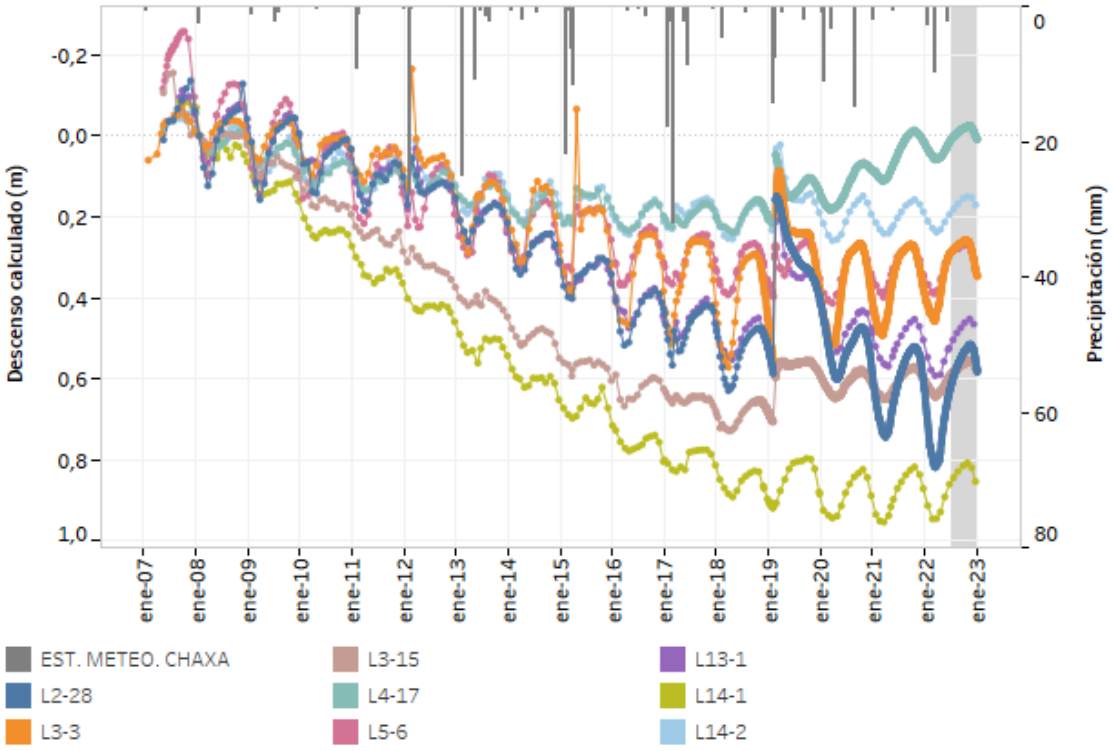
Todos los puntos de este grupo, de una forma u otra, han mostrado una respuesta a la detención del pozo Camar-2; ya se ha visto que los puntos L2-28 y L13-1 han disminuido la pendiente de descenso, pero otros puntos, como L4-17, L3-3 y L3-15, ha invertido la tendencia del nivel, pasando de tener una tendencia descendente a registrar una tendencia ascendente y en estos casos sí se observa que el cambio se produce incluso a partir del año 2018 lo que confirma la causa de esta respuesta. Actualmente, incluyendo los registros del segundo semestre 2022, el L4-17 muestra una pendiente (de ascenso) de 5,4 cm/año, lo que le lleva a que durante este segundo semestre el máximo estacional medido haya alcanzado cotas que se habían registrado en 2007.

En el caso del L3-3 y L3-15, la pendiente de ascenso calculada en este periodo de recuperación (ascenso), incluyendo el segundo semestre 2022, es de 1,3 cm/año. En este momento se destaca como la respuesta a la detención del pozo Camar-2 ha sido más fuerte en el L4-17 que se sitúa a casi 5 km, en comparación con el L3-3 y L3-15, que se encuentran a 3 y 3,5 km de este.

Se extrae por tanto, 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.

La respuesta de los otros puntos de este grupo (L5-6, L14-1 y L14-2) puede verse como ha sido una recuperación de tal manera que ya no muestran pendiente de descenso, pero prácticamente tampoco ascienden, sino que se mantienen estables oscilando estacionalmente a una misma cota; comportamiento que es en realidad el esperado para la zona marginal de la cuenca. Este comportamiento se mantiene también para el segundo semestre 2022.

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 <u>Pozos singulares: L4-3 y L4-4</u>

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 A partir de junio de 2021 se observa como el nivel ha empezado a mostrar un comportamiento oscilatorio estacional de mayor amplitud que el que se intuía en entre 2017 y mayo 2021. Si bien todos los puntos del sistema han mostrado respuesta al paro del pozo Camar-2, no se tiene claridad si este cambio descrito pueda ser debido también, ya que a priori, no se comprende qué puede haber motivado que sean los mínimos los que se sitúen a cotas menores (entre 33 y 45 cm menor que el máximo estacional).

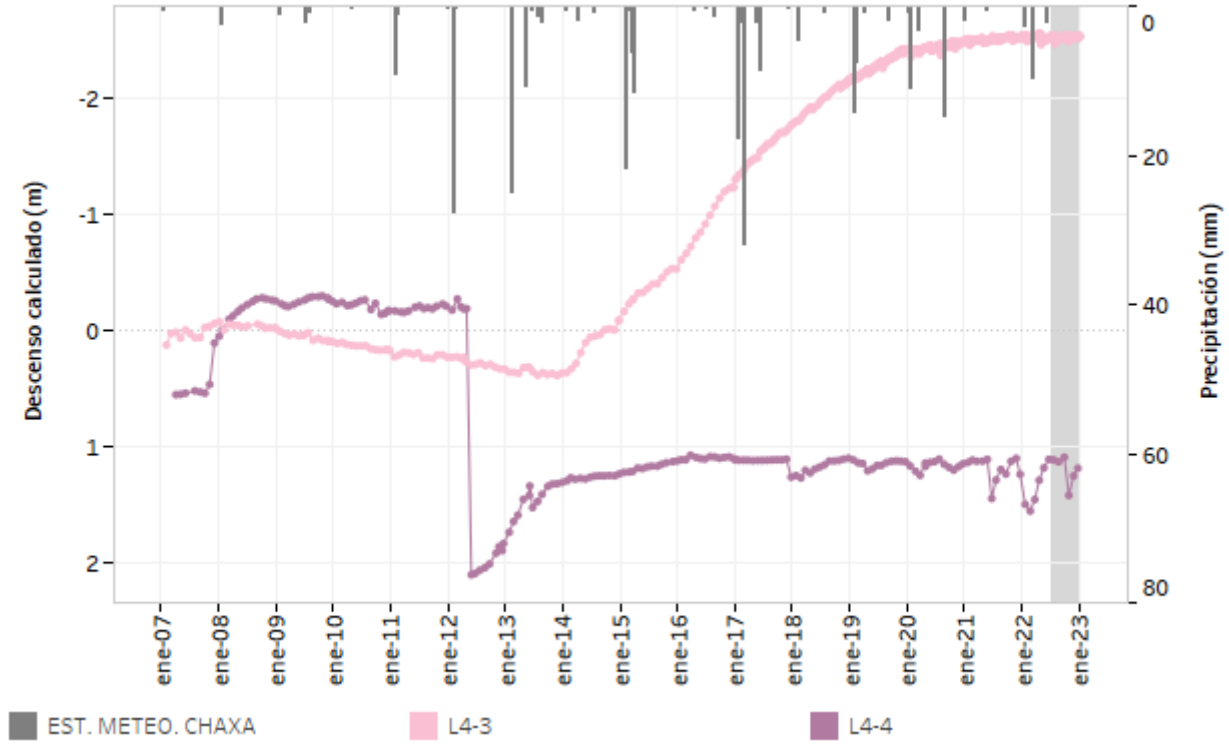
Por su parte, el L4-3 cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular, aunque la pendiente se haya ido suavizando desde entonces, con una pendiente de 8,5 cm/año calculada para el periodo entre enero de 2019 y diciembre de 2020, pero que se mantiene también durante el segundo semestre 2022.

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.

A partir de junio de 2021 se observa como el nivel ha empezado a mostrar un comportamiento oscilatorio estacional de mayor amplitud que el que se intuía en entre 2017 y mayo 2021. Si bien todos los puntos del sistema han mostrado respuesta al paro del pozo Camar-2, no se tiene claridad si este cambio descrito pueda ser debido también, ya que a priori, no se comprende qué puede haber motivado que sean los mínimos los que se sitúen a cotas menores (entre 33 y 45 cm menor que el máximo estacional).

Por su parte, el L4-3 cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular, aunque la pendiente se haya ido suavizando desde entonces, con una pendiente de 8,5 cm/año calculada para el periodo entre enero de 2019 y diciembre de 2020, pero que se mantiene también durante el segundo semestre 2022.

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 un 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 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 (acuífero aluvial de agua dulce), que al encontrarse con el acuífero del núcleo que es más denso (presencia de salmuera) 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 se muestren de forma distinta al bombeo de los pozos de agua

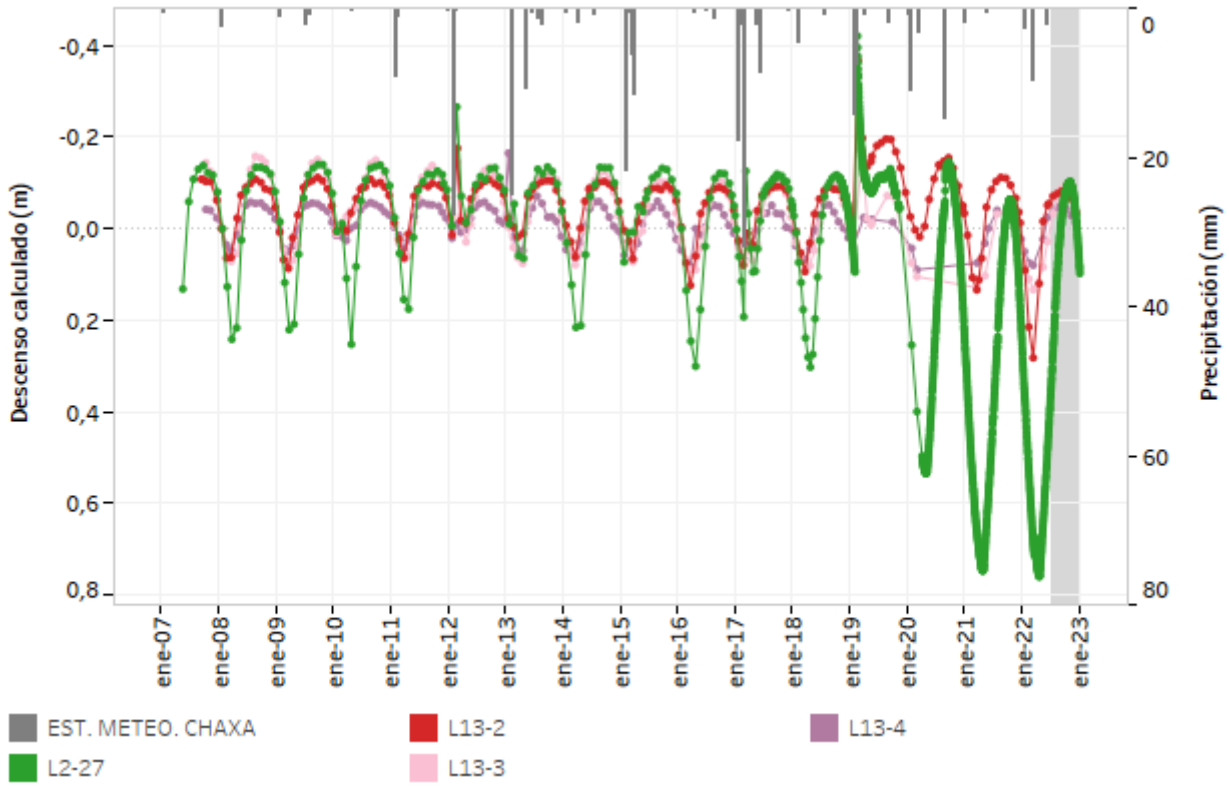
industrial debido a que las condiciones hidráulicas del acuífero en este sector son heterogéneas, como ya se ha visto anteriormente, así que depende de lo transmisible que sea el material litológico existente entre el campo de pozos de agua y cada punto. Las amplitudes de oscilación son variables (entre 1 y 12 cm) y la respuesta a los eventos de lluvia también varía en función del evento y 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 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 se destaca el punto L2-27 que ha venido registrando mínimos históricos consecutivamente los años 2020, 2021 y 2022. En 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. En el segundo semestre 2022, se ha registrado el máximo estacional esperado, que se ha situado a una cota levemente mayor que el máximo del año anterior (unos 4 cm por encima). Es posible que el punto esté dando sus primeros signos de respuesta a la detención del pozo Camar-2 pero, todavía es pronto emitir conclusiones en base al registro actual, de la forma en que lo hará concretamente el L2-27. No obstante, sí se espera que de una u otra forma, el punto esté respondiendo, ya que así se ha concluido en los diversos análisis realizados en los diversos informes de investigación (Flow-2020, Hidroestudios-2021 y Flow-2022), de que la causa principal de las activaciones de los pozos del Borde Este (también implica al L1-17) son las extracciones de agua en el acuífero aluvial por parte de los pozos de agua industrial.

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 pero en donde no se haya observado todavía respuesta a la disminución de las extracciones de agua, ya que posterior al evento de lluvia de 2019, este punto cambió 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. Por ejemplo, el mínimo estacional del pasado semestre reportado alcanzó un mínimo histórico, que se situó 15 cm por debajo del mínimo del año anterior. Para el segundo semestre 2022 se ha reproducido el máximo estacional, y se confirma

la tendencia de descenso, ya que éste se situó 3 cm por debajo; los mínimos parecen mostrar una tasa de 14 cm/año y los máximos de 3 cm/año. 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)



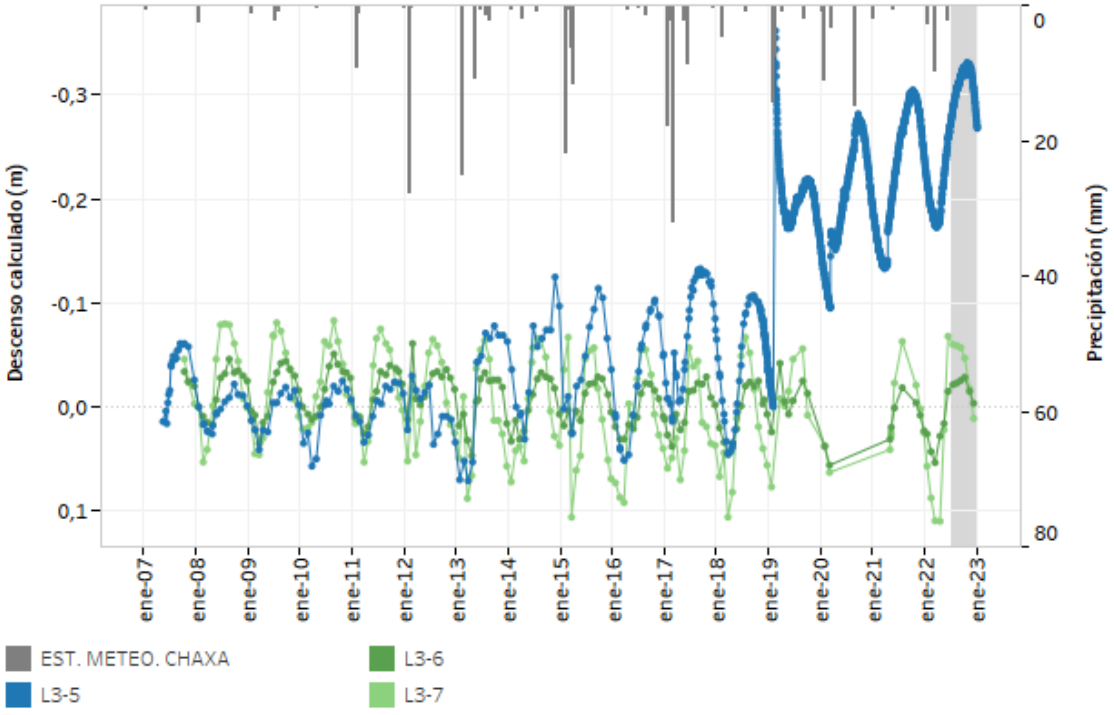
Fuente: Elaboración propia.

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 y junto con las mediciones del segundo semestre 2022, se observa cómo

el punto muestra una tendencia de ascenso, a una tasa de 2,7 cm/año. Este cambio se interpreta como respuesta a la disminución de las extracciones en el acuífero aluvial, lo que además es concordante con lo observado y descrito en el anterior subgrupo, en donde los puntos L3-3 y L3-15, inmediatamente aguas arriba, también han mostrado este mismo cambio el patrón de sus niveles.

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 podrían estar mostrando respuesta frente a la disminución de las extracciones en el aluvial, no obstante no son muy evidentes y debería esperarse unos meses más para poder observar eventuales cambios de forma más evidente. Sin embargo, estos dos puntos, han mostrado oscilar alrededor de una cota similar durante todo el periodo observado, es decir, que no han mostrado a penas tendencia descenso (ni ascenso), lo que llevaría a pensar que quizás el efecto histórico de los pozos de agua industrial no haya llegado a sentirse en este sector que, por otro lado, está más cercano a los cuerpos de agua del sistema. Las mediciones del segundo semestre 2022 mantendrían lo descrito anteriormente.

Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3)

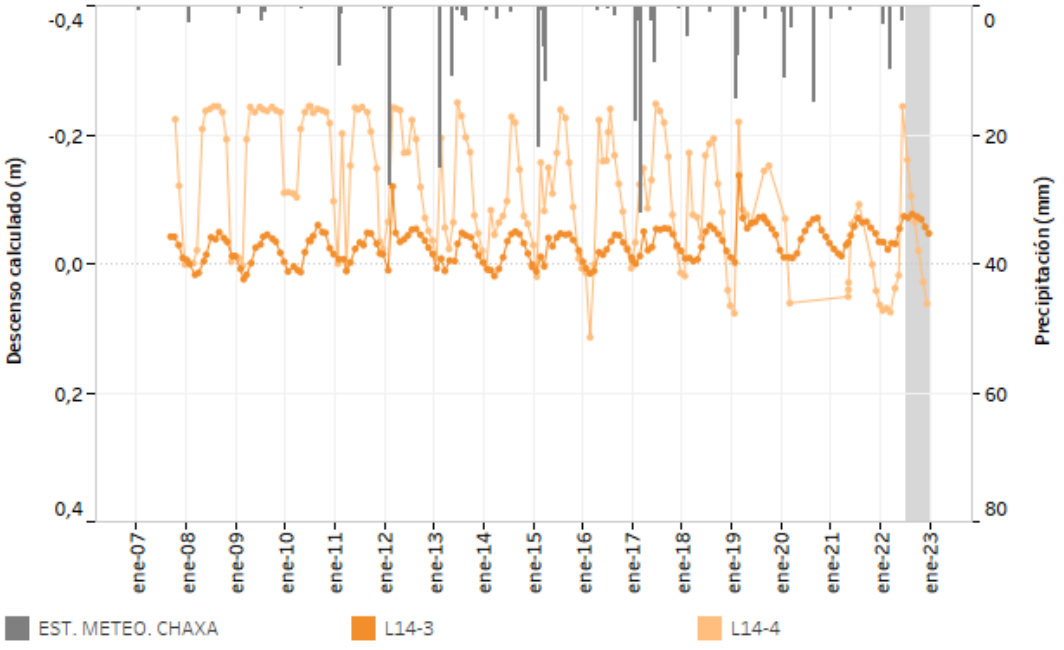


Fuente: Elaboración propia.

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 segundo semestre 2022, puede confirmarse que este punto ha estado mostrando una tendencia de ascenso promedio desde 2016, con una tasa de 54 cm/año.

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). No obstante, a partir del año 2022, incluyendo este segundo semestre reportado, el punto ha registrado un máximo y un mínimo estacional con una elevada amplitud (30 cm), pero ambos puntos dentro del rango histórico de mediciones, lo que lleva a que este punto parece estar manteniendo su comportamiento histórico a fecha de hoy.

Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (L14)



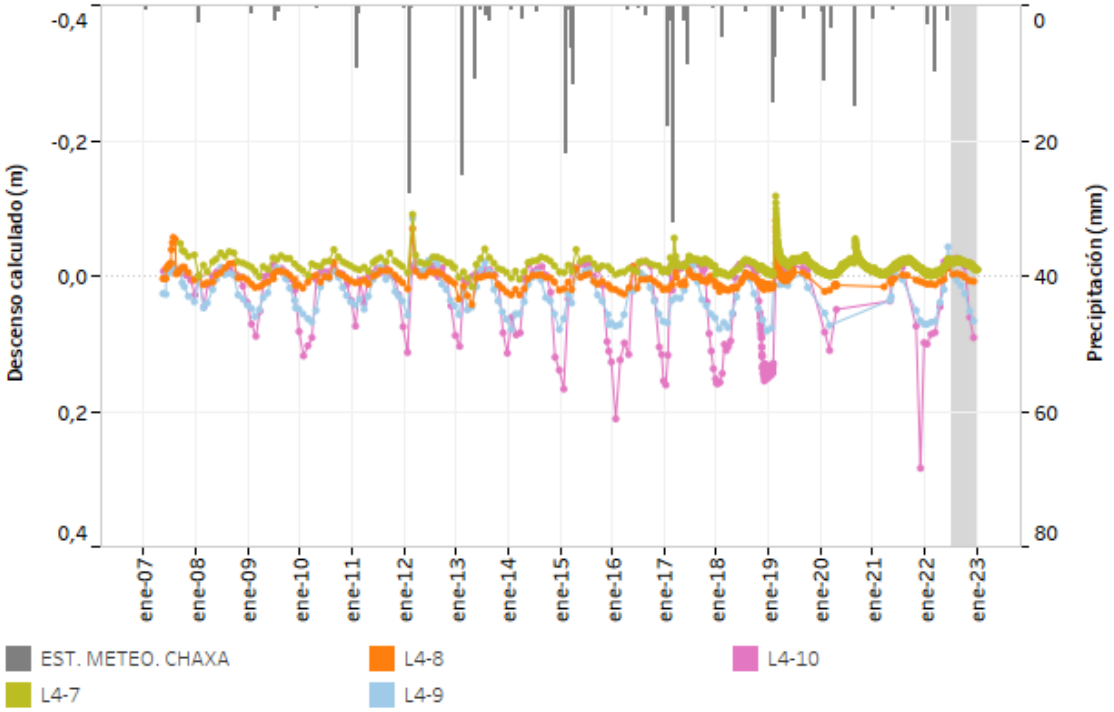
Fuente: Elaboración propia.

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).

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.

Para el segundo semestre 2022 se observa como el máximo estacional registrado en el L4-10 corresponde a un máximo histórico, pues es ligeramente superior a anteriores máximos registrados; del orden de los milímetros. No obstante, no puede concluirse que se esté produciendo un cambio en el patrón y se confirmaría que el pozo se mantiene estable en su comportamiento histórico.

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 tendencia de descenso desde el inicio de los registros (2007) y hasta la lluvia de 2019; de la misma forma que ha ocurrido en muchos de los puntos del sistema, de forma coincidente con esta fecha, es el momento a partir del cual el efecto de la disminución de las extracciones en el aluvial empiezan a observarse en este punto, en este caso puede verse como el punto ya no desciende, si no que cambia el patrón y pasa a mostrarse estable y sin descenso (ni ascenso).

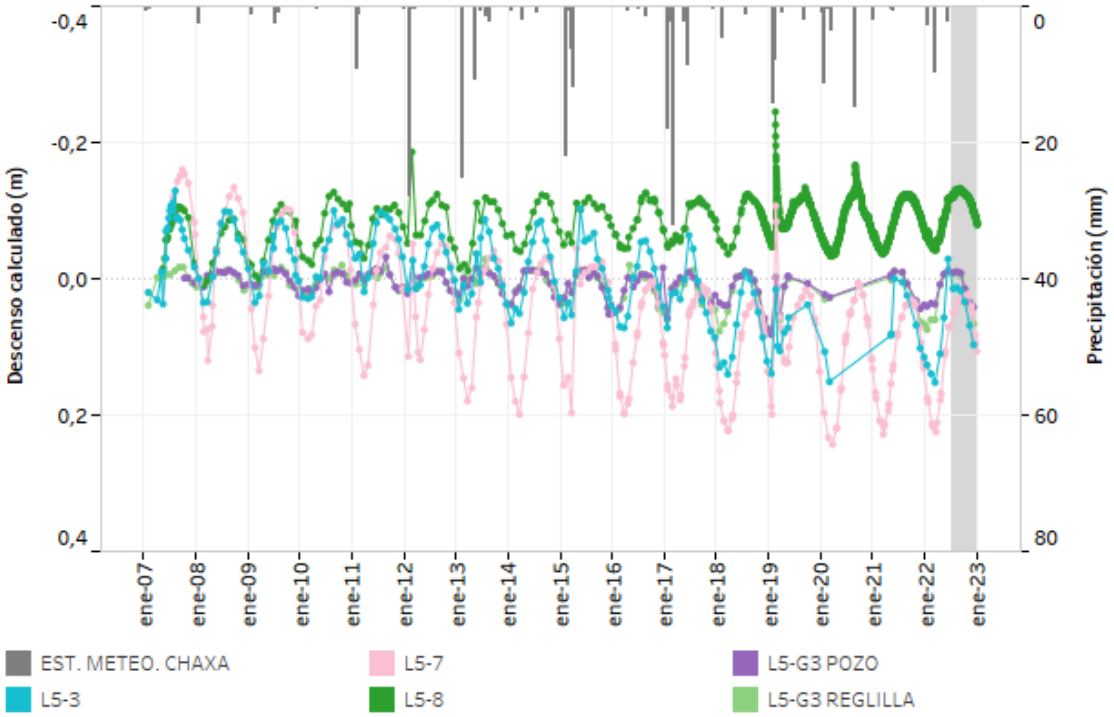
Dirección aguas abajo, el siguiente punto de la transecta es el L5-8 y viene mostrando una menor amplitud y con una leve tendencia ascendente desde el año 2009 (pendiente promedio de 0,05 cm/año). Del registro de datos obtenidos del segundo semestre 2022, se confirma que el punto mantiene su tendencia de ascenso, ya que el máximo estacional se ha obtenido a mayor cota que los máximos de los años anteriores (del orden de 1 cm).

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. No obstante, desde 2021 se puede ver como los máximos y mínimos estacionales cada vez se producen a mayor cota, del orden de 3 y 5 cm respectivamente.

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).

Esta transecta se encuentra al sur del Socaire-5, que ha mantenido un régimen de extracción estable. No obstante, viendo que hasta el nivel del propio Socaire-5 ha mostrado responder a la disminución de las extracciones en el aluvial es posible la misma respuesta en estos puntos, tal y como se ha descrito. No obstante, la amplia variedad de formas de dar esta respuesta en estos puntos de una misma transecta estaría reflejando de nuevo que en esta zona la heterogeneidad de los materiales esté jugando un papel importante, por lo que en ocasiones es complicado el análisis que relacione el objeto de protección con la actividad de los pozos de agua industrial.

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.

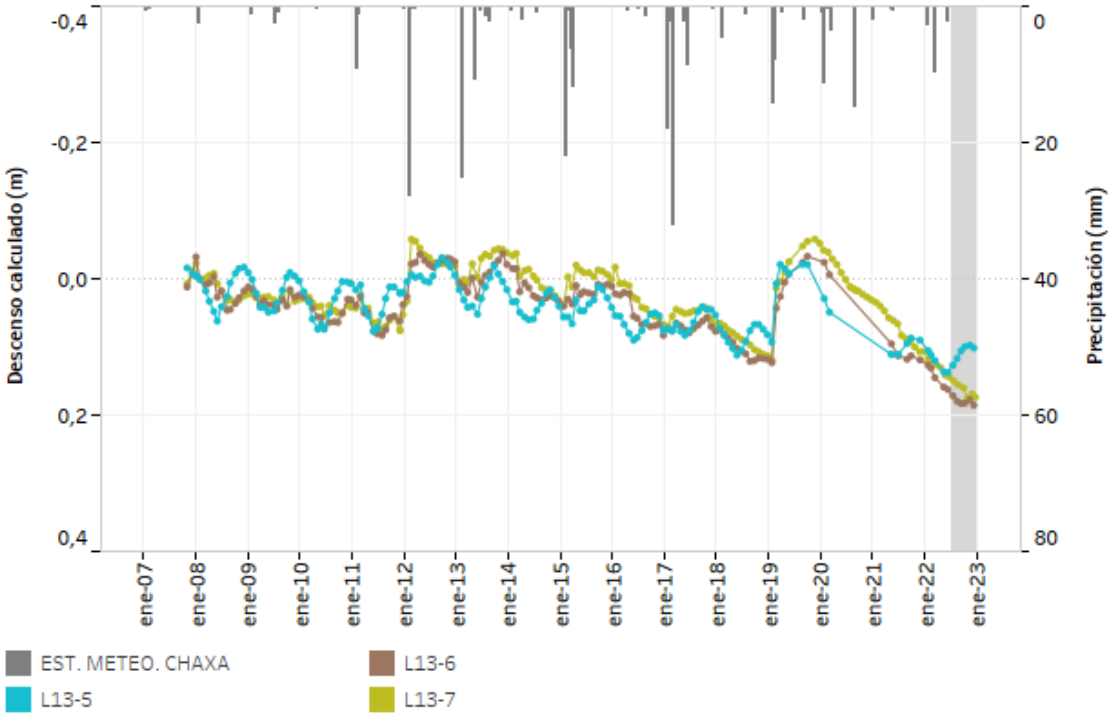
6.1.2.1.3.4 Pozos de comportamiento transicional marginal - núcleo

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 6-63
- Serie L3 (L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14) en la Figura 6-64
- Serie L14 (L14-5, L14-6, L14-7) en la Figura 6-65
- 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

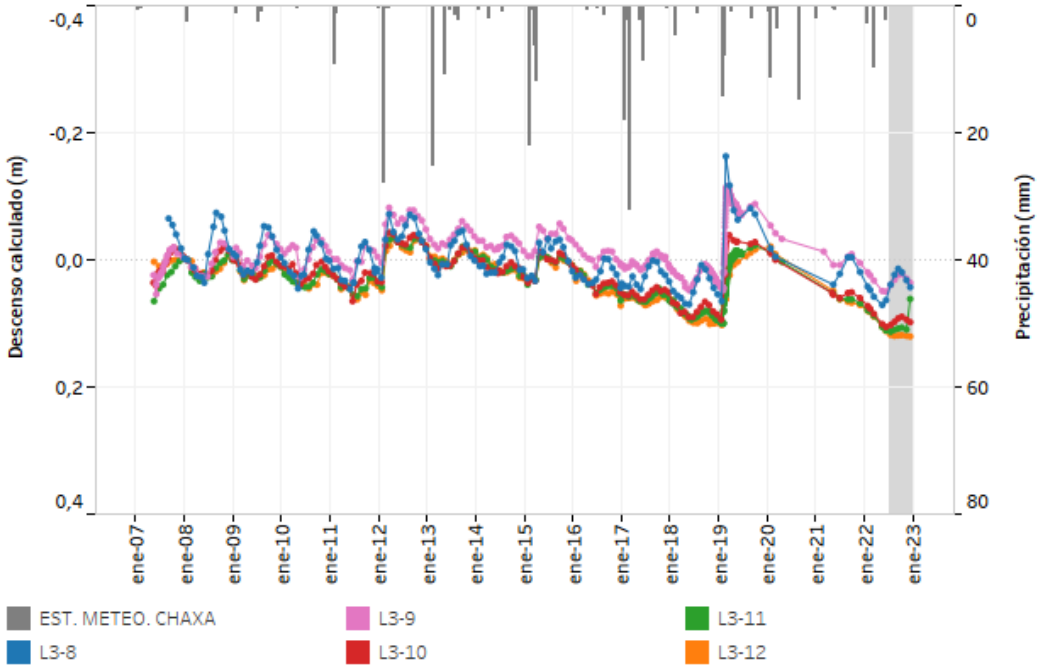
En general, estos puntos muestran oscilaciones estacionales residuales; menor amplitud, menor regularidad que las observadas en la zona marginal, e incluso en ocasiones se muestra desfasado unos meses. Además, todos los puntos muestran tendencias de descenso, cuya pendiente aumenta en la medida que el punto se encuentra más cercano al núcleo. Por otro lado, se observa que los puntos ubicados a una distancia de hasta 2 km de los cuerpos de agua muestran un comportamiento más oscilatorio; mientras estos puntos reproducen máximos, los puntos más alejados fuera de este *buffer*, mantienen la pendiente de descenso promedio, lo que lleva a pensar que en esta zona de hasta 2 km de distancia, todavía se siente el efecto estacional de los cuerpos de agua del sistema (ver por ejemplo las series L13 y L3).

Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13)



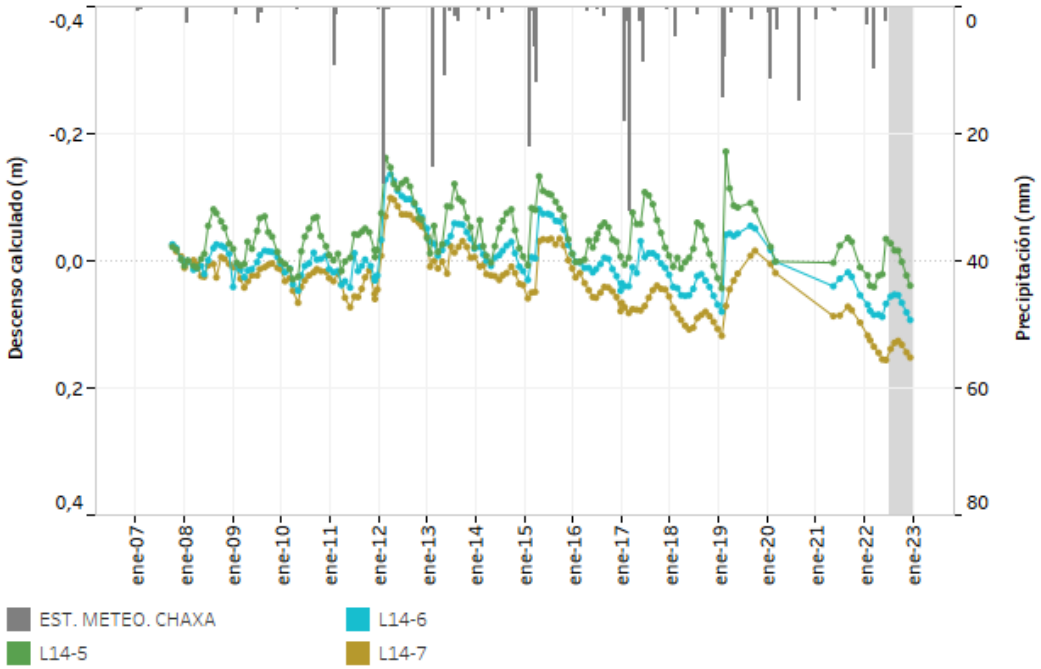
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3)



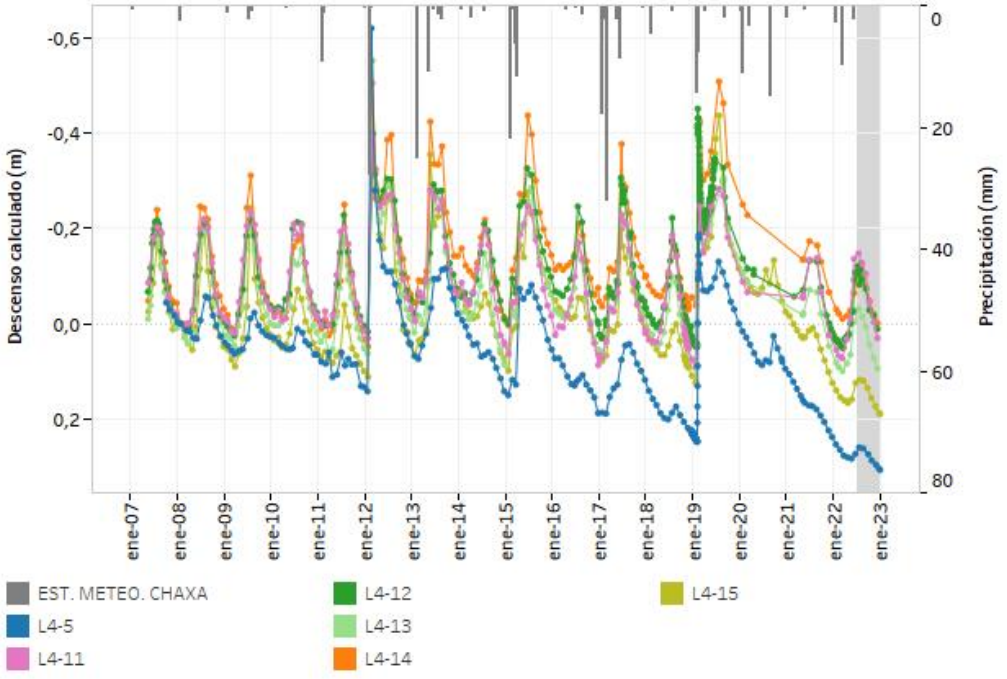
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-65: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14)



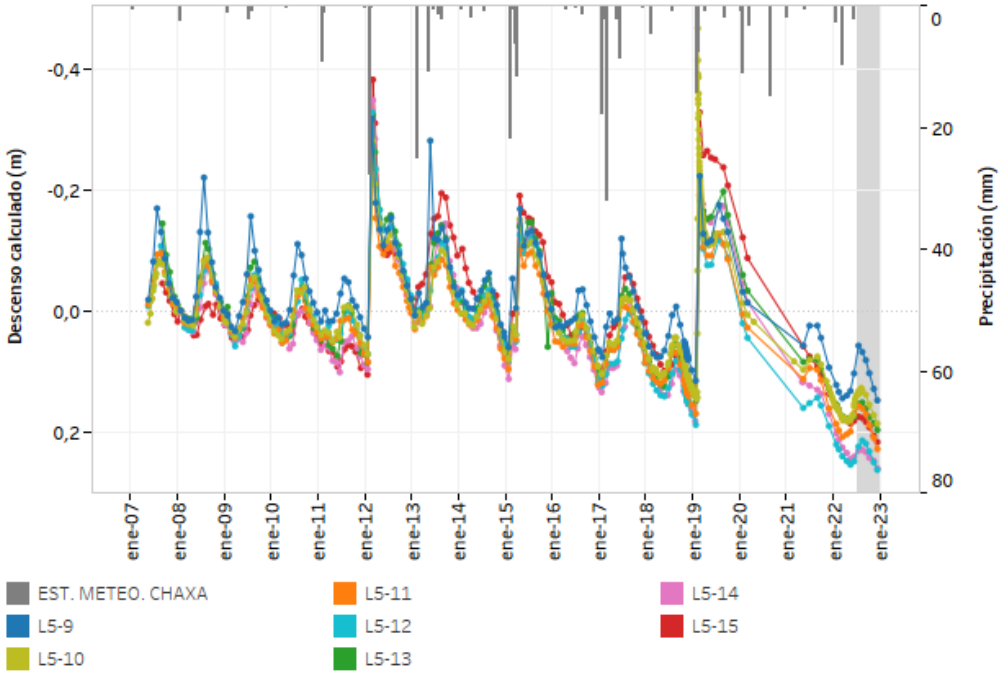
Fuente: Elaboración propia.

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 segundo 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. El paro del pozo Camar-2 ha supuesto la recuperación (ascenso) de bastantes puntos, y no solo en el arco cercano al mismo pozo, sino que también más al sur del pozo Socaire-5. No obstante, el efecto ha sido más marcado en el acuífero aluvial y en la zona de transición hacia la zona marginal. Por otro lado, no se observa que esta respuesta haya llegado al objeto de protección, aunque en este sector tampoco se han observado tendencias de descenso que pudieran llevar a interpretarse como efecto histórico de los pozos de agua industrial, lo que sugiere que no se deba esperar que el mismo objeto de protección pueda llegar a variar de su oscilación habitual en ese sentido.

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.

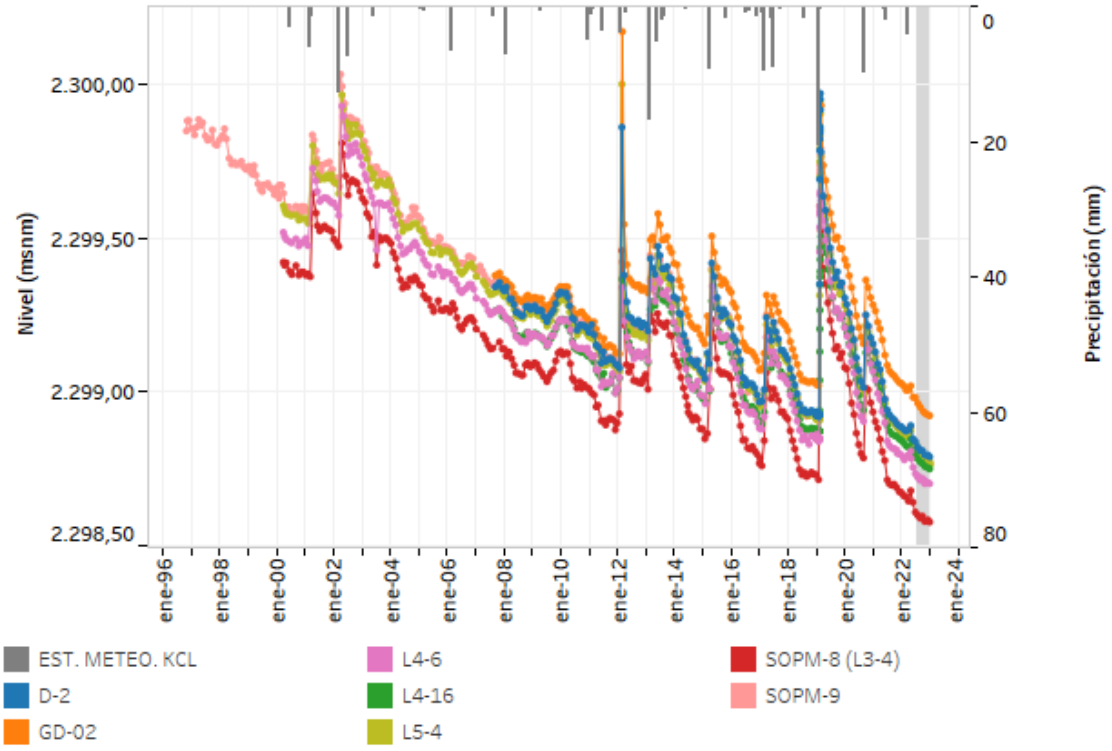
6.1.2.1.4 Pozos en el sector del núcleo

Cerrando el análisis de los puntos del sistema Aguas de Quelana, el último grupo de puntos son los que se encuentran sobre el núcleo del Salar y que, por tanto, están mostrando un comportamiento asociado a este. Se trata de los pozos L3-4 (SOPM-8), L4-16, L4-6, GD-02, L5-4, D-2 y SOPM-9, de los que se muestran sus niveles en la Figura 6-68.

De la misma forma que en el sistema Soncor, estos puntos no presentan estacionalidad, responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso característica de esta zona (entre 4,5 y 5,2 cm/año). Como ya se ha visto en el sistema Soncor, los puntos del núcleo muestran poca diferencia entre las cotas piezométricas, por lo que resulta una zona de bajos gradiente hidráulicos.

De las medidas tomadas en el segundo semestre de 2022, se observa que todos los puntos muestran la tendencia descendiente basal característica del núcleo. Las pendientes obtenidas para el presente periodo reportado, siendo que no se registra ningún otro efecto derivado de la lluvia, son de entre 8 y 12 cm/año.

Figura 6-68: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.2.2 Superficie de los sistemas lacustres

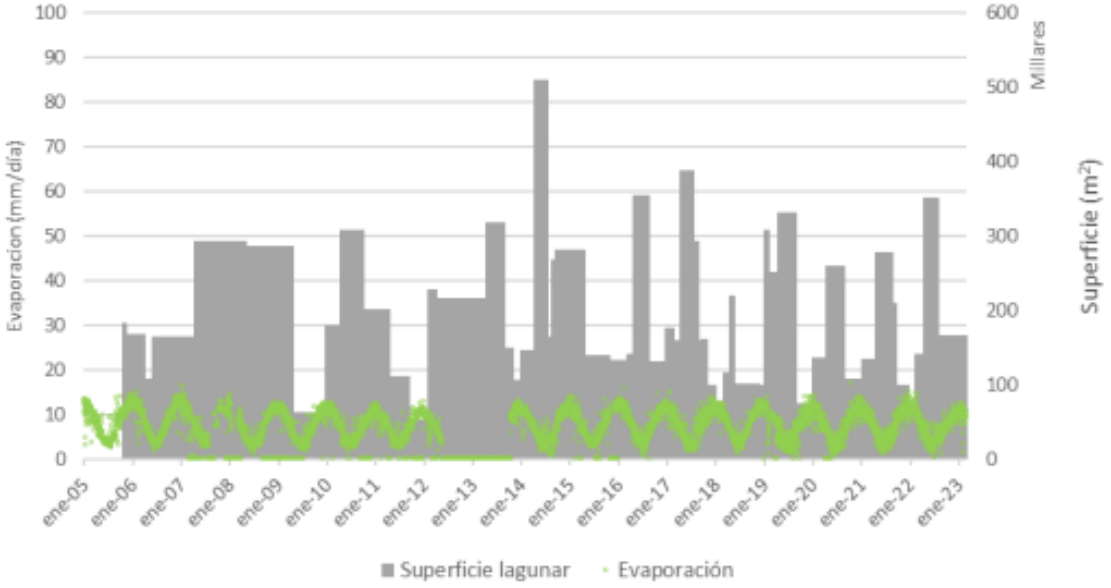
La evaluación del objeto de protección se ha realizado utilizando imágenes satelitales de alta resolución entre los años 2005 y 2022, verificando en ellas la ausencia de nubes, así como sombras que pudiesen afectar el análisis. Se han utilizado índices de diferencia normalizada de agua, tales como NDWI usando banda verde y roja, baja reflectancia en el NIR y el uso de SAVI, los que cumplen el propósito de capturar de la mejor manera posible cuerpos de agua someros.

En estos resultados es posible notar que la superficie lacustre sigue una tendencia contra-cíclica con la variable evaporación. En efecto, los máximos de extensión lacustre son observados para los meses cercanos a invierno (por ejemplo, julio), mientras que los mínimos están focalizados hacía meses de verano (ejemplo diciembre o enero).

Mediante los resultados en series de tiempo estacional para la superficie lacustre de Aguas de Quelana, es posible observar también que la variable extensión lacustre no muestra una relación con la variable precipitación, salvo para eventos puntuales.

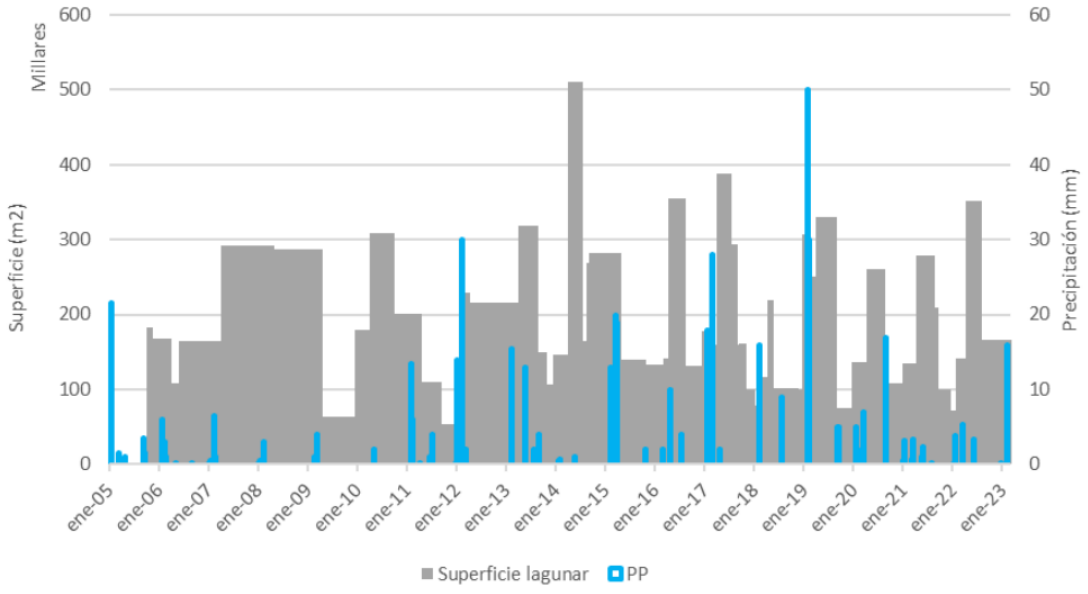
La siguiente figura, muestra series de tiempo tanto de superficie lagunar comparada con evaporación (Figura 6-69) como de superficie lacustre comparada con precipitación (Figura 6-70)

Figura 6-69: Comparación de superficie lagunar con datos de evaporación, estación Chaxa.



Fuente: Elaboración de Flow Hydroconsulting (2023) usando datos de SRGIS 2023.

Figura 6-70: Comparación entre extensión lacustre y datos de precipitación entre años 2005 y 2022.

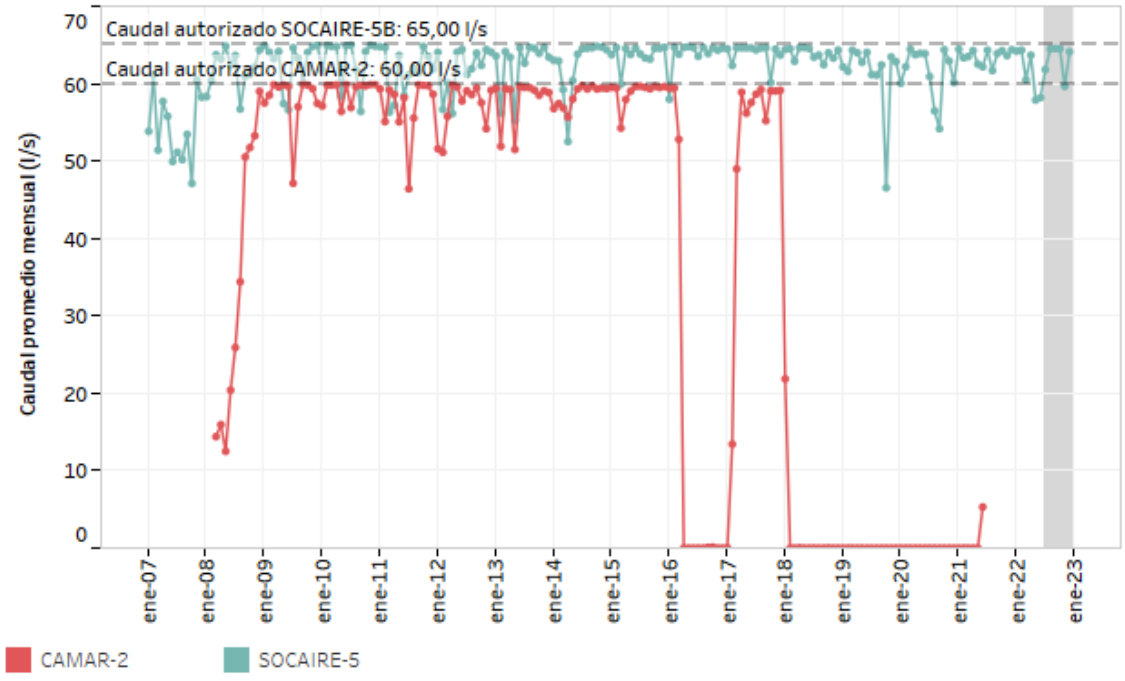


Fuente: Elaboración de Flow Hydroconsulting (2023) usando datos de SRGIS 2023. Se ha filtrado evento de precipitación 2019 por exceder en un orden de magnitud los datos y magnificar la escala vertical

6.1.2.3 Caudal bombeado

En la Figura 6-71 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, durante el segundo semestre de 2022, los caudales medios mensuales de Socaire-5 han fluctuado entre los 59,64 y 64,53 L/s, con un promedio semestral de 62,92 L/s.

Figura 6-71: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.4 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el segundo semestre 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.

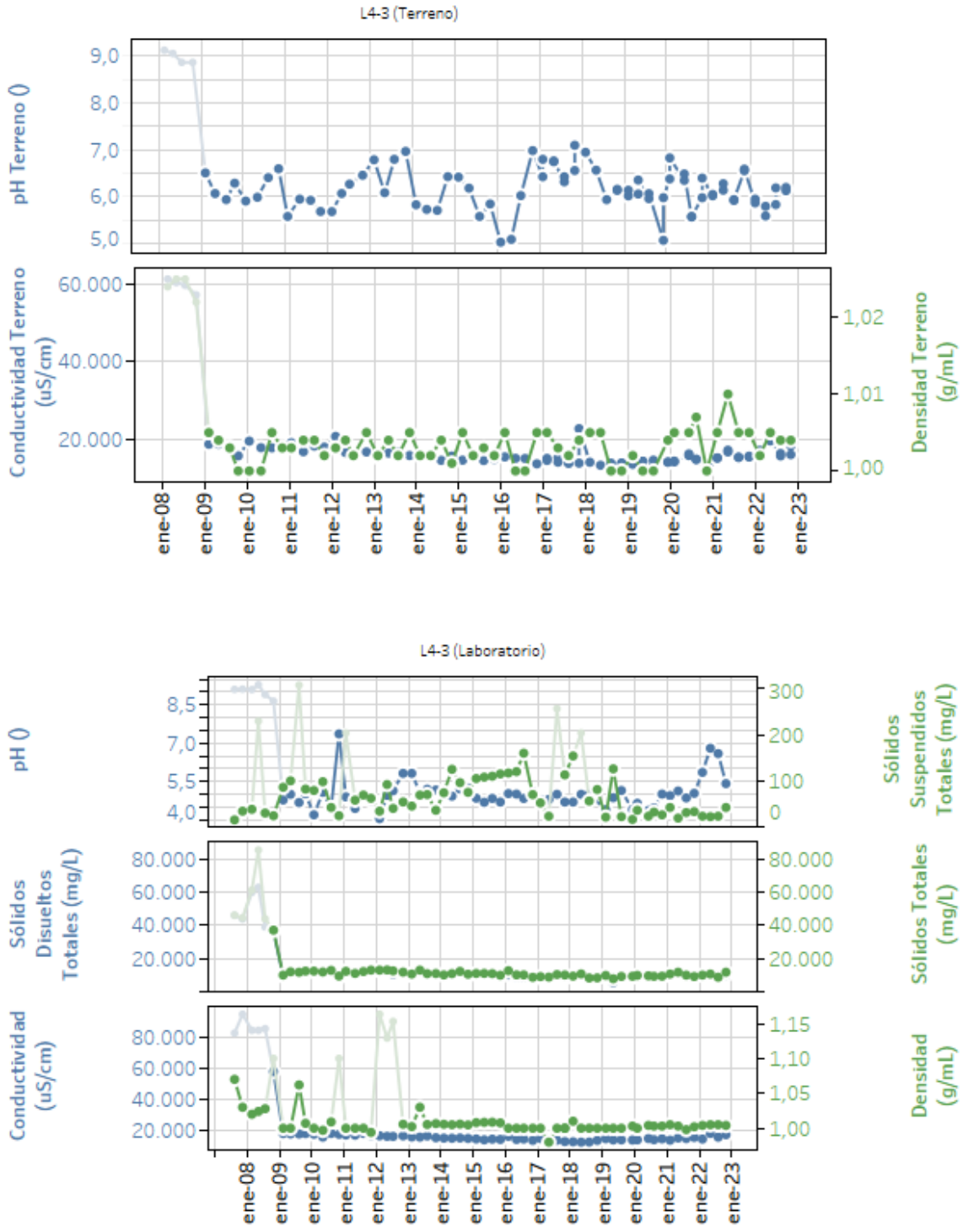
6.1.2.4.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

Los registros históricos de calidad del agua en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana se presentan en Figura 6-72, Figura 6-73, Figura 6-74, Figura 6-75, Figura 6-76, Figura 6-77, Figura 6-78 (L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10, respectivamente)[57, 58].

[57] En el informe Nº 5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Life Sciences hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Life Sciences, así como un breve análisis.

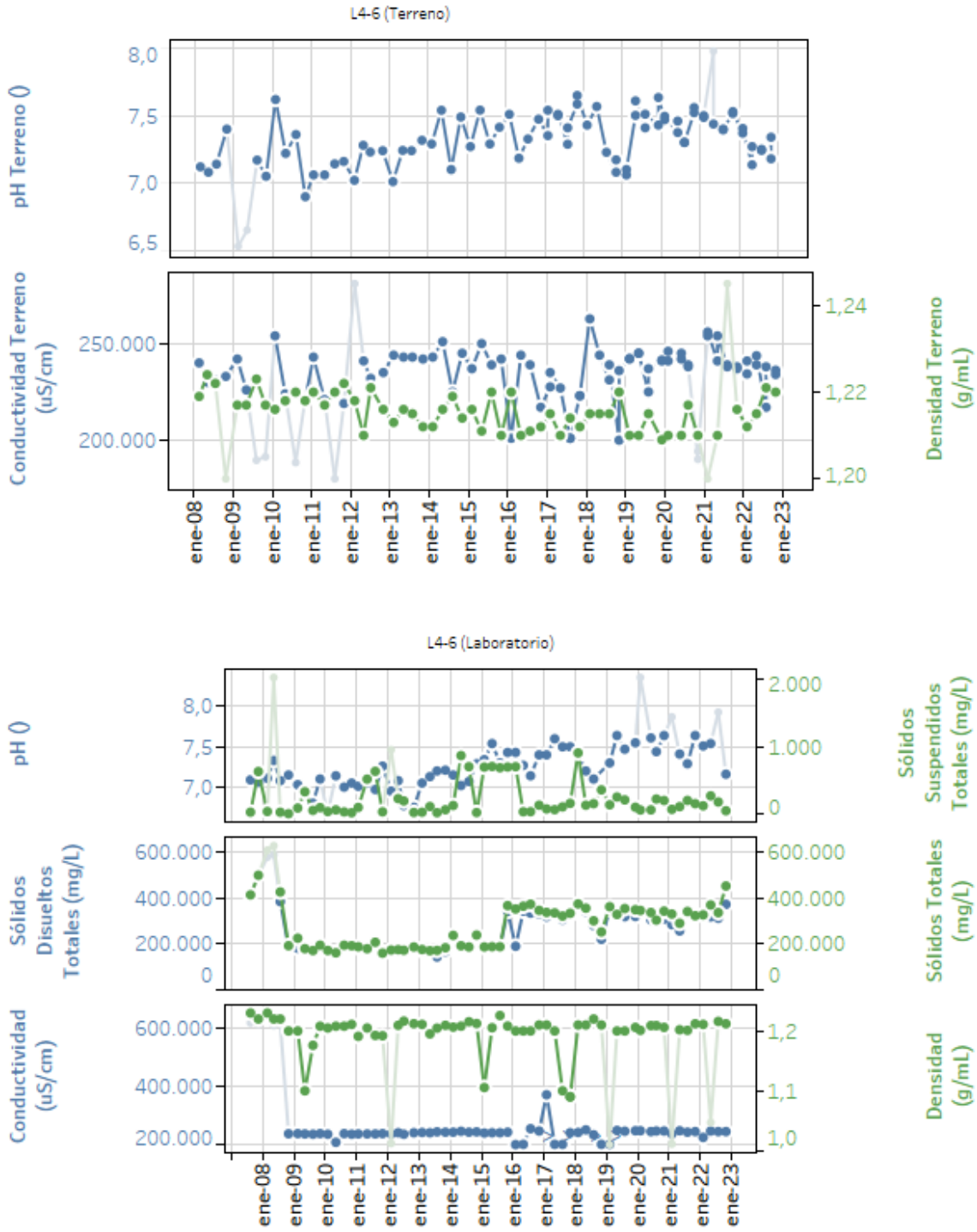
[58] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe.

Figura 6-72: 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 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6

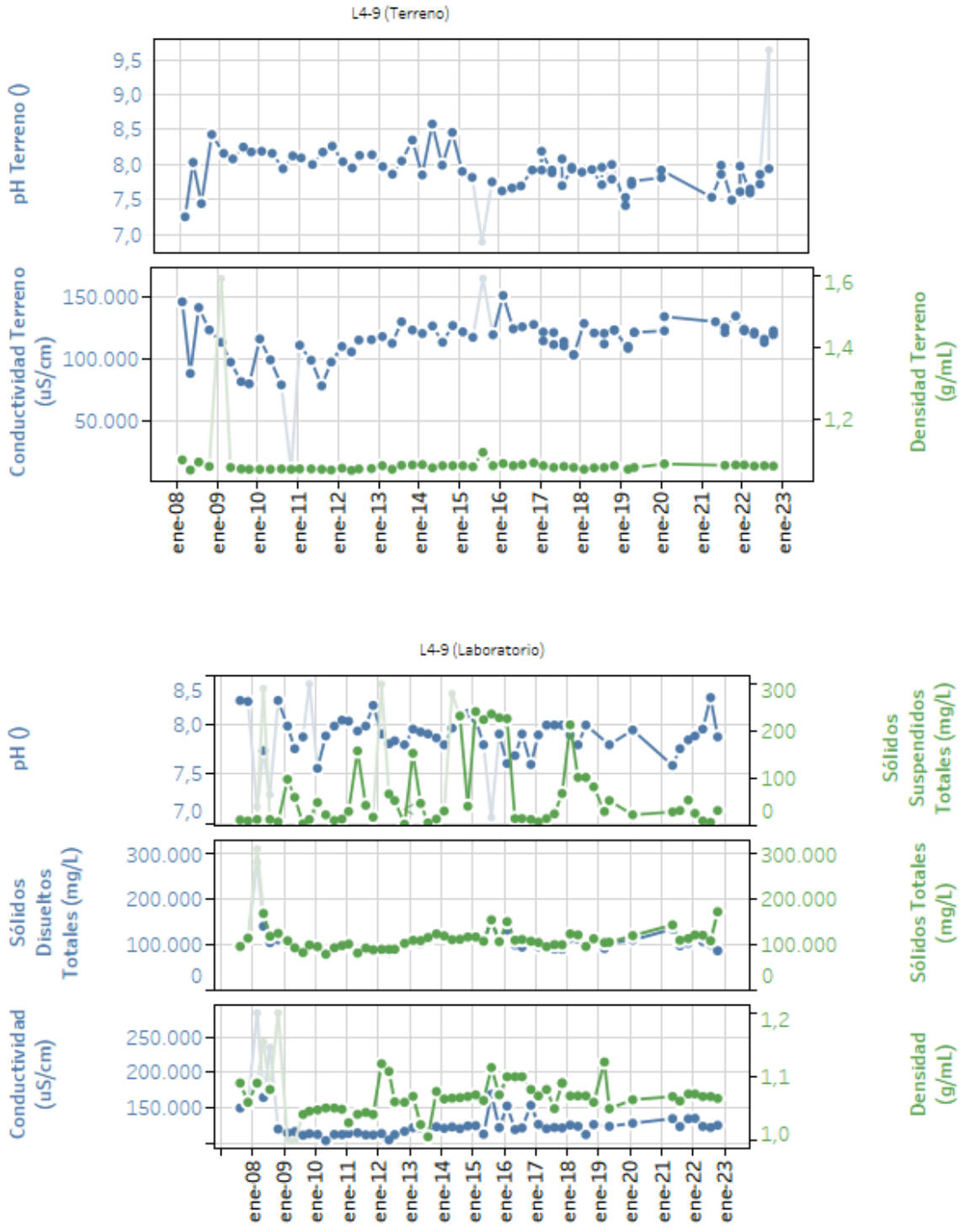


Fuente: Elaboración propia Los valores <LD o >LM se presentan = LD o LM y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-74: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8

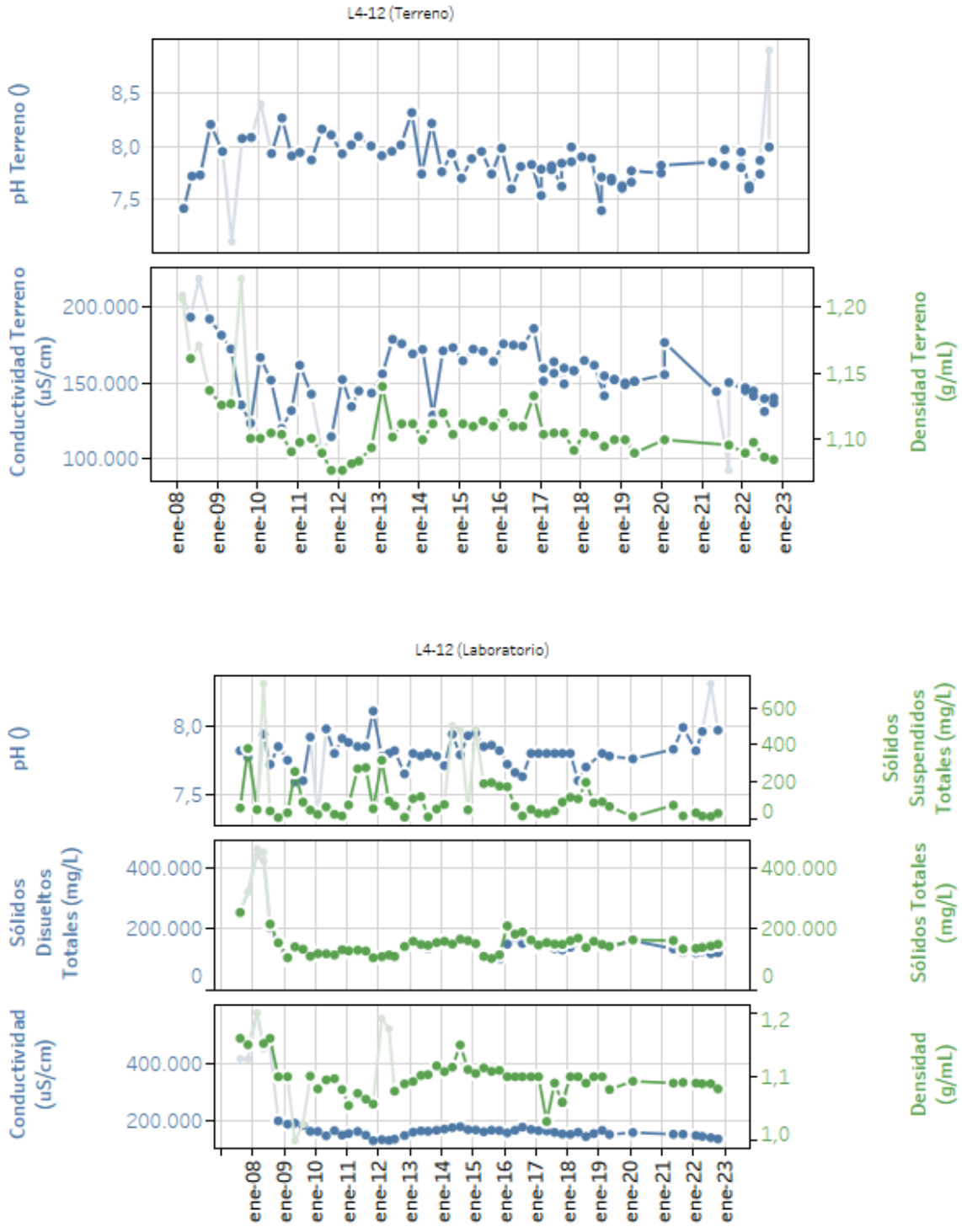
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-75: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9



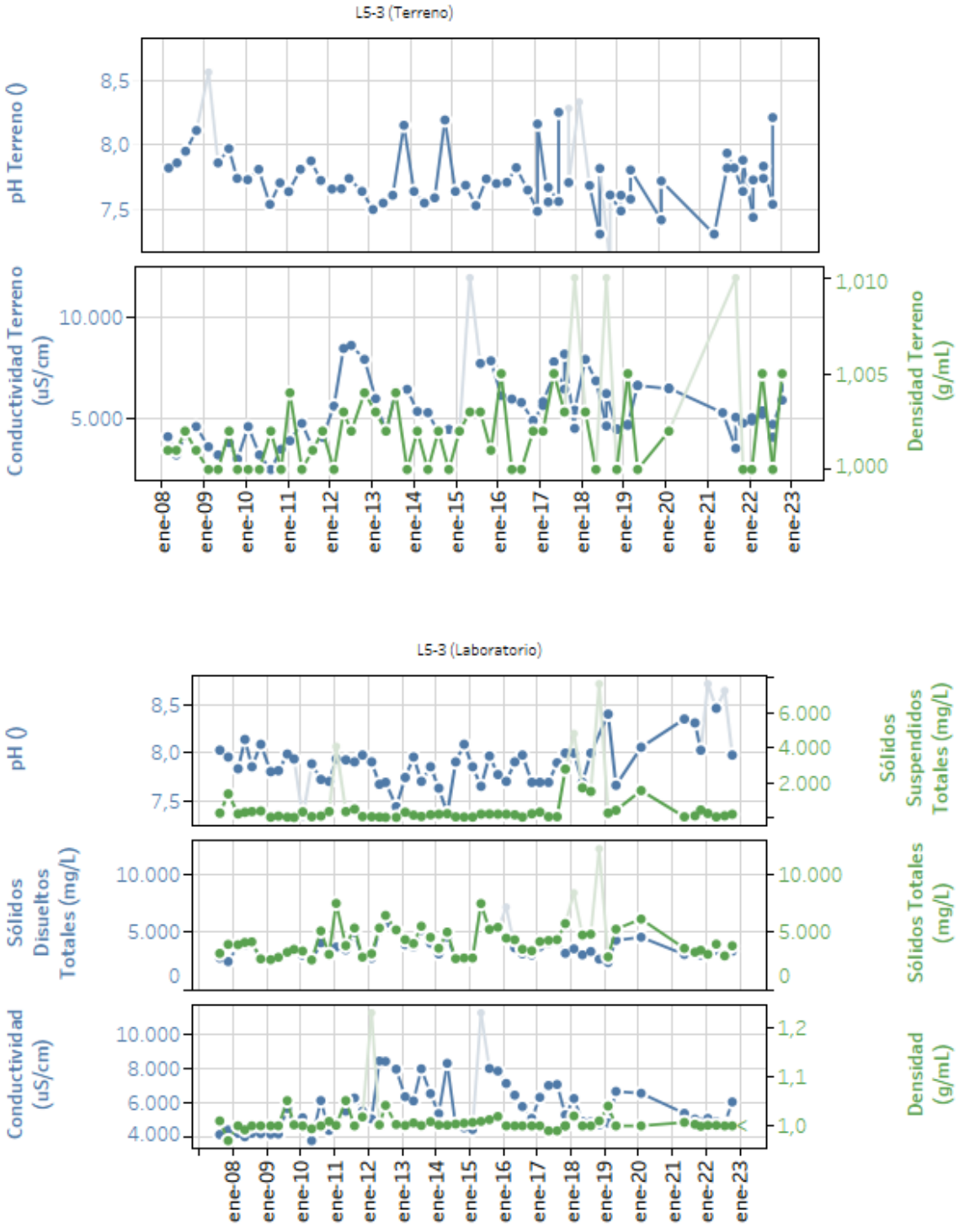
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

Figura 6-76: 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 6-77: 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 6-78: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10

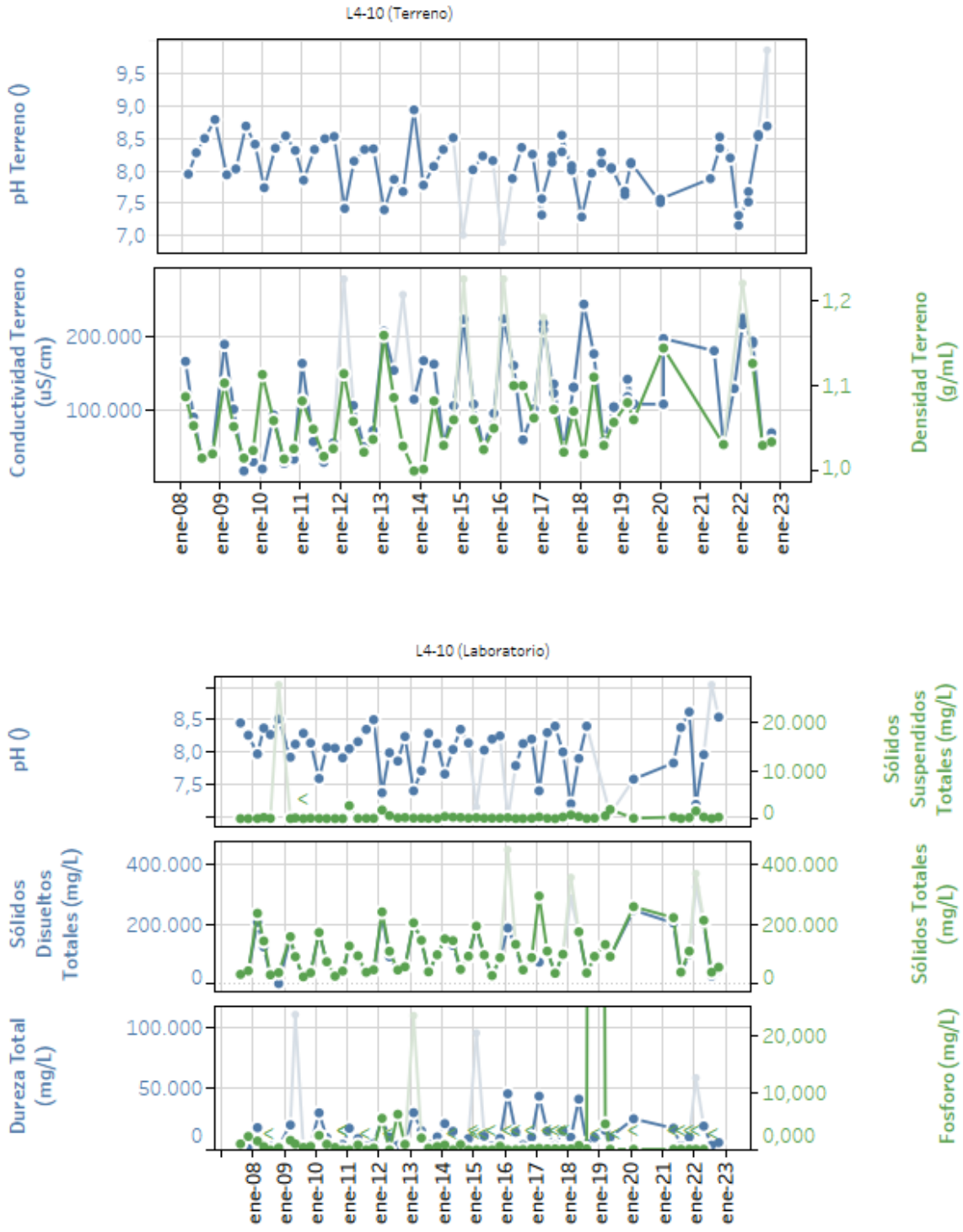
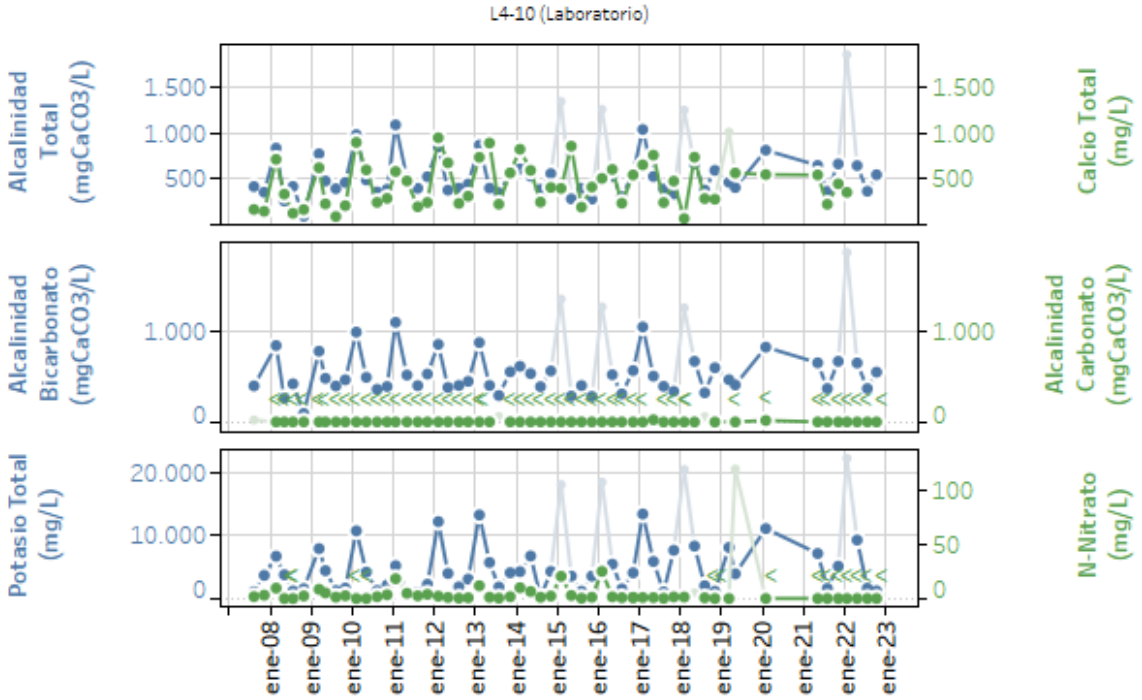


Figura 6-79: (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



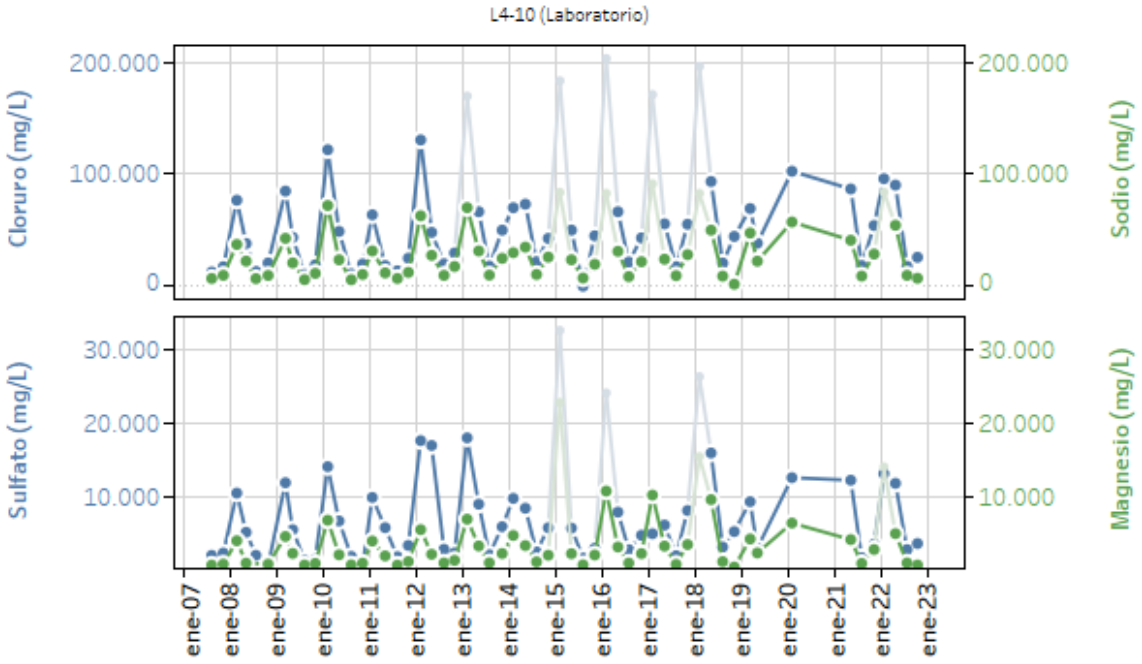
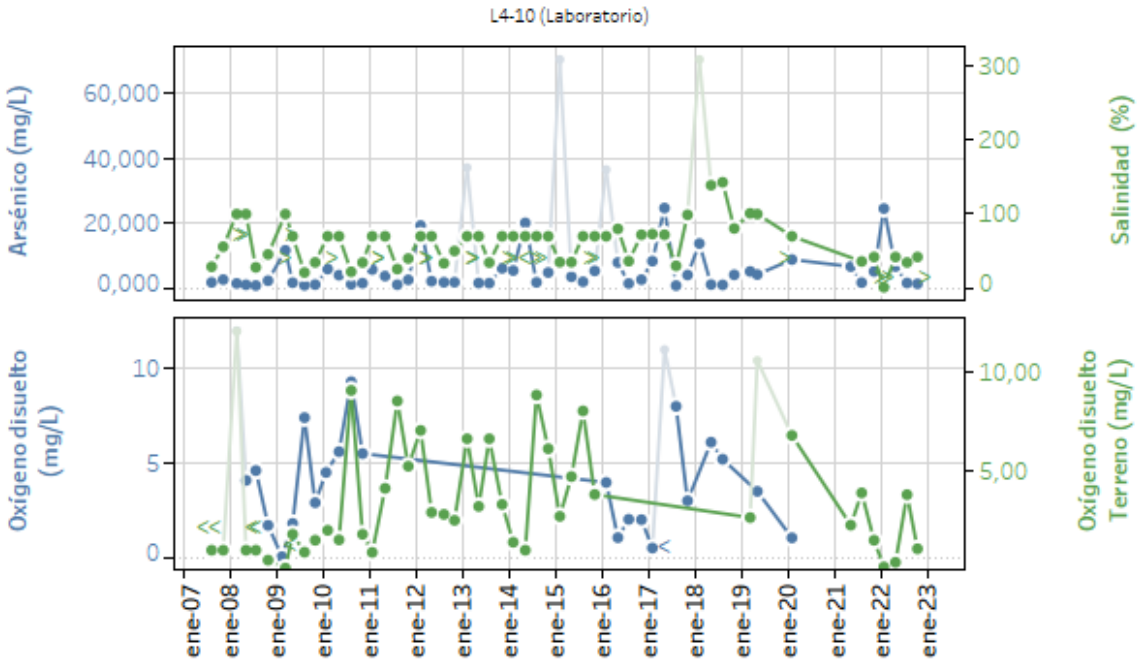


Figura 6-80: (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



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 8.000µS/cm. El resto de los puntos se alinean según una transecta E-W en la cual los valores de conductividad aumentan a medida que se avanza hacia el núcleo, los valores al comienzo de la zona marginal (L4-8) son en torno a 95.000 µS/cm y aumentan a medida que se avanza al W hasta valores cercanos a 240.000 µS/cm para el punto L4-6. El pH para estos puntos tiene valores entre 7 y 8 ± 0,5.

En cuanto al comportamiento histórico general de este sistema, el pozo L4-3, ubicado en la zona aluvial, presenta valores de CE del sector con valores en torno a 20.000 µS/cm, respectivamente y pH de terreno en torno a 6, lo que sugiere que este pozo capta aguas de un acuífero confinado.

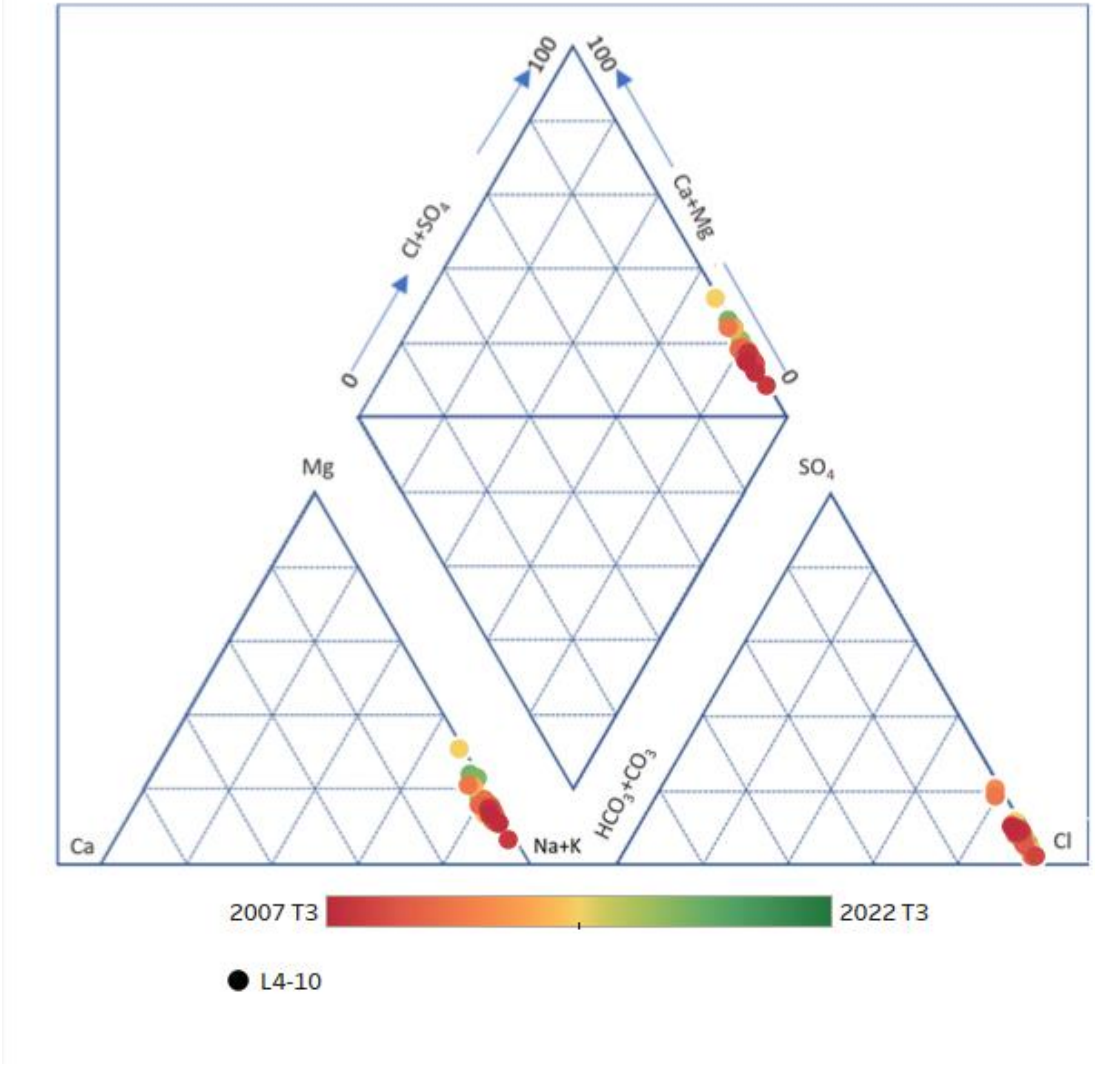
La Reglilla L4-10 presenta como principal característica una marcada estacionalidad, como consecuencia de la evaporación, oscilando su conductividad entre valores en torno a 50.000 y 220.000 µS/cm, entre invierno y verano, respectivamente.

En el segundo semestre de 2022, los puntos monitoreados presentan resultados para todos los parámetros dentro del registro histórico. Sin embargo, las mediciones de pH realizadas por el laboratorio de las muestras tomadas durante el tercer trimestre (julio 2022) presentaron un error sistemático de sobreestimación en los puntos L4-3, L4-6, L4-12, L5-3 y durante el cuarto trimestre (octubre 2022) en el punto L4-10. Debido a que el holding time de mediciones de pH es entre 24 a 48 horas, el reanálisis no fue posible de solicitar, por lo que, los valores de pH de laboratorio para estas muestras fueron invalidadas tanto para julio y octubre respectivamente. Asimismo, las mediciones de pH de terreno de los puntos L4-10, L4-9 y L4-12 fueron invalidadas para el mes de octubre por presentar desviaciones a las históricas.

Cabe destacar que en L4-6 y L4-9 se obtuvo una medición durante el cuarto trimestre de solidos totales alta pero dentro del margen de valores históricos, por lo que, para ambos casos estos datos fueron validados dentro de la serie.

En la Figura 6-81 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, donde no muestran ninguna tendencia temporal marcada.

Figura 6-81: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10



Fuente: Elaboración propia

6.1.2.4.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

La evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial Camar-2 y Socaire-5 se presenta en la Figura 6-82 y Figura 6-83, respectivamente.

En cuanto al comportamiento histórico general, tanto Camar-2 como Socaire-5 se encuentran en el acuífero aluvial, el cual alimenta a la zona marginal. Ambos puntos presentan un pH neutro (en torno a 7) y valores de CE <5.000 µS/cm.

Para el punto Camar-2 los parámetros de hierro y manganeso mostraron un aumento en julio de 2019 hasta valores nunca alcanzados y que posteriormente han descendido, mostrando tendencia al descenso para el hierro y en menor medida para el manganeso. En el primer semestre de 2019 el punto fue afectado por un aluvión y las muestras posteriores han sido colectadas con bailer, por lo que no resulta extraño encontrar algunas anomalías. Asimismo, el pH mostro su máximo histórico durante el segundo semestre de 2022 tanto en Camar-2 y Socaire-5B.

En el punto Socaire-5 todos los parámetros se encuentran dentro del registro histórico.

Figura 6-82: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2

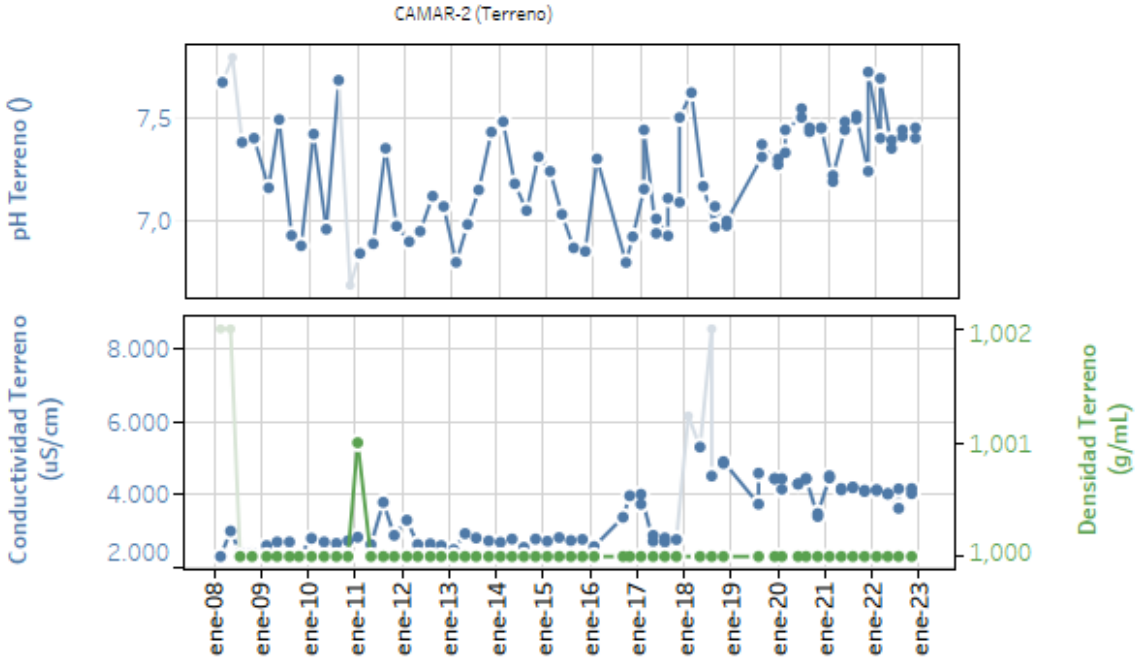


Figura 6-82 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Camar 2

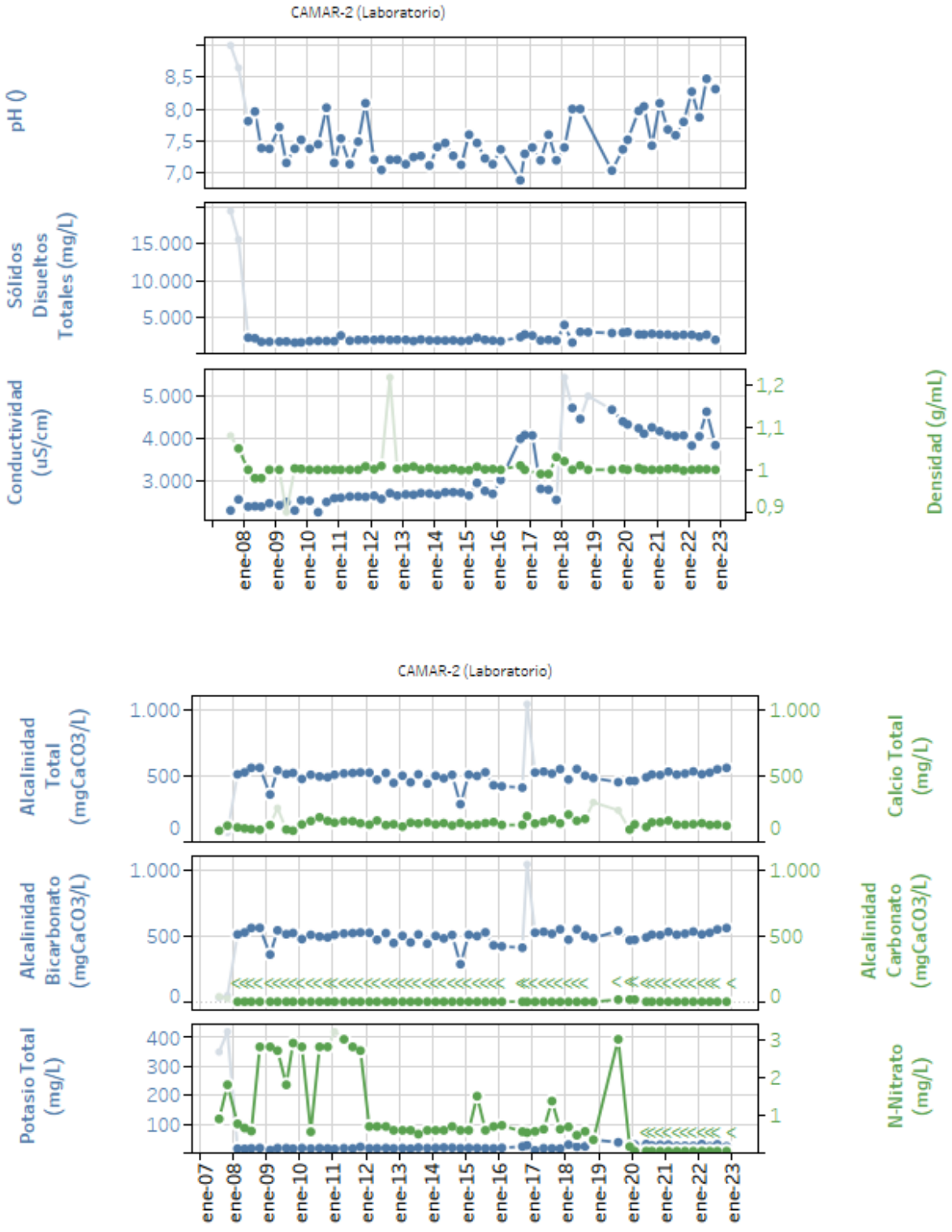


Figura 6-82(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Camar 2

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 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B

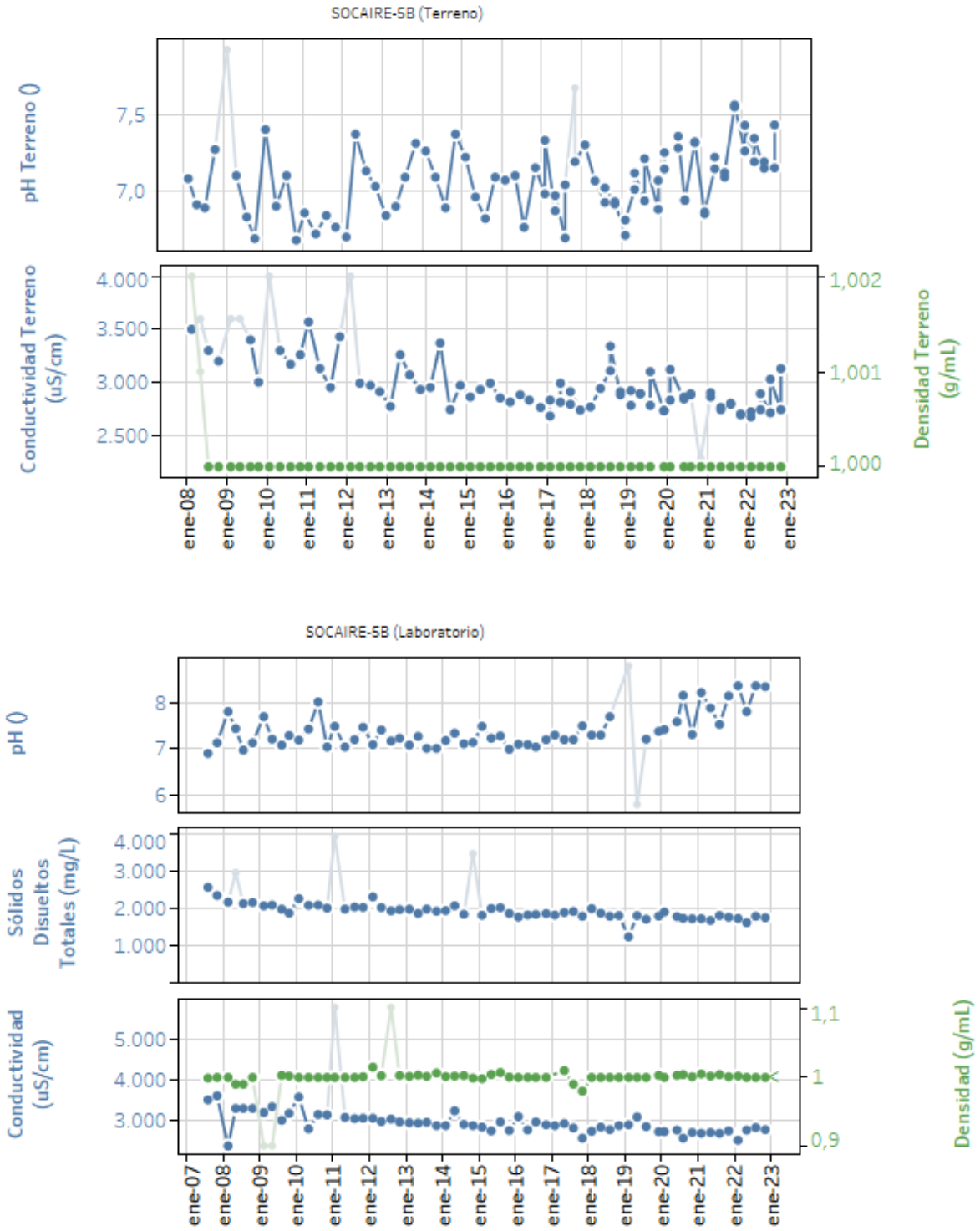


Figura 6-83(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Socaire-5

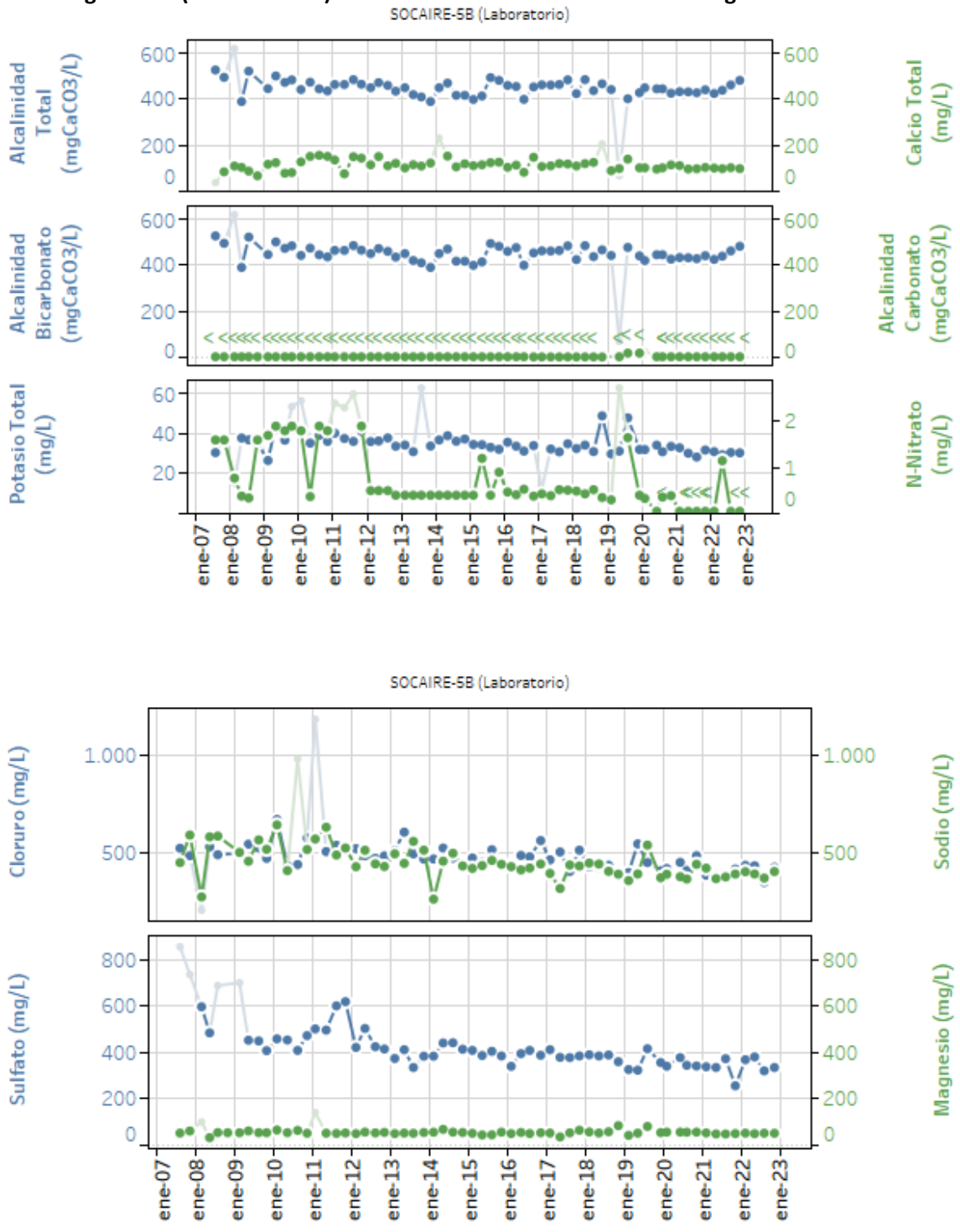
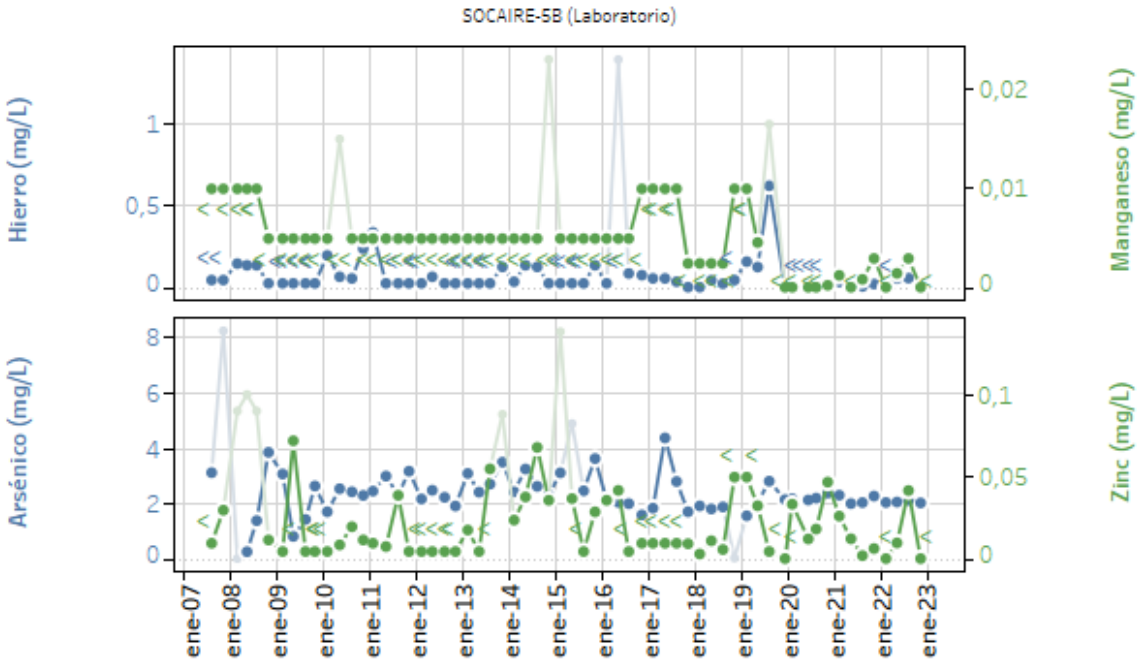


Figura 6-83 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en Socaire-5B



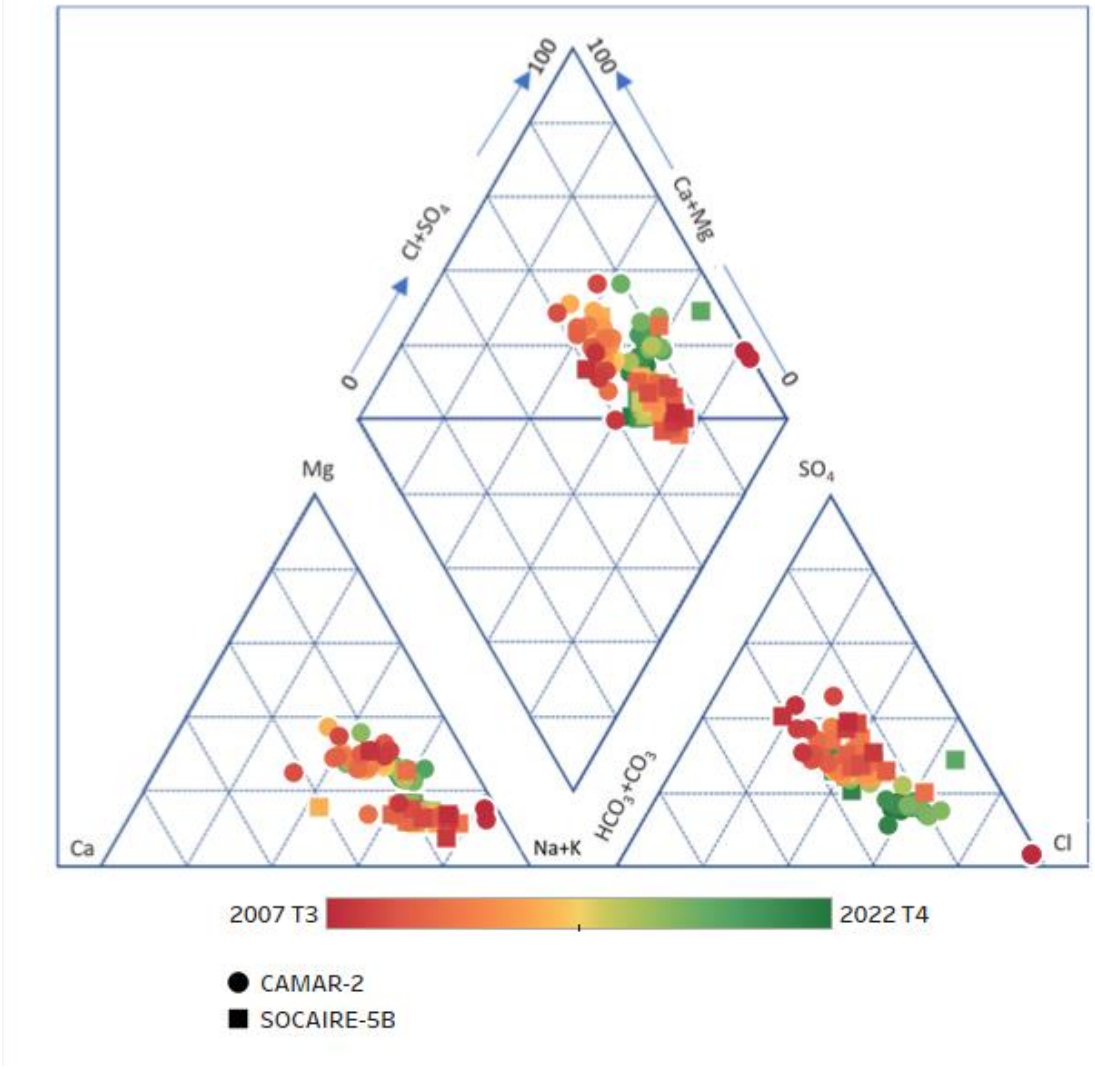
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" o ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

En la Figura 6-84 se observa que el punto Camar-2 presenta facies entre cloruradas cálcicas y magnésicas, y cloruradas sódicas y Socaire-5 se encuentra dentro de sulfatadas-cloruradas y sulfatadas sódicas. Estas aguas representan la recarga que alcanza a la zona marginal y sistema lagunares por lo que las concentraciones en estos puntos son menores a las observadas en los pozos y reglillas de la zona marginal y el núcleo. La mayor parte de esta agua será evaporada en la zona marginal.

Respecto a tendencias temporales en Camar-2, existen tendencias al alza en la concentración de Ca, Na, cloruro, CE, pH y SDT. Estas tendencias en Camar 2 parecen haberse estabilizado desde el cese de su bombeo. Además, desde 2020 el sulfato en Camar 2 mostró un descenso en sus registros de unos 50mg/L. Para el punto Socaire-5 se observa leve tendencia a la baja en CE, STD, Cl, Na y SO4.

Ambas tendencias pueden verse en el diagrama de Piper en la Figura 6-84, en la que se observa que los valores de Camar-2 han evolucionado a una composición más clorurada sódica y los de Socaire-5 muestran una leve evolución a menos clorurado sódico, desplazándose hacia el centro del diagrama.

Figura 6-84: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5

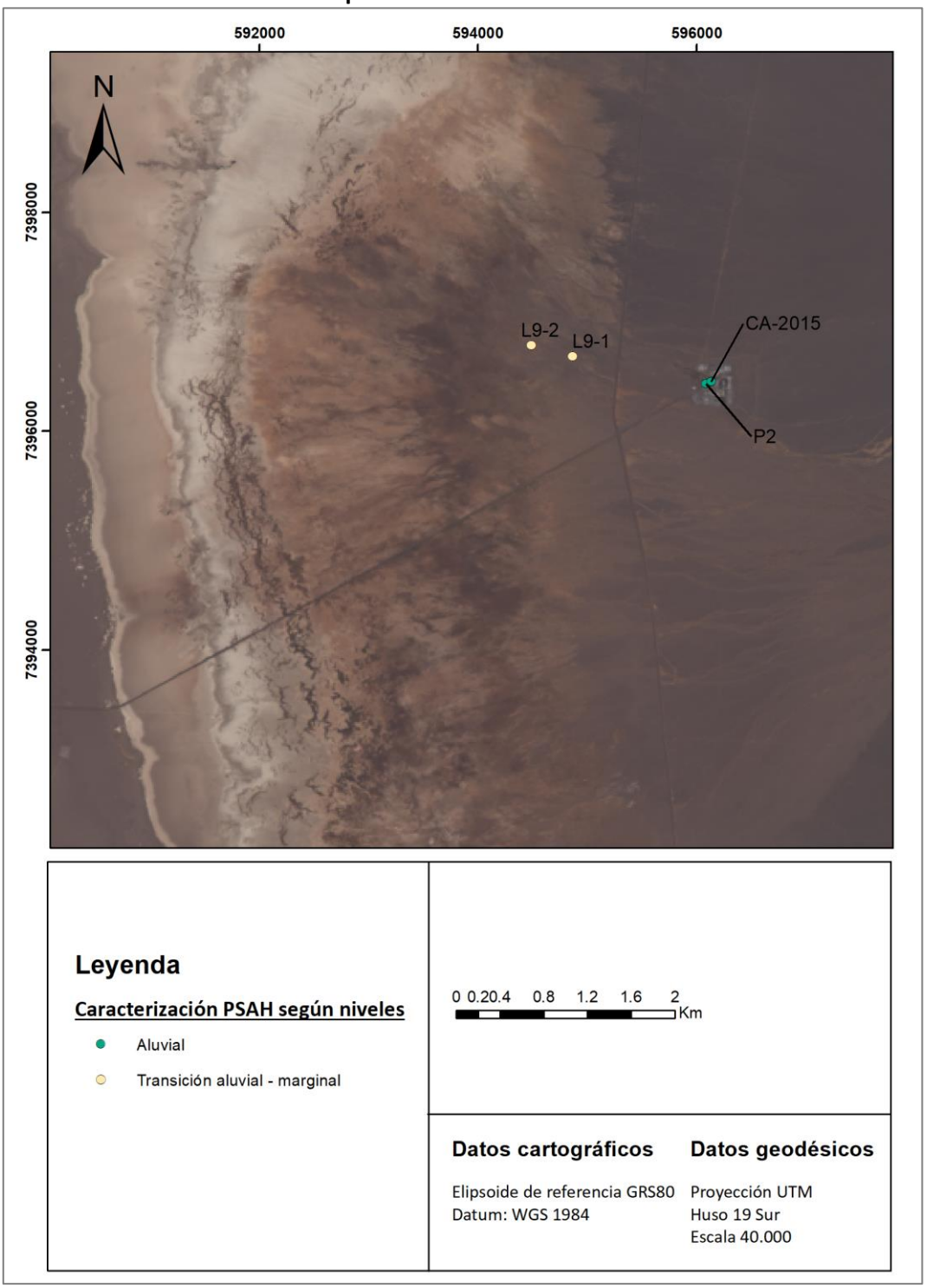


Fuente: Elaboración propia

6.1.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE – SECTOR POZO CA-2015

A continuación, se analiza el comportamiento histórico de los pozos pertenecientes al Sistema Vegetación Borde Este. Como ya se ha indicado al inicio de este capítulo, se han descrito los puntos separados en función del sistema hídrico (sistema Soncor o sistema Aguas de Quelana) (ver Figura 6-85). 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 6-85: 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 6-86 se muestran los niveles de ambas infraestructuras y en la Figura 6-87[59] se muestra el detalle del CA-2015, lo que permite ver las variaciones de nivel recientes.

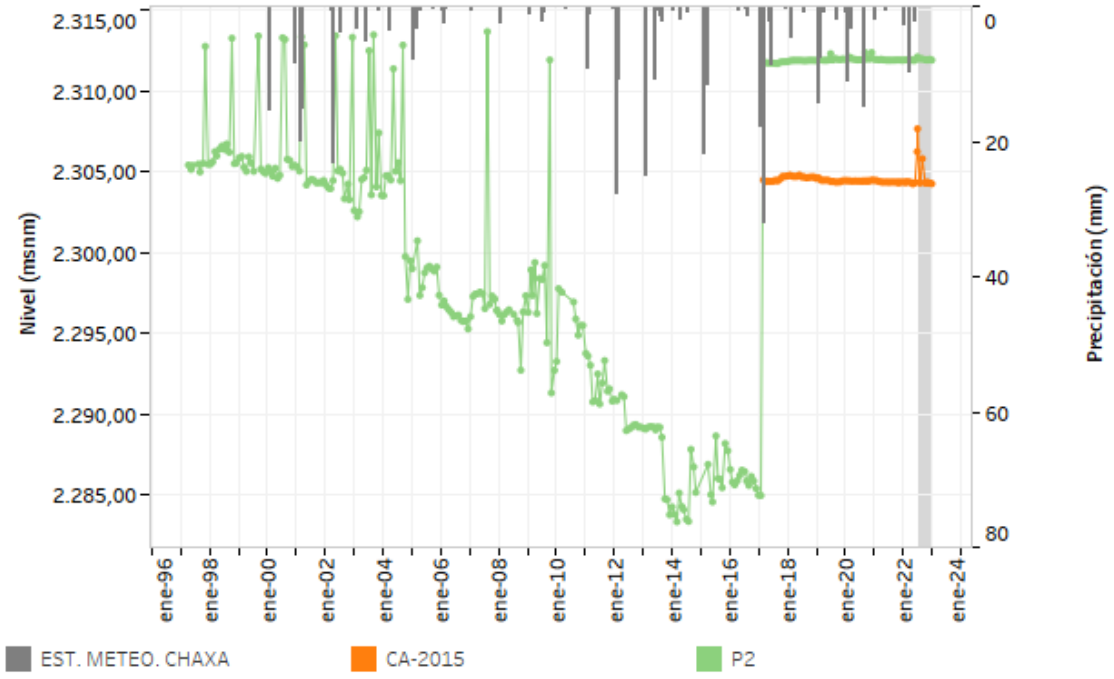
Según se ve en la Figura 6-86, en el momento en que se detuvo el P2, éste alcanzó un nivel sobre los 2.311,70 m.s.n.m. generando un ascenso repentino de más de 26 m. Después de varios meses, en enero 2018, alcanzó un nuevo nivel de 2.311,90 m.s.n.m. (20 cm más alto) y que ha mantenido estable durante 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. Si bien en algunas ocasiones, se ha reducido la extracción del pozo, el nivel se ha mantenido estable mostrando una tasa de descenso promedio en el periodo de entre 2018 y 2019 de 21 cm/año, mientras que a partir de noviembre 2019 se observa como la tasa se redujo hasta los 6 cm/año, valor que incluye el registro del segundo semestre 2022.

No obstante, lo anterior, el nivel ha mostrado ciertos *peaks* en las mediciones de junio 2019, junio 2022 y agosto de 2022 que se sitúan entre 1,5 y 7 metros por encima del nivel habitual del pozo. Esto puede deberse al manejo operacional del pozo ya que se trata de un nivel dinámico, asociado al régimen de extracción de agua, lo que lleva a que sea habitual medir estos cambios bruscos en la tendencia del nivel.

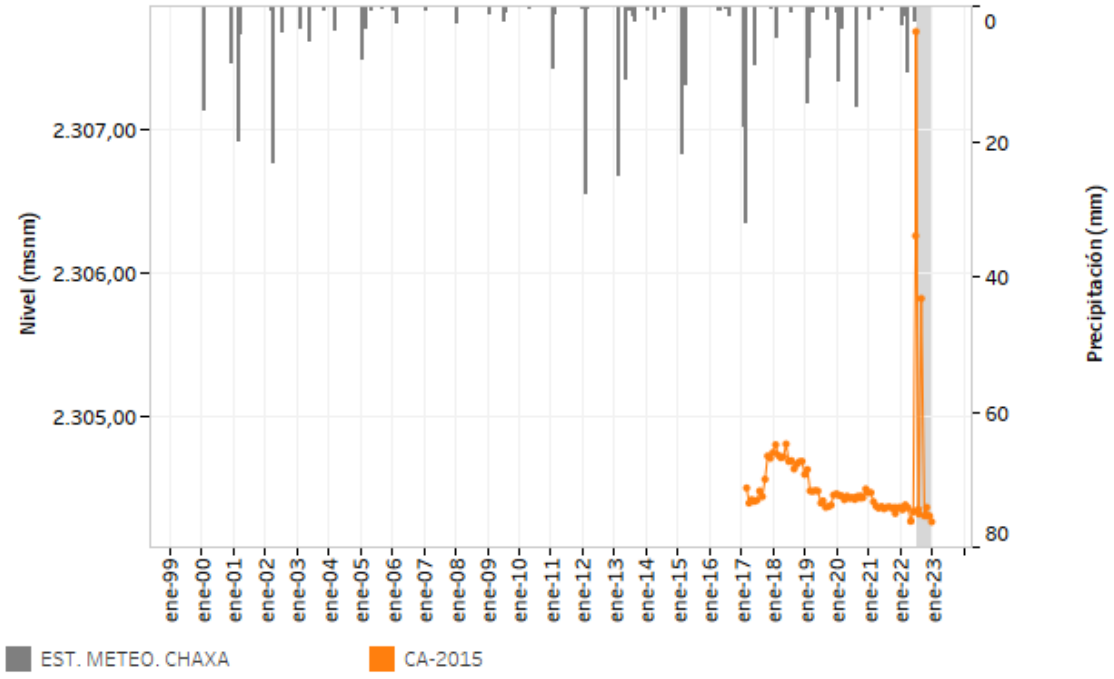
[59] Para la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se ha eliminado la medida del 19 de junio 2019, ya que corresponde a 2.311,85 m s.n.m., que son 7 metros más que el siguiente máximo registrado. De hecho, el mismo mes se procedió a medir de nuevo, confirmando que esta era una medida 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 6-86: Niveles medidos en los pozos de agua industrial pertenecientes al sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-87: 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.

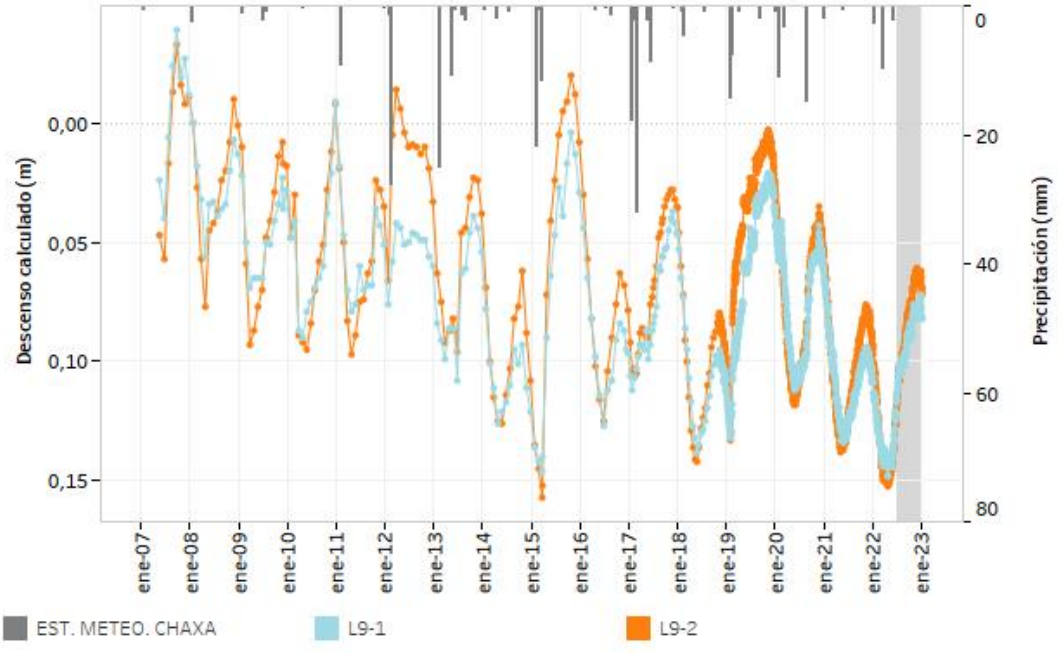
6.1.3.1.2 Pozos en zona aluvial y marginal

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 6-88) muestran un comportamiento que se ha identificado en los sistemas anteriores como transicional entre la zona marginal y el acuífero aluvial, ya que muestran oscilación estacional, pero con tendencia de descenso.

De hecho, como desde 2018 es que se miden estos puntos de forma diaria, puede apreciarse mejor la regularidad del efecto estacional en la variación de sus nivele, en comparación con el anterior periodo; de ahí a que en los anteriores informes se describían como que la estacionalidad no era regular. Dado este cambio en la frecuencia de medición, se cree más representativo medir la tasa de descenso solo para este periodo, que resulta ser de 1,3 cm/año en promedio.

Se observa, por tanto, en el segundo semestre de 2022 se reproduce el máximo estacional esperado. Aunque, si bien el pozo viene mostrando una tendencia de descenso histórica, la cota alcanzada este semestre se sitúa levemente por encima del máximo estacional del año anterior (unos 7 mm).

Figura 6-88: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este

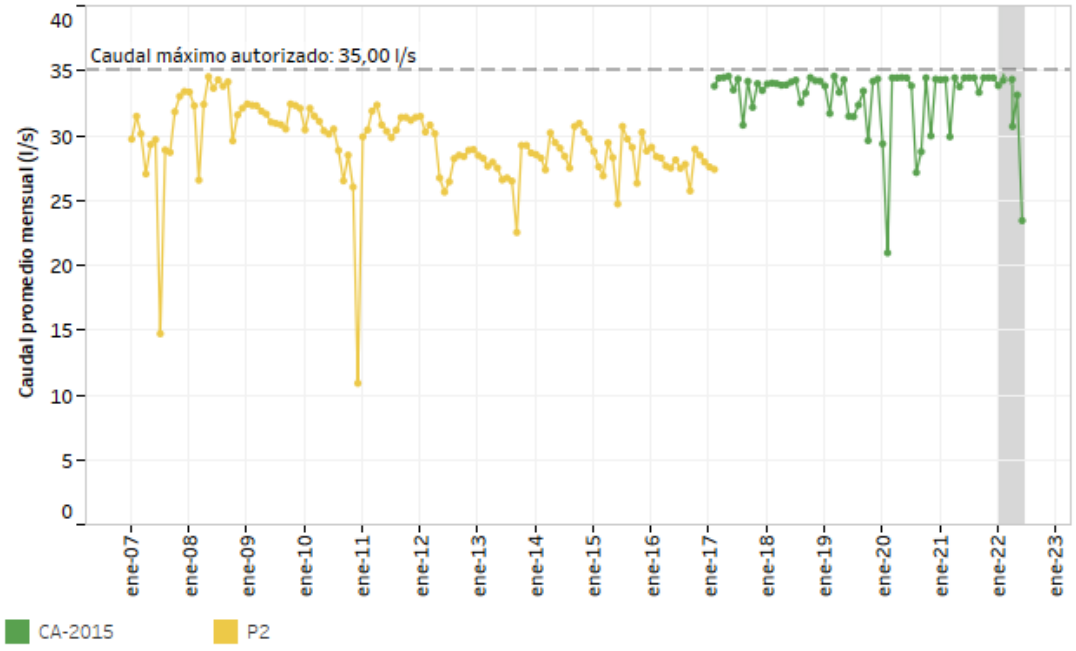


Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.2 Caudal bombeado

En la Figura 6-89 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 28,94 y los 32,82 L/s, con un promedio semestral de 30,48 L/s

Figura 6-89: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 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 6-90).

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 pH de terreno durante octubre de 2022 que representa el valor mínimo histórico en torno a 7 y de forma análoga el valor de densidad de terreno durante octubre presenta igual magnitud que las mediciones máximas registradas en 2020 y 2017 de 1,006 us/cm. Para el caso del arsénico la medición durante julio de 2022 mostro ser un 80% más que el promedio histórico de concentración de 0,265 (mg/L); este aumento no se condice con ningún otro parámetro por lo que puede considerarse *outlier*.

Figura 6-90: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)

Figura 6-90 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)

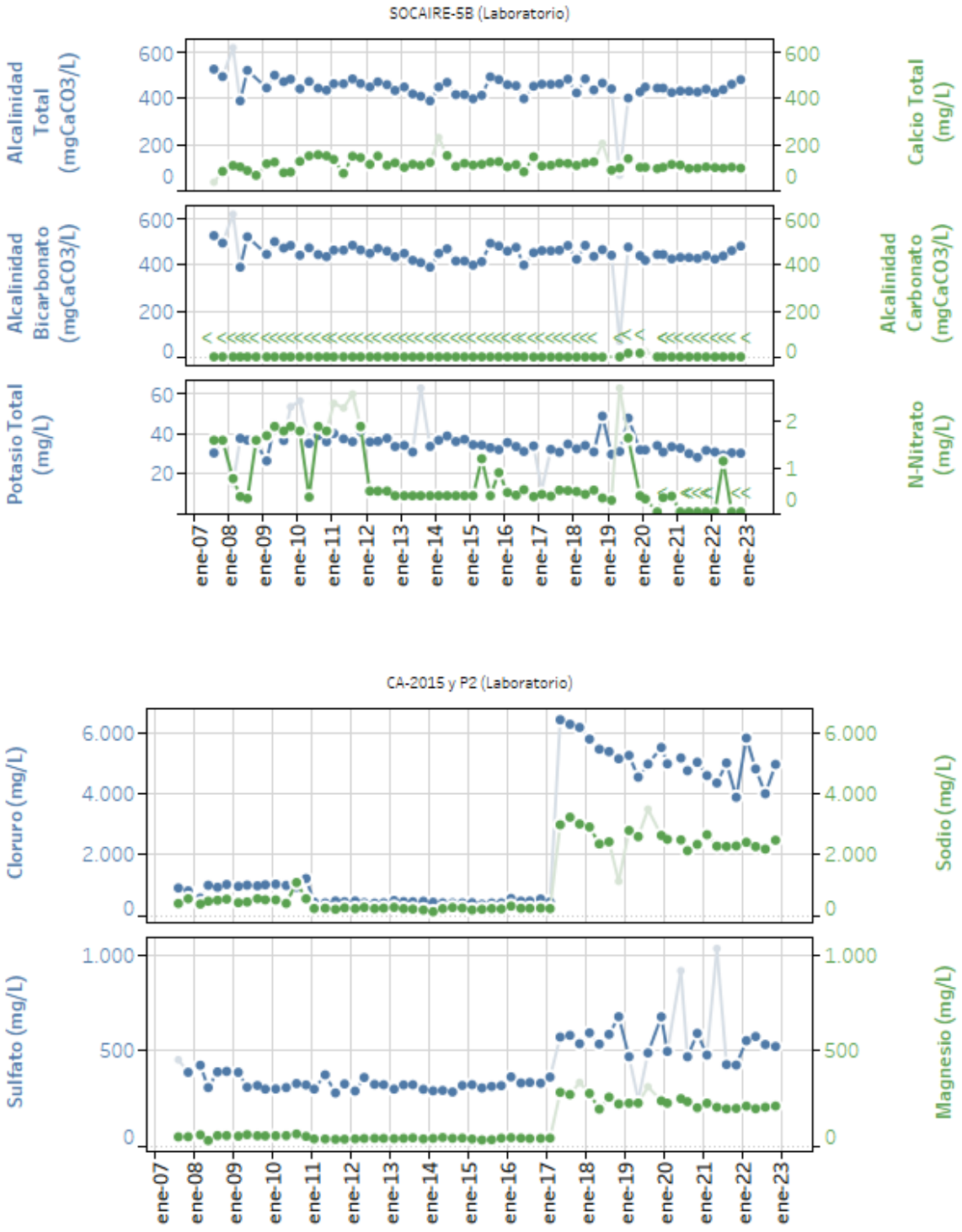
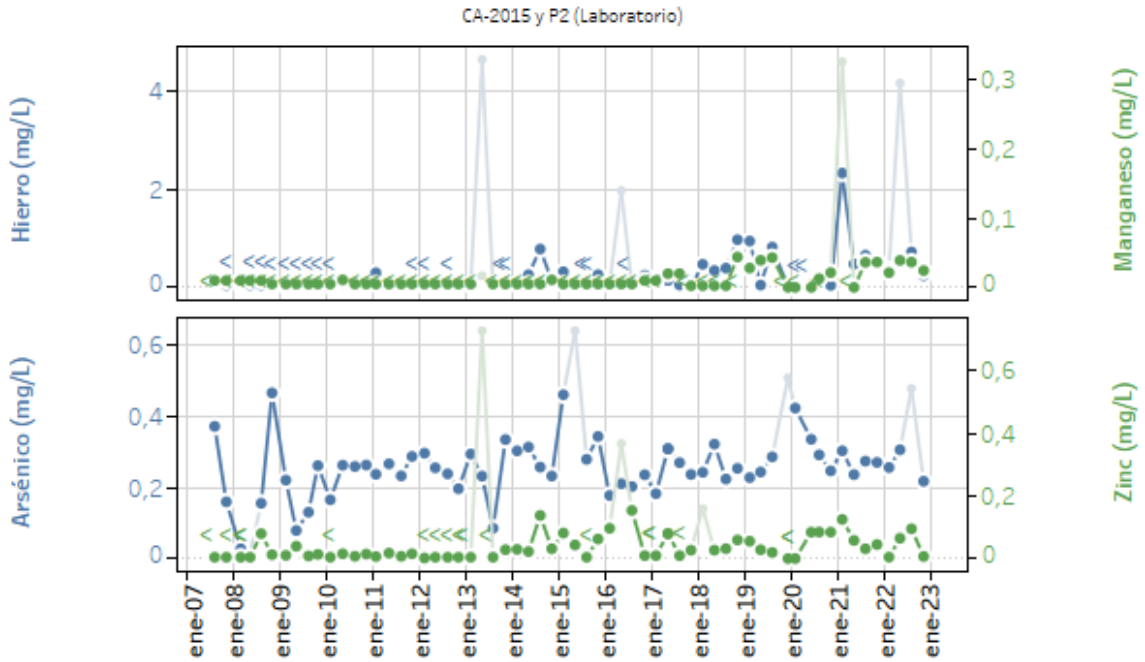


Figura 6-90 (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)



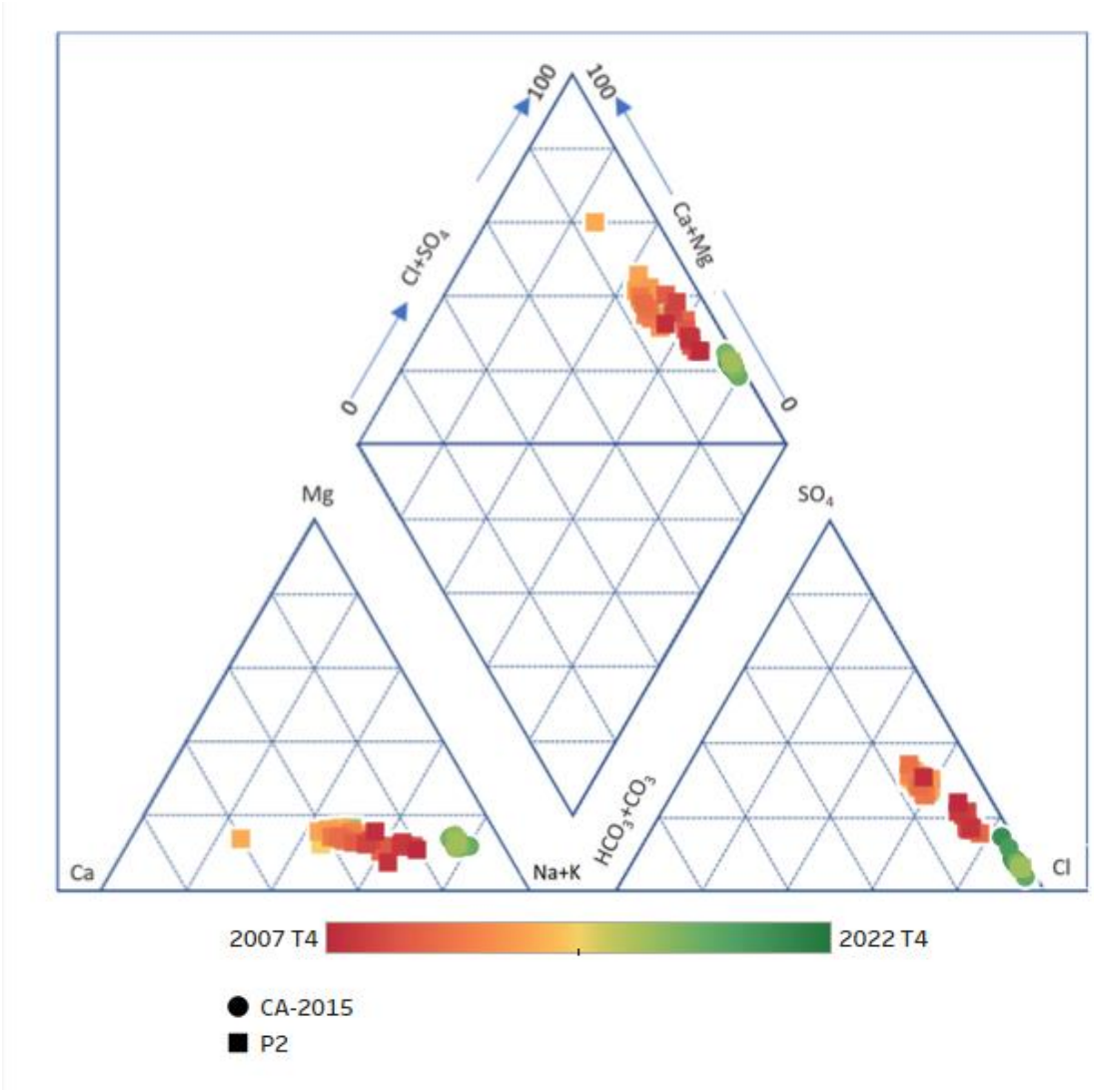
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.5.8) se muestran con resalte.

La Figura 6-91 muestra el diagrama de Piper para las muestras colectadas en P2 y CA-2015, con un balance iónico inferior al 10%. Nótese que, aunque ambos puntos presentan facies cloruradas sódicas, el punto CA-2015 presenta unas características cloruradas sódicas notablemente más acusadas que P2. La explicación a este hecho reside en que el punto CA-2015 está colectando aguas más profundas que el P2 y, por tanto, con una mayor influencia de la interfaz salina que se encuentra en profundidad como consecuencia del encuentro entre las aguas de recarga a la zona marginal y la salmuera del núcleo en profundidad.

Respecto a las tendencias en este sector, en el diagrama de Piper, Figura 6-91 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 6-91, se observan algunos parámetros con leve tendencia a la baja como pH de terreno, conductividad

de terreno, sólidos disueltos totales, calcio, y cloruro, lo que indicaría una tendencia similar a la que presentaba el P2.

Figura 6-91: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017)

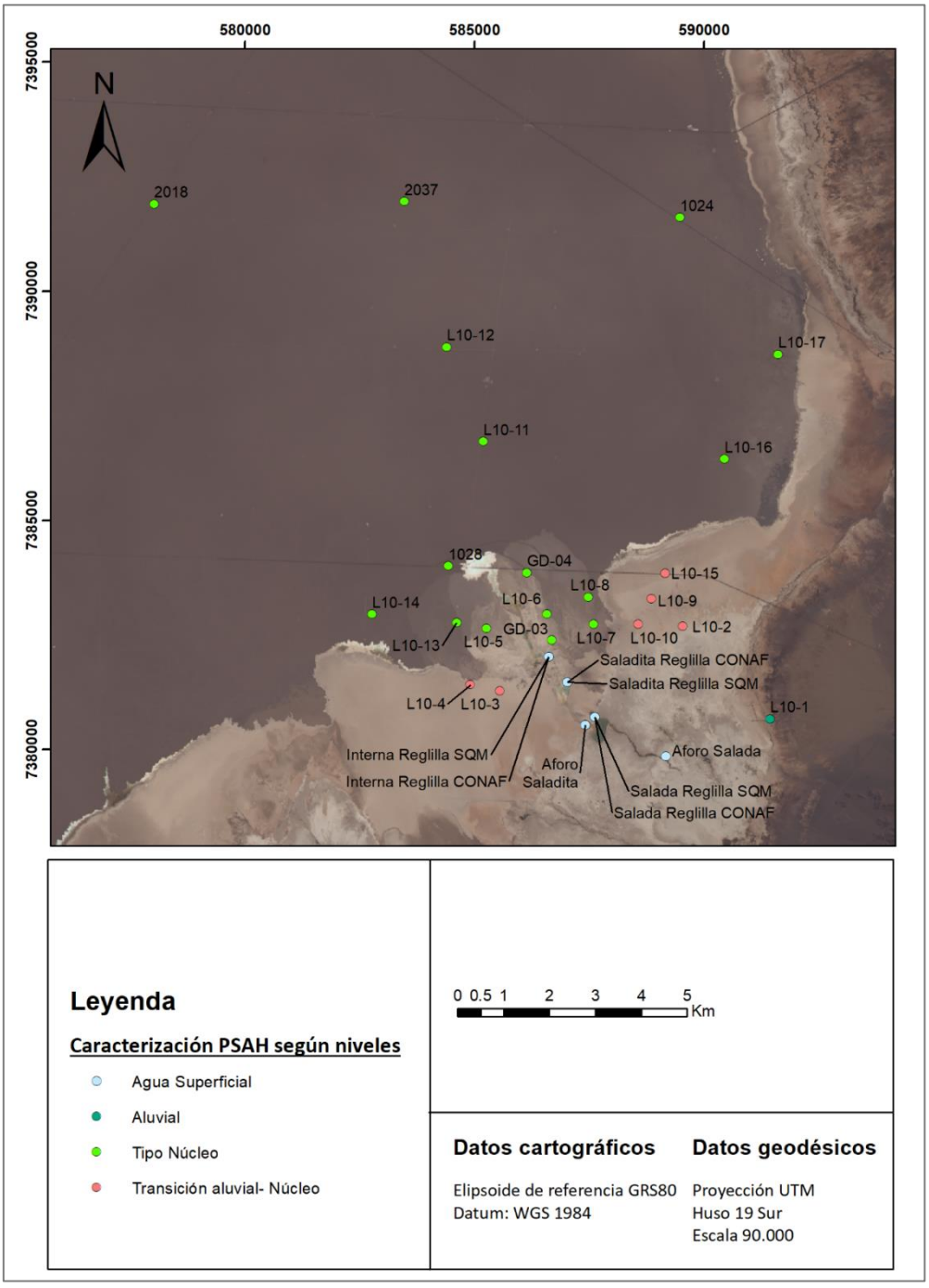


Fuente: Elaboración propia

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 6-92). 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 6-92: 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

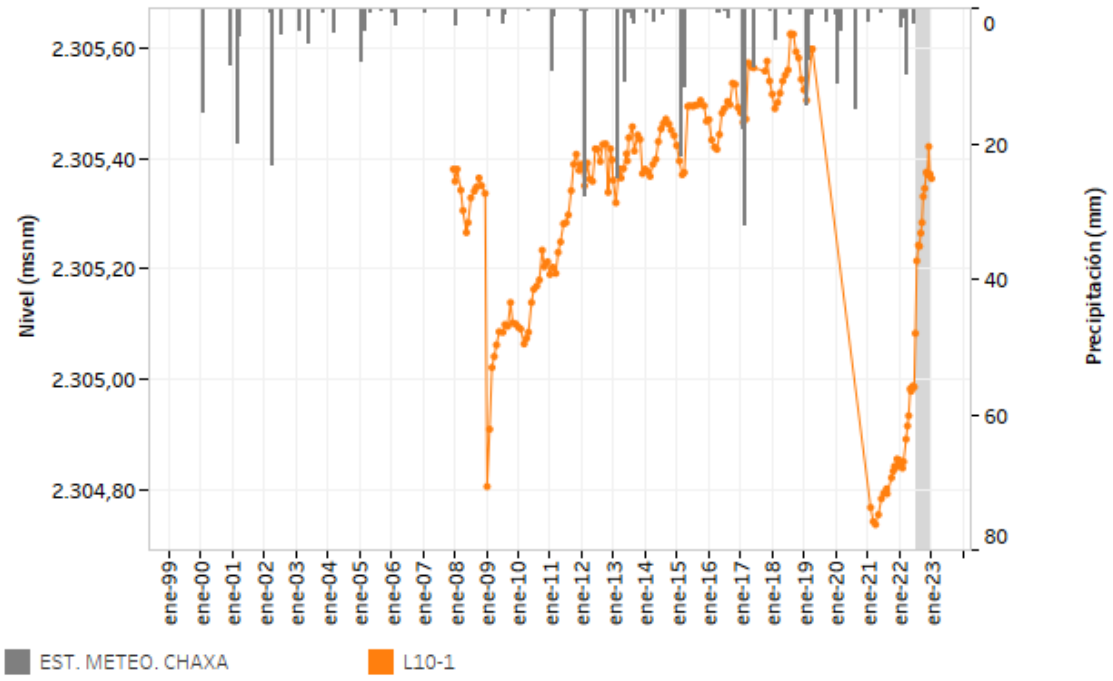
6.1.4.1.1 Pozos en zona aluvial

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 aluvial del sistema Peine, pero se le observa un comportamiento singular y poco relacionado a lo que cabría esperar para esta zona, donde los niveles muestran una estrecha relación con los ciclos de evaporación estacionales. En la Figura 6-93 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 no fue hasta el primer semestre de 2021 que se retomaron las visitas. De esta forma, la primera medición realizada en enero de 2021 situó el nivel en una cota mínima histórica, de 83 cm inferior a la anterior medición de 2019. Sin conocer las causas de este cambio, lo más probable es que haya sido debido a un manejo operacional de las extracciones en el aluvial, porque se descarta que SQM haya tomado ninguna muestra en el pozo que haya requerido de bombeo.

En todo caso, observando las mediciones realizadas en el punto durante el segundo semestre de 2022, se puede ver que el punto está reproduciendo una pendiente ascendente característica de una recuperación ya que, al cierre del semestre, la tasa es de 42 cm/año. Lo más probable es que este punto recupere la cota que llevaba previamente, lo que sería recuperar 23 cm tomando como referencia la última medición del semestre reportado. Dada la tasa de ascenso, es posible que a mediados del año 2023 retome la cota representativa del acuífero y por tanto cambie la pendiente de nuevo.

Figura 6-93: 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

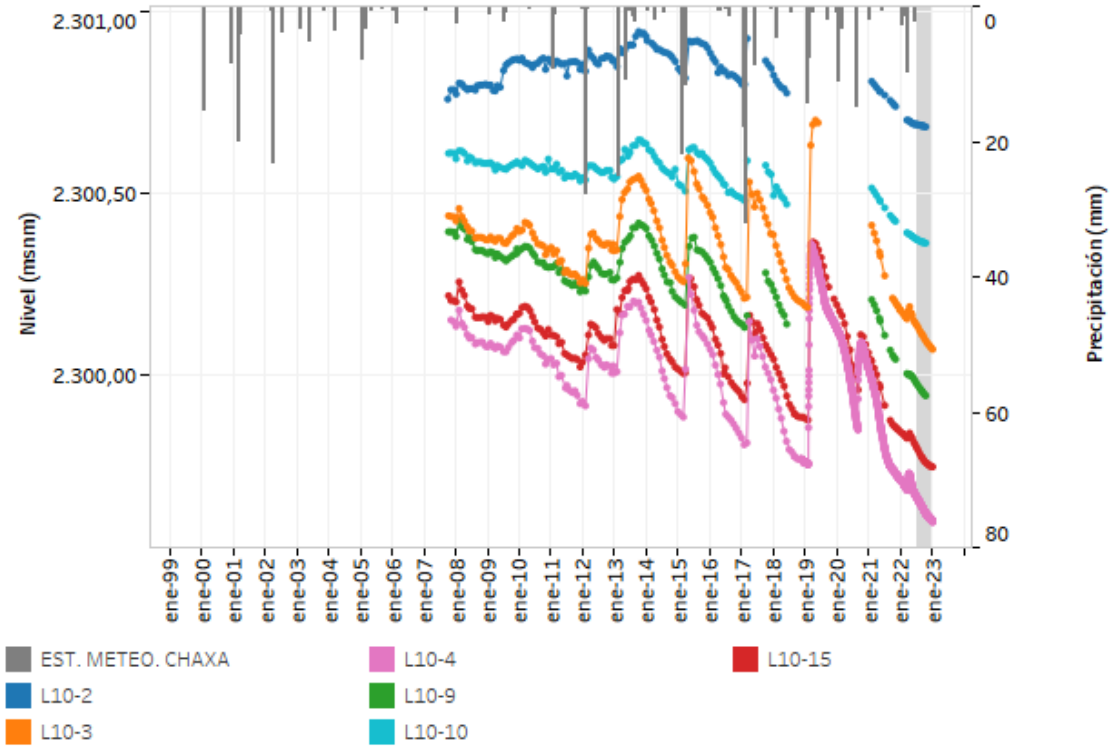
Desde la zona aluvial y hacia el noroeste, siguiendo la dirección del flujo, se encuentra la zona marginal en donde los niveles muestran un comportamiento mixto entre el observado en el L10-1 y el núcleo. Se trata de los puntos L10-2, L10-3, L10-4, L10-9, L10-10 y L10-15, que se muestran en la Figura 6-94.

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.

Para el segundo semestre de 2022, puede verse que todos los puntos ya han recuperado la tasa de descenso basal en cada caso, una vez han respondido al efecto de las lluvias de mediados del año 2020, tal y como se ve en la Figura 6-94. Puede observarse como esta pendiente basal tiene distinta tasa de descenso en función de si el punto se encuentra más cercano al acuífero aluvial, como el caso del L10-2 con una tasa de 1,4 cm/año, mientras que los puntos más cercanos al núcleo la pendiente es de casi 13 cm/año, en el caso del L10-4.

De hecho, debe destacarse que, para estos puntos más cercanos al núcleo, el periodo con poca precipitación de entre mediados de 2020 y diciembre 2022 ha dejado mostrar la pendiente basal de estos pozos, que se observa mayor de lo que se describía en anteriores reportes.

Figura 6-94: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Tal y como se ha descrito, en la zona marginal es donde se encuentran los objetos de protección definidos para el sistema Peine. No obstante, para obtener conclusiones acerca de los potenciales riesgos hacia estos cuerpos de agua superficiales, debe considerarse que en realidad, en el Sistema Peine, el comportamiento de los niveles en la zona Marginal, no es el que se ha observado en los otros sistemas (Soncor o Aguas de Quelana), ya que no se observan las típicas características como la oscilación estacional asociada a la evaporación y la variación de los niveles alrededor de una cota estable, es decir, sin tenencia de ascenso o descenso.

Los niveles en la zona Marginal del sistema Peine casi que se asemejan más a una transición entre el acuífero aluvial y el acuífero del núcleo, lo que lleva a que el sistema de lagunas Salada-Saladita discurra

por sobre el terreno, prácticamente de forma aislada (baja conductividad hidráulica en su base) sin generar apenas cambios en el mismo acuífero.

Lo que lleva a determinar que, para analizar el estado actual de los objetos de protección, se revise mejor directamente los niveles en el siguiente apartado, junto con los análisis de la extensión lacustre del apartado 6.4.1.2, lo que se puede revisar de forma conjunta en el capítulo de conclusiones (Capítulo 7).

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 6-95. 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.

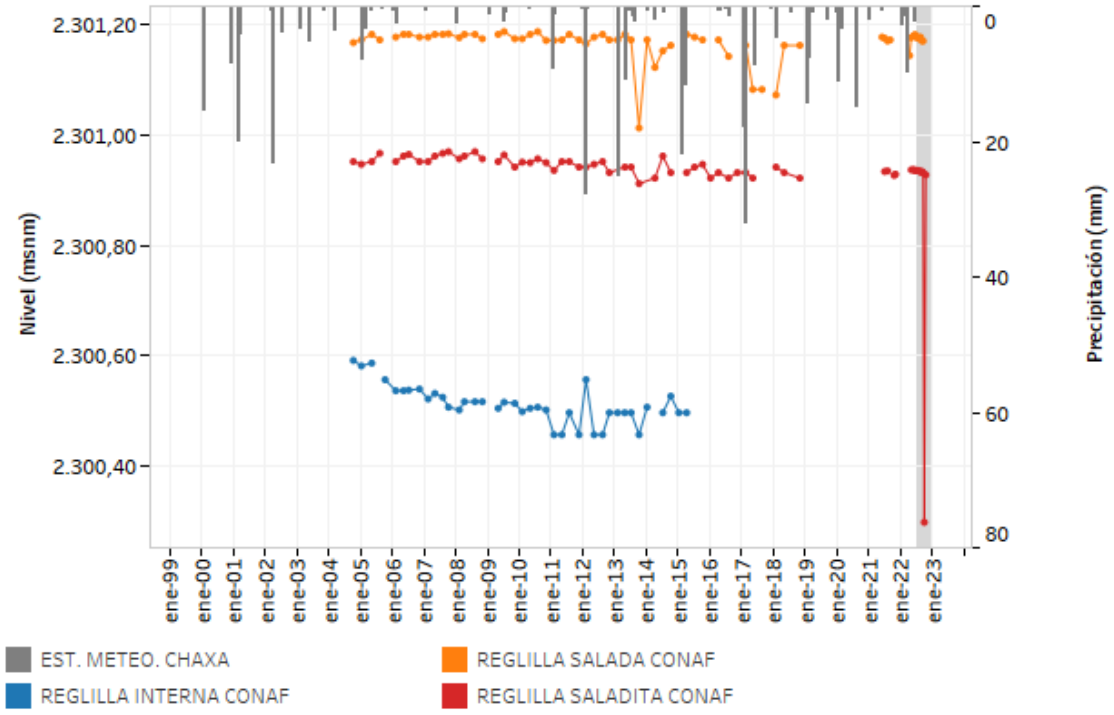
En la reglilla de Salada los registros se presentaron estables hasta el año 2013 con una tendencia estable y una amplitud de oscilación de entre 0,5 a 1,6 cm. A partir de la medición de julio 2013, en octubre 2013, se reproduce un mínimo histórico (16 cm por debajo de la anterior medición) y partir de 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 puedo visitar entre octubre de 2018 y mayo de 2021. Las mediciones obtenidas con posterioridad, incluyendo el segundo semestre de 2022, muestra los niveles alrededor de la misma cota que históricamente se había tomado, sin mostrar tendencia de descenso ni ascenso, por lo que se podría concluir que la laguna se mantiene estable en su variación natural.

En la reglilla de Saladita se observa una oscilación con amplitudes similares las del periodo 2007-2014 de la reglilla Saladita. En este caso, se mantiene constante durante todo el registro junto con una tendencia permanente de descenso promedio de 0,4 cm/año. Posterior a esta fecha, entre 2015 y 2018, se puede ver como los niveles se estabilizan y dejan de mostrar descenso, oscilando a través de

una cota estable. Este punto no se pudo visitar entre octubre de 2018 y junio de 2021, el nivel medido con posterioridad se muestra oscilante alrededor de la misma cota que el periodo previo, por lo que podría decirse que el nivel de la laguna Saladita se mantiene estable. En la Figura 6-95 se observa un dato anómalo para el periodo reportado, que es un dato medido por SQM pero que no se ha validado ya que la medición de la ETFA del mismo día confirma el error.

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 6-95: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.4.1.4 Pozos en zona núcleo

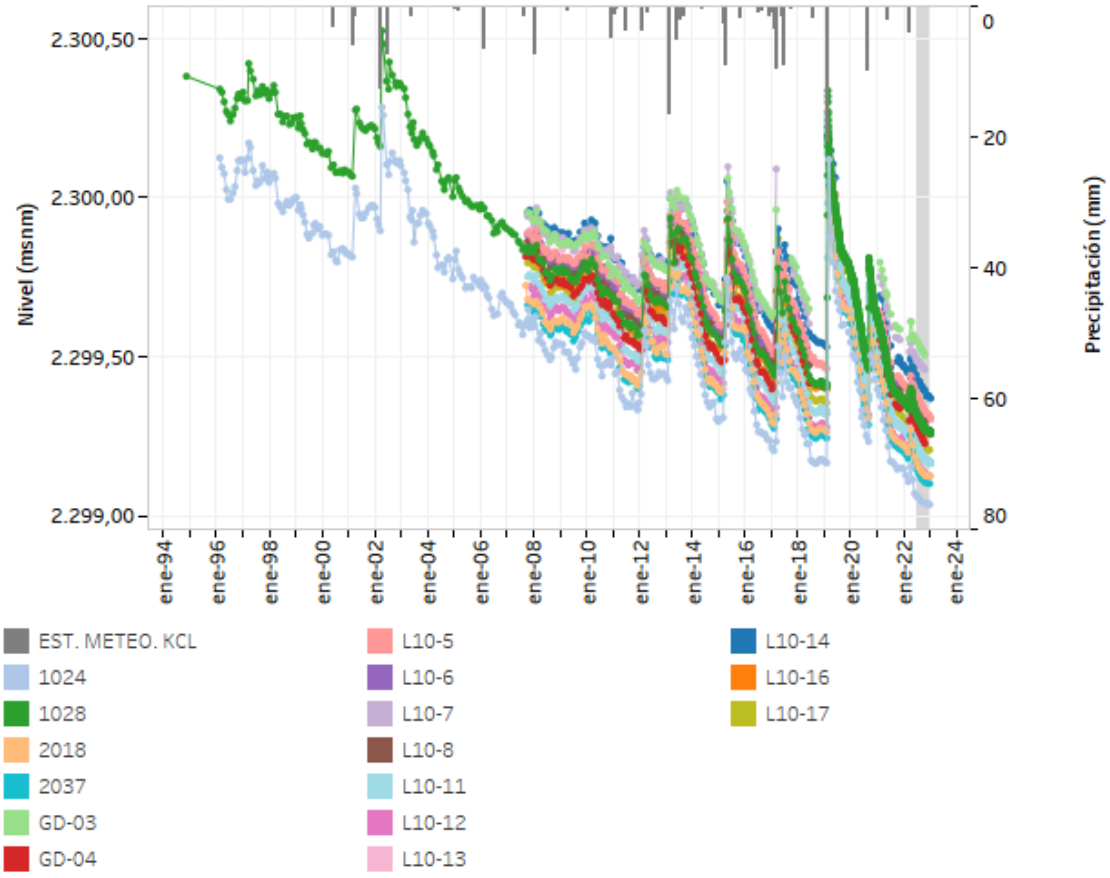
En el sector del Núcleo se ha observado el mismo patrón Tipo Núcleo identificado en los otros sectores (Soncor, Aguas de Quelana y Tilopozo, éste último se expone más adelante), que consiste en presentar un comportamiento sensible a los eventos de precipitación directa sobre el núcleo del salar, respondiendo 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 Para este segundo semestre 2022 todos los puntos están reproduciendo el descenso basal esperado del acuífero del núcleo que, para este periodo, en donde no se observan efectos relacionados con la precipitación, es de entre 6 y 14 cm/año.

Figura 6-96, 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.

Para este segundo semestre 2022 todos los puntos están reproduciendo el descenso basal esperado del acuífero del núcleo que, para este periodo, en donde no se observan efectos relacionados con la precipitación, es de entre 6 y 14 cm/año.

Figura 6-96: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine



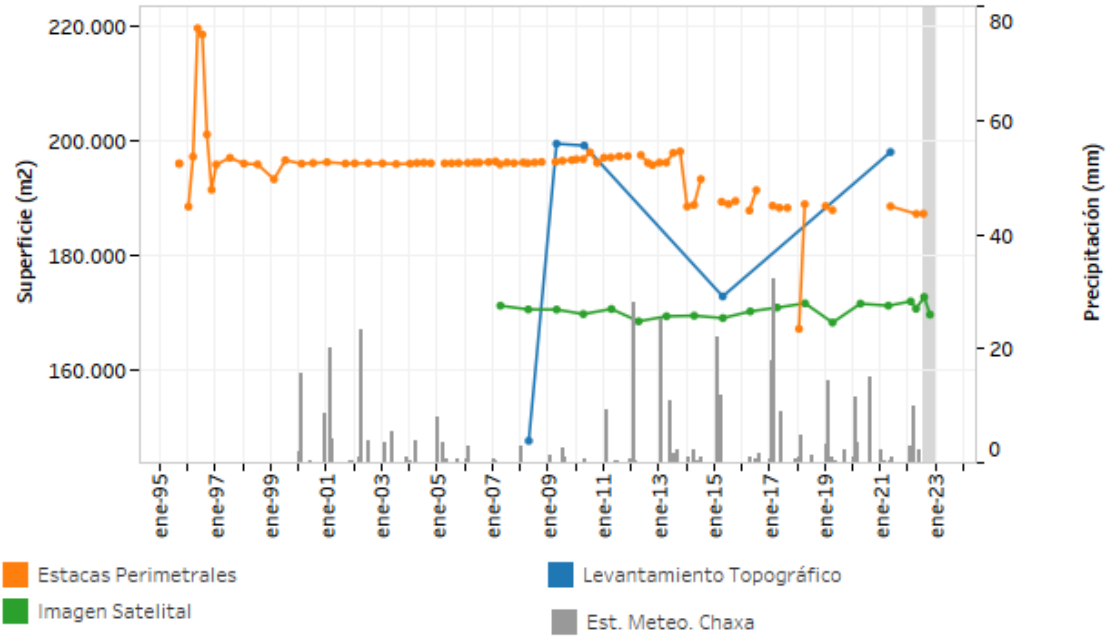
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.4.2 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

Los sistemas lacustres de Peine son alimentados por un canal que es el resultado de afloramientos naturales de agua subterránea, aguas arriba del sistema. Las lagunas que componen este sistema son Salada, Saladita e Interna. Esta última laguna está formada por los desbordes de la Laguna Saladita, y su morfología es muy variable de un año a otro.

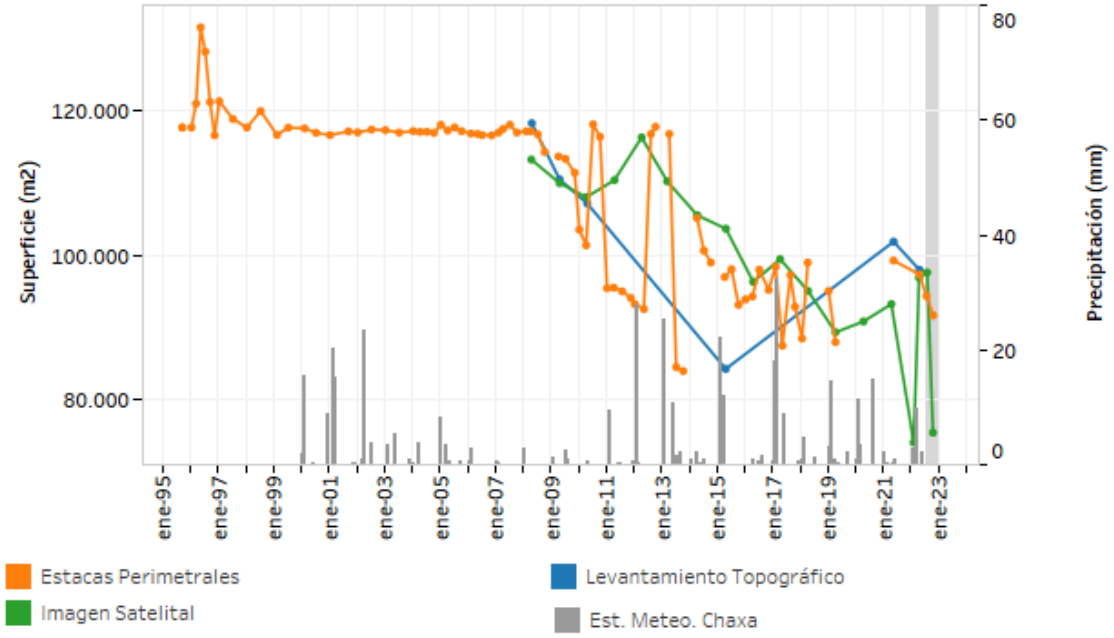
A continuación, se muestra el nivel histórico de las superficies lacustres de este sistema (Figura 6-97, Figura 6-98, Figura 6-99). En general, la laguna Salada muestra una tendencia estable en su cuerpo principal, no experimentando variaciones significativas entre las mediciones de julio y octubre del 2022 aunque con una clara baja. Las diferencias observadas 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 el canal de recarga y descarga.

Figura 6-97: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Salada



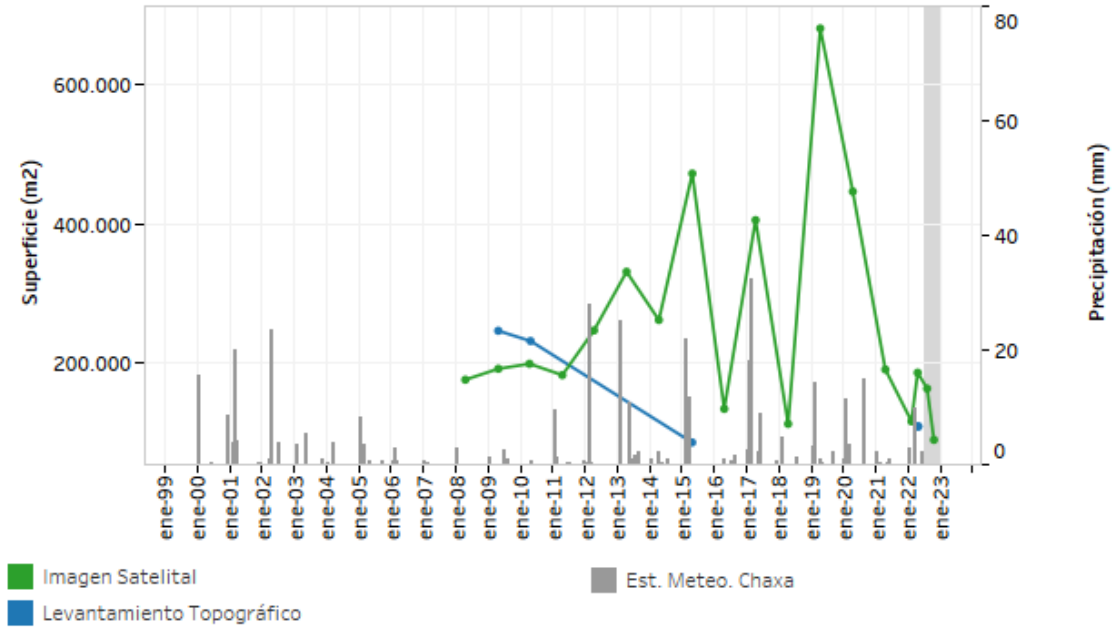
Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de cálculo (PdC 2022). Curva en verde corresponde al cuerpo principal de Salada.

Figura 6-98: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en Saladita



Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de cálculo en enero del año 2022 (PdC 2022).

Figura 6-99: Series de tiempo históricas de superficie lacustre en laguna Interna.



Fuente: Elaboración propia. Notar incorporación de cálculo en enero del año 2022 (PdC 2022).

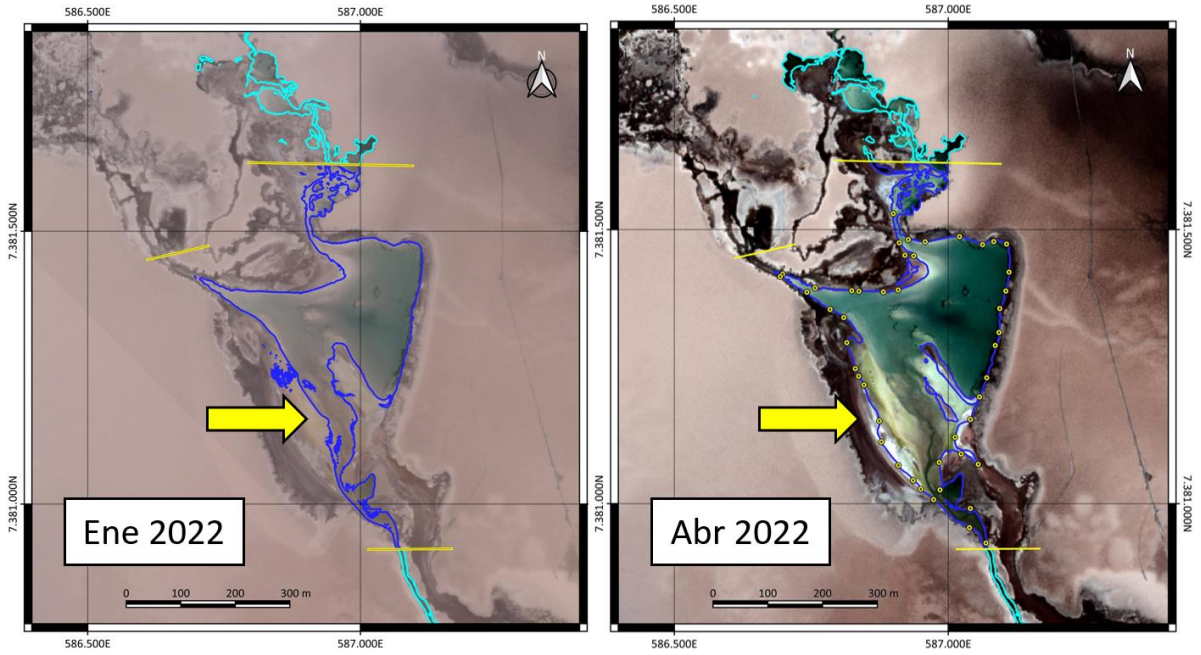
Tal como se observa en la serie histórica de Laguna Interna (Figura 6-99), este cuerpo terminal se caracteriza por una alta dispersión. En efecto, recibe como entrada aguas provenientes tanto de Salada como Saladita, razón por la cual, los máximos observados ofrecen buena correlación para los años en 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. Esta zona, puede estar más propensa a la acción de la evaporación debido a su gran extensión (mayor superficie) y en consecuencia, experimentar los cambios más notorios de las lagunas de Peine. Otro aspecto relevante a destacar en Interna, es que la costra salina color blanquecino, puede ser confundida con agua, dado similitudes en comportamientos espectrales. Para disminuir estas malas clasificaciones, es necesario un acceso a los sistemas lacustres para una correcta toma de puntos de control, cercanos a la fecha de adquisición satelital.

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 6-100), en donde se observa variabilidad a escala intraanual (enero 2022 y abril 2022), reportadas en el informe N°31, y tal como se puede observar en la imagen (Figura 5-46) en la delimitación de superficie lacustre del presente semestre, las variaciones se concentran en esta zona de la laguna.

Lo anterior, podría ser motivo de las diferencias de área para Saladita lo que, junto con las variaciones propias del canal de recarga y descarga, explicarían la dinámica histórica de este sistema lacustre.

Frente a las recientes adquisiciones de imágenes satelitales trimestrales (PdC, 2022) se ha logrado calcular extensiones lacustres las que se muestran controladas de igual forma por la variable evaporación (máximos en invierno y mínimos en verano). Se debe destacar que para una óptima delimitación de superficie lacustre se deben tomar puntos de control, espacialmente con mayor densidad en zonas de mezcla espectral por alta presencia de sedimento o baja profundidad de película de agua, tal como ocurre en parte sur de Saladita y zonas someras de laguna interna.

Figura 6-100: Diferencias en delimitación de superficie lacustre en zona sur de laguna Saladita



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 segundo 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 la Figura

6-101, Figura 6-102, Figura 6-103 [60, 61] presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos. Como ya se ha descrito en el capítulo de resultados (5.1.5), 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, el cual mantuvo 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 (~7) y mayor CE, alrededor de 230.000 µS/cm.

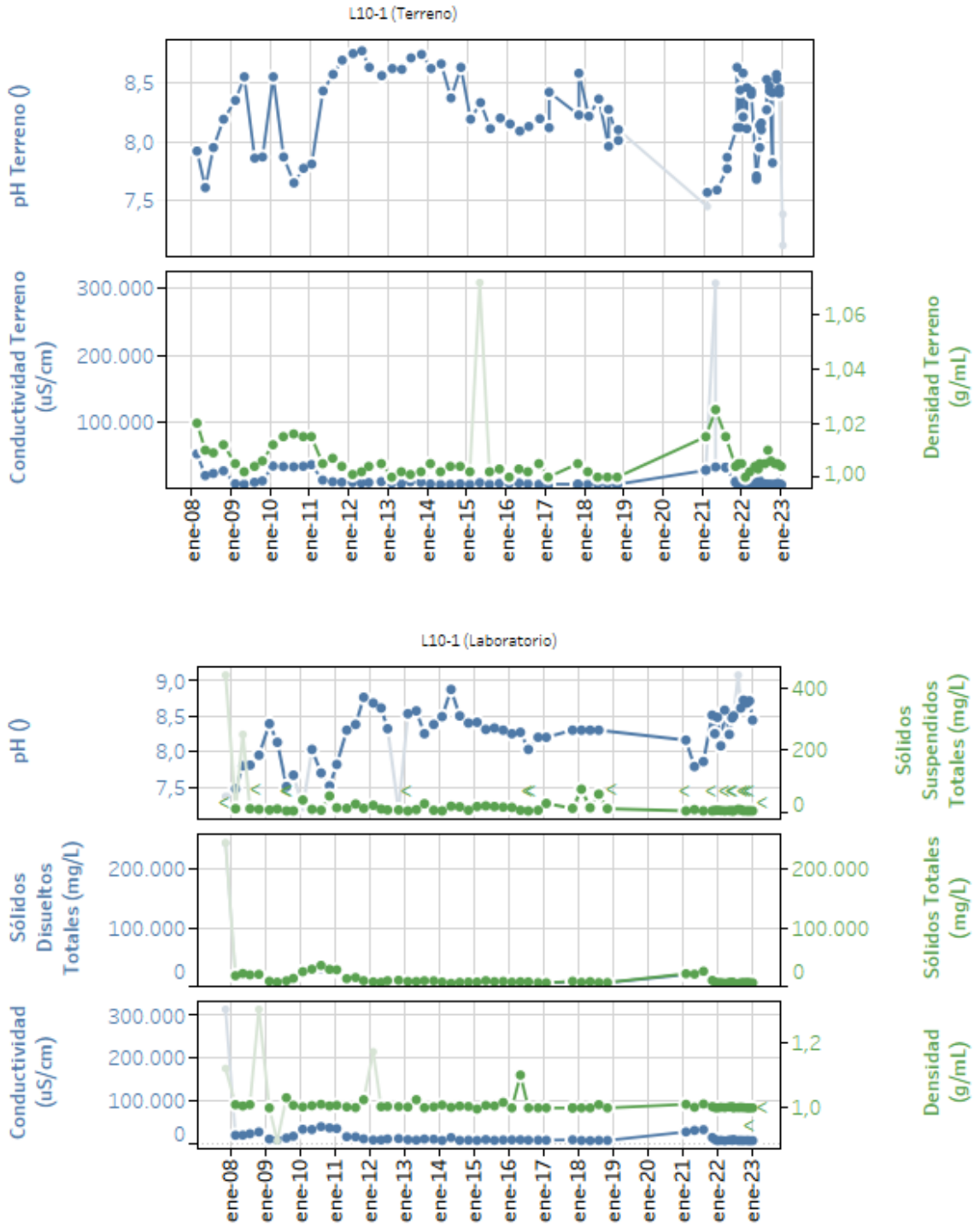
En los puntos L10-4 y 1028, los resultados del segundo semestre para los distintos analitos se encuentran dentro del rango histórico. En el caso del L10-1, con un gap de información desde octubre de 2018, se observan algunos cambios notables en sus parámetros los cuales se describen a continuación:

- pH Terreno Mínimo histórico hasta 2021, posteriormente las oscilaciones de pH Terreno han variado en el entorno de los 7,5 a 8,5, reflejando *outlier* mínimo en mediciones durante diciembre de 2022. Asimismo, el pH de laboratorio muestra ascenso posterior a 2021 acusado en comparación con resultados de años anteriores.
- CE terreno, densidad terreno SDT y ST CE y Densidad en laboratorio presentan valores de estabilización e incluso reflejando leve descensos en sus mediciones.

[60] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Life Sciences hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Life Sciences, así como un breve análisis.

[61] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta en aquel informe la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder.

Figura 6-101: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-102: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4

Fuente: Elaboración propia

Figura 6-103: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028

Fuente: Elaboración propia. Los valores >LM se presentan = LM y con la etiqueta “>” en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Respecto a las tendencias, el punto L10-1 no presenta tendencias para el presente periodo reportado en ninguno de los parámetros analizados. En el L10-4 se observa tendencia ascendente para conductividad y densidad de terreno y laboratorio y para sólidos disueltos y totales. El punto 1028 se muestra estable en todos sus parámetros, mostrando únicamente una leve tendencia al ascenso para el pH y de solidos totales en últimos años.

6.1.4.3.2 Calidad del agua en sistemas lacustres

Las Figura 6-104, Figura 6-105, Figura 6-106, 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 durante julio y agosto, en Saladita e Interna durante julio, agosto y septiembre de 2022. Todos los parámetros analizados se encuentran dentro de lo esperable, de acuerdo con el registro histórico a excepción del fosforo en la medición de septiembre de 2022 en Saladita, alcanzando un valor de 4,732 (mg/L), superando más de 5 veces la media de concentración de fosforo para la calidad química de las muestras de Saladita.

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 6-104: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

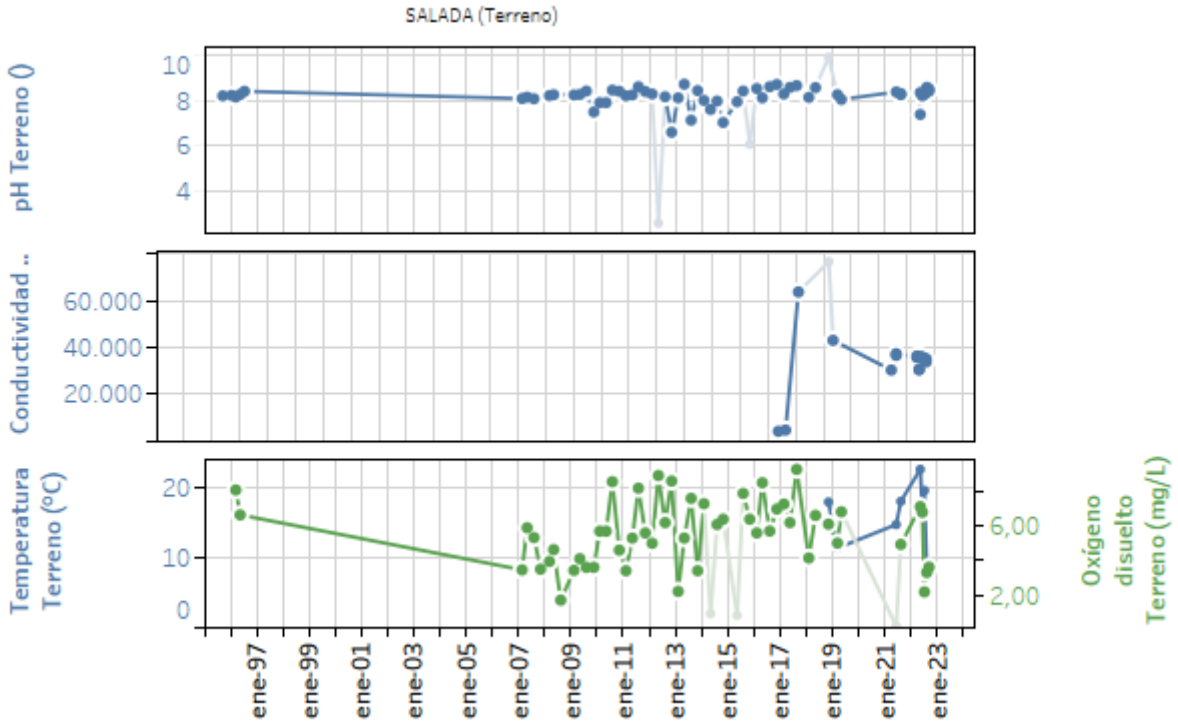


Figura 6-104(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

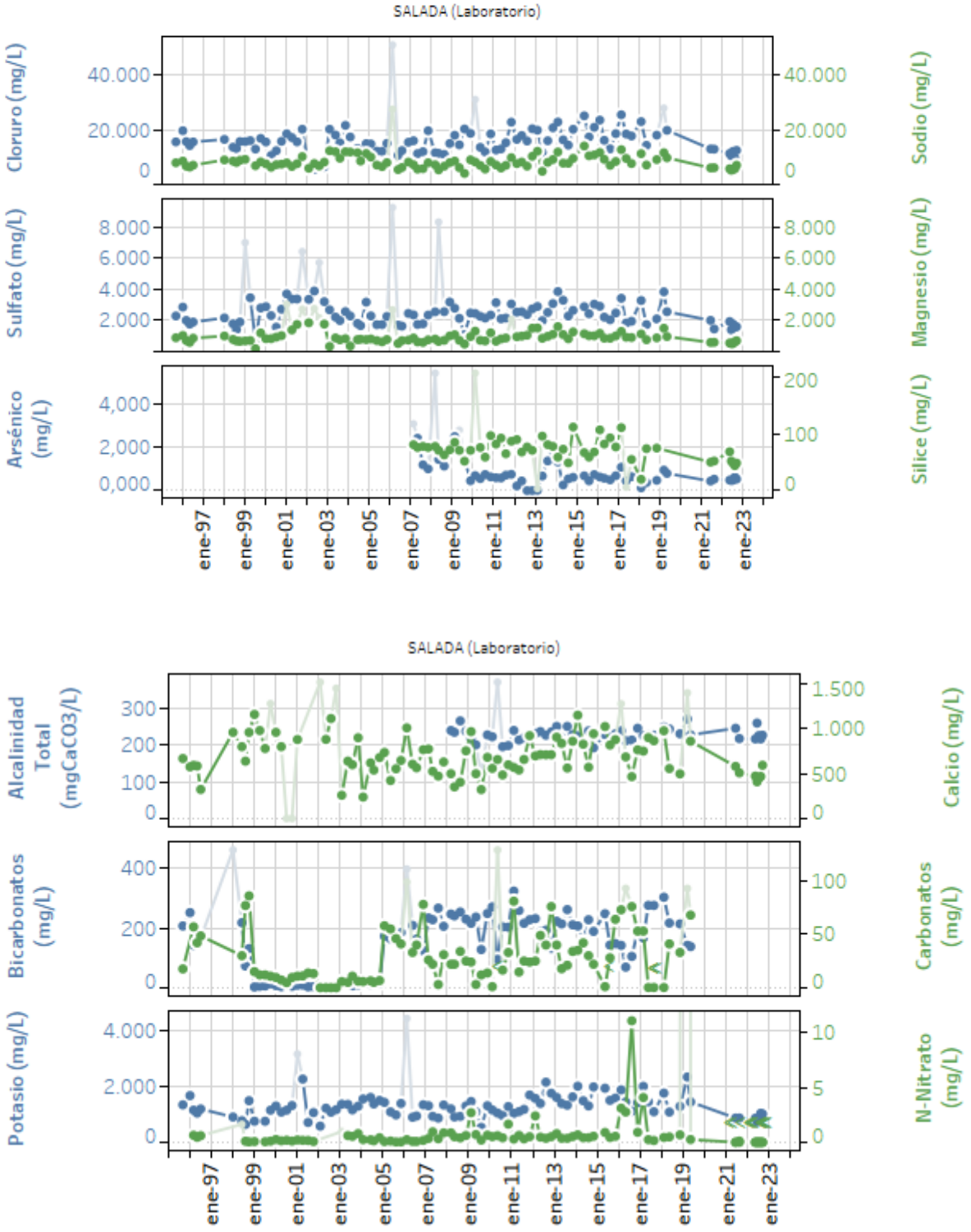
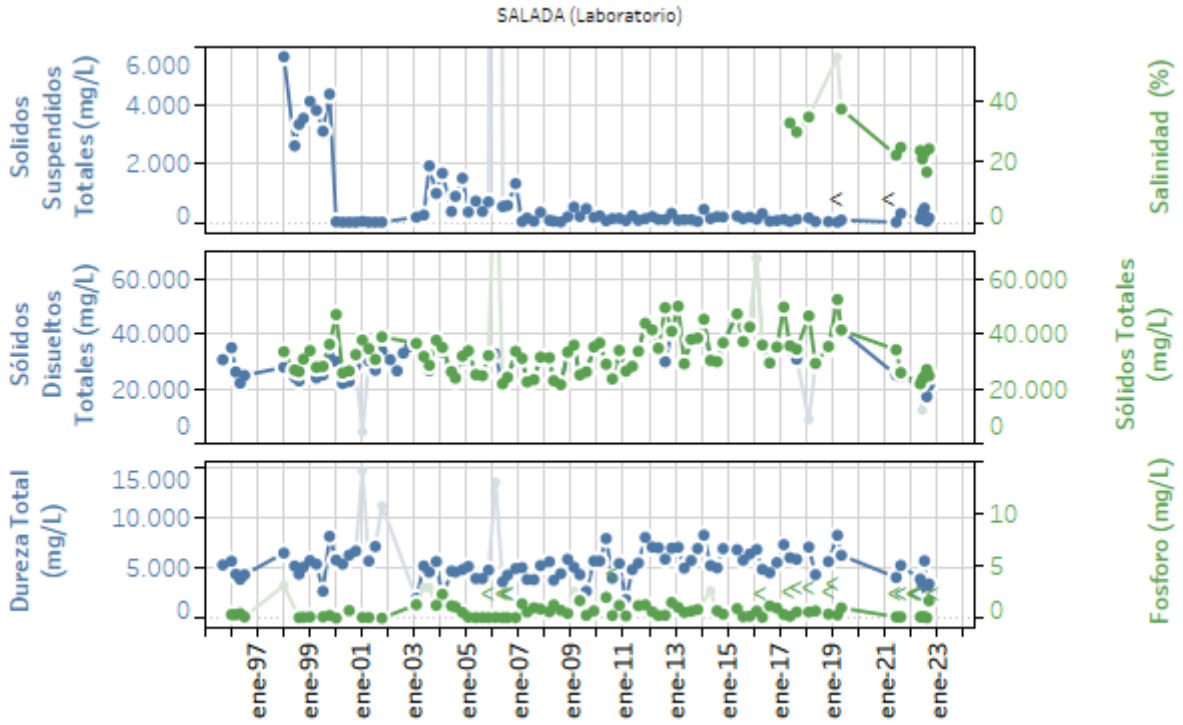


Figura 6-104 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada



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 6-105: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita

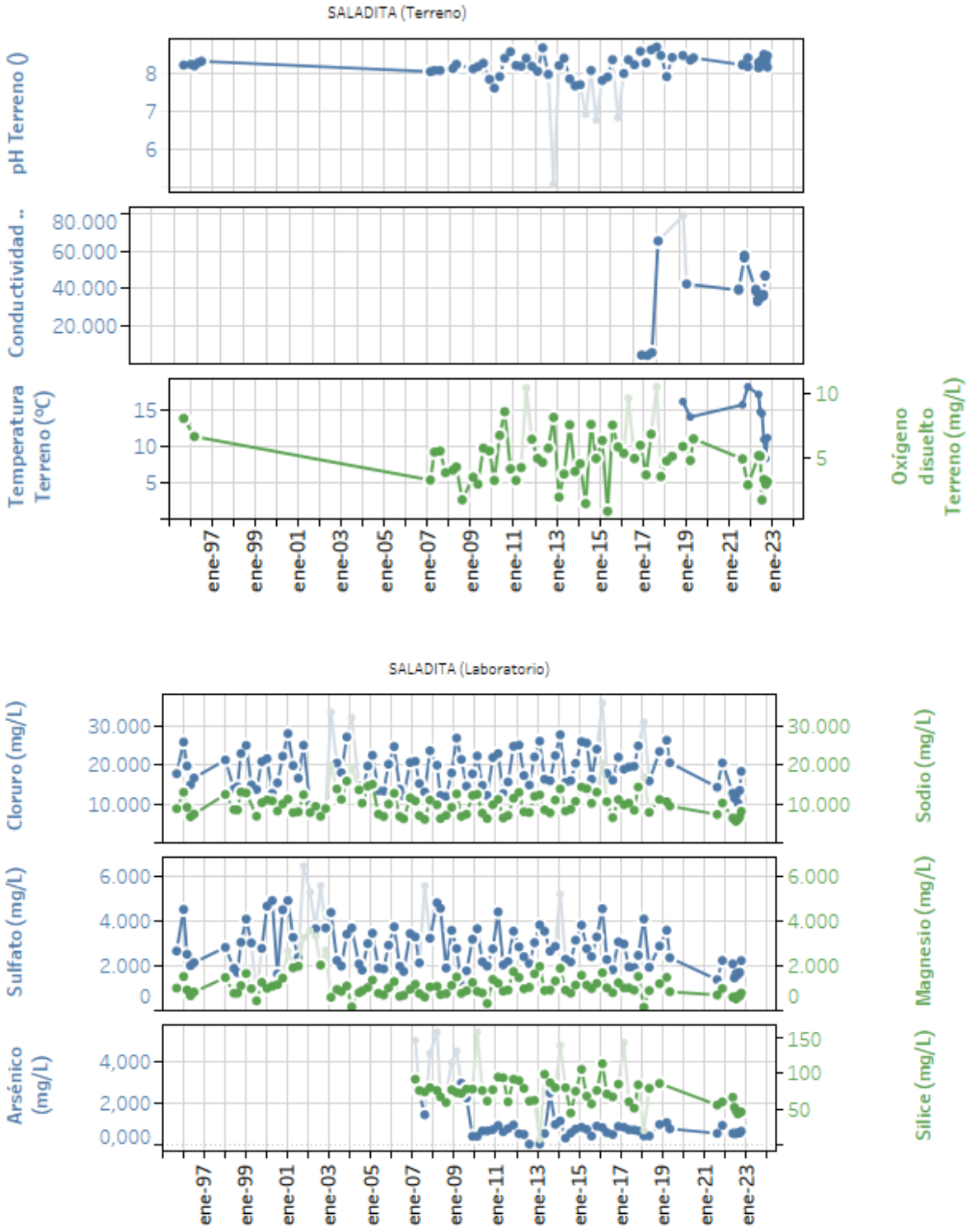
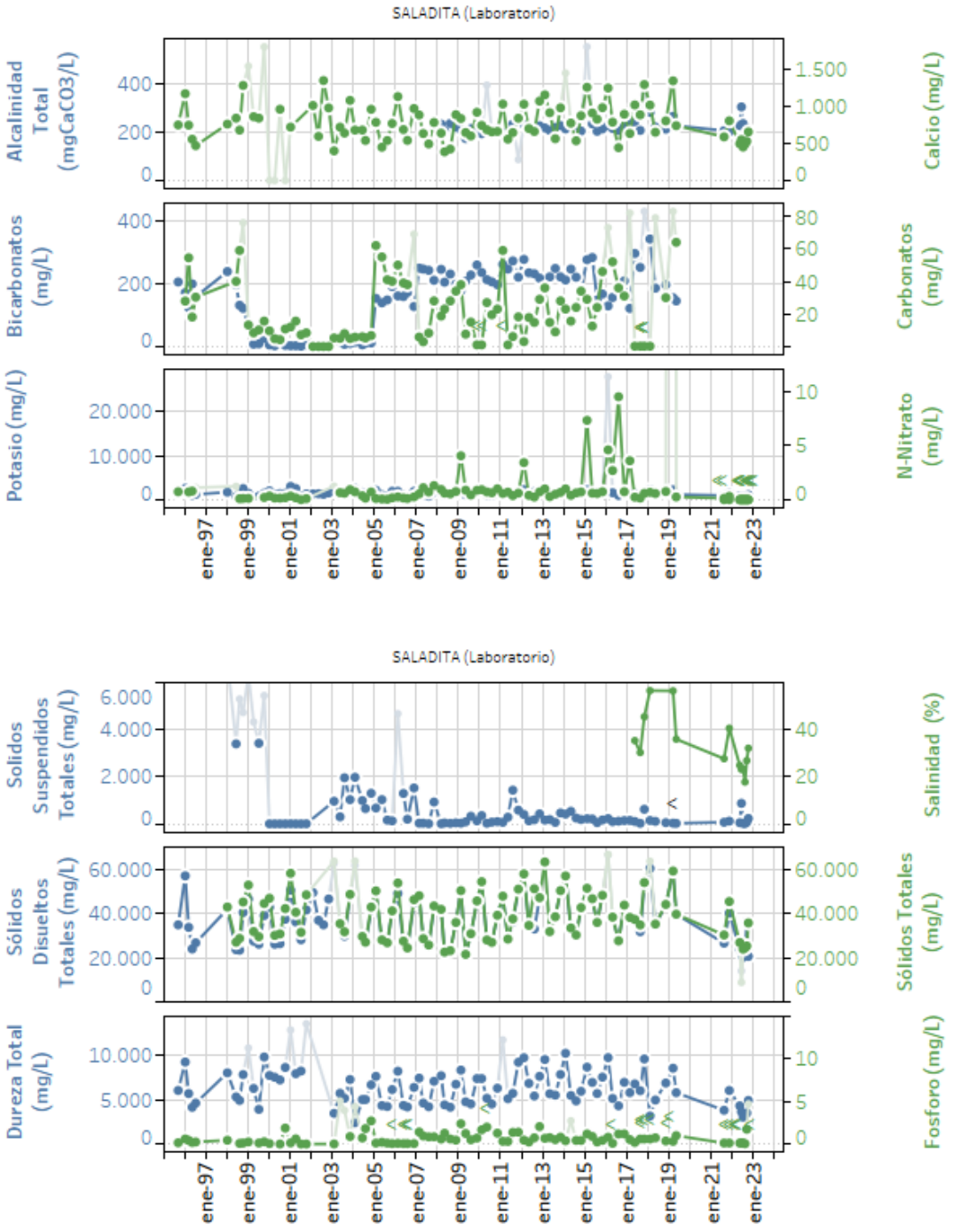


Figura 6-105(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita



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 6-106: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna

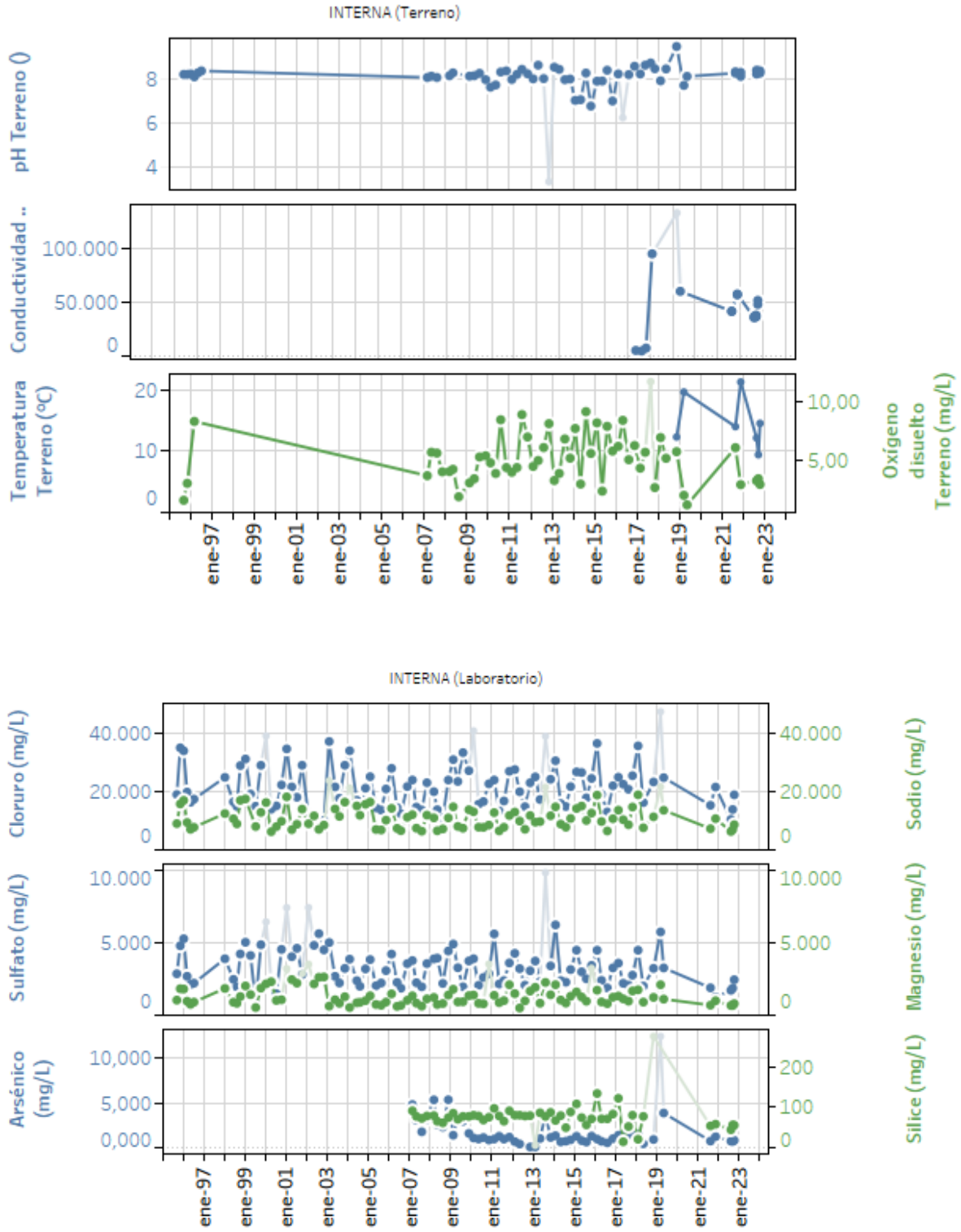
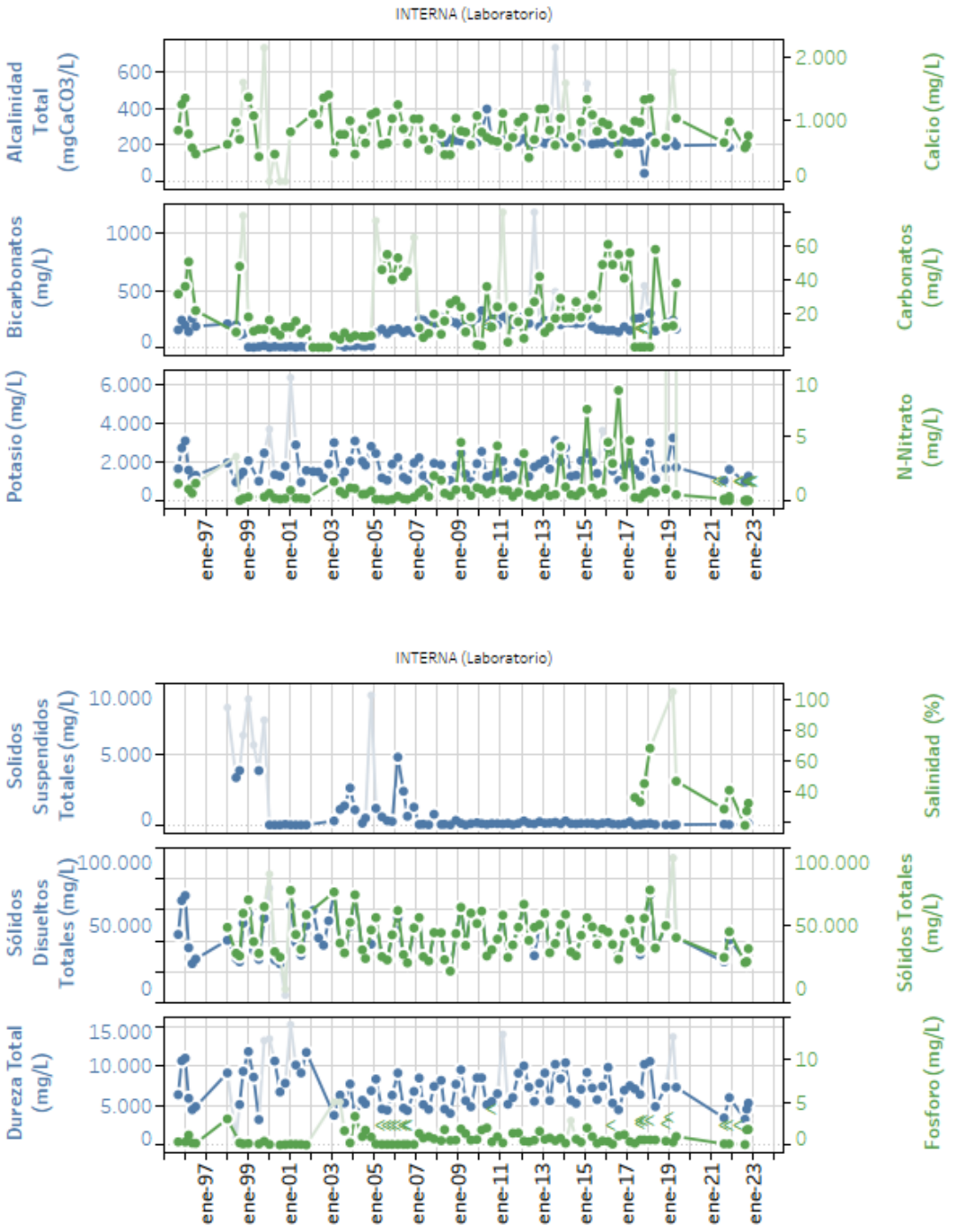


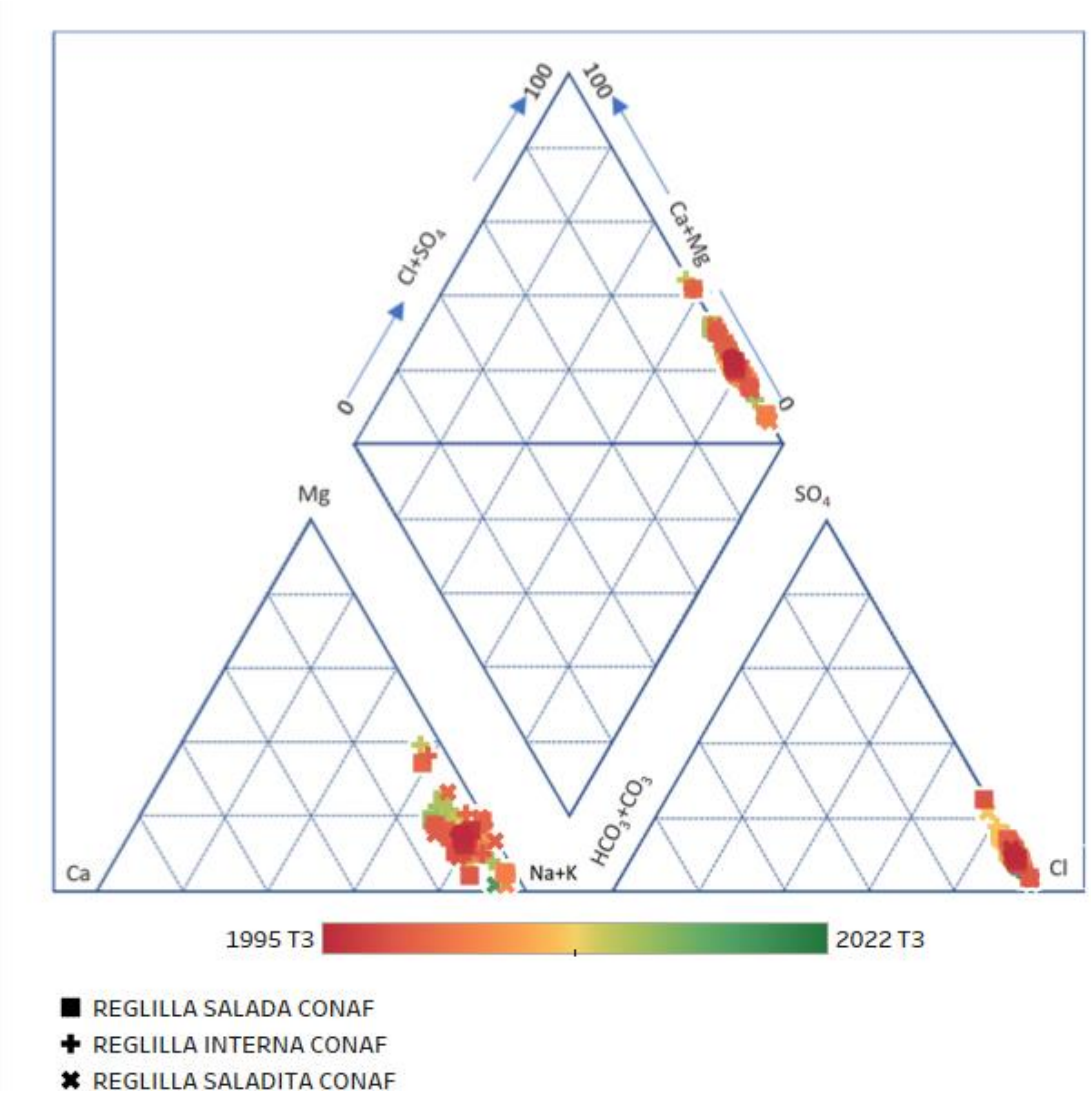
Figura 6-106 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna



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 6-107 se observa el diagrama de Piper para los tres puntos de agua superficial en sistema Peine. Nótese que todas las lagunas se clasifican como cloruradas sódicas y no se observa ninguna tendencia en el Piper ni en su evolución, mostrada en las figuras anteriores.

Figura 6-107: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10%

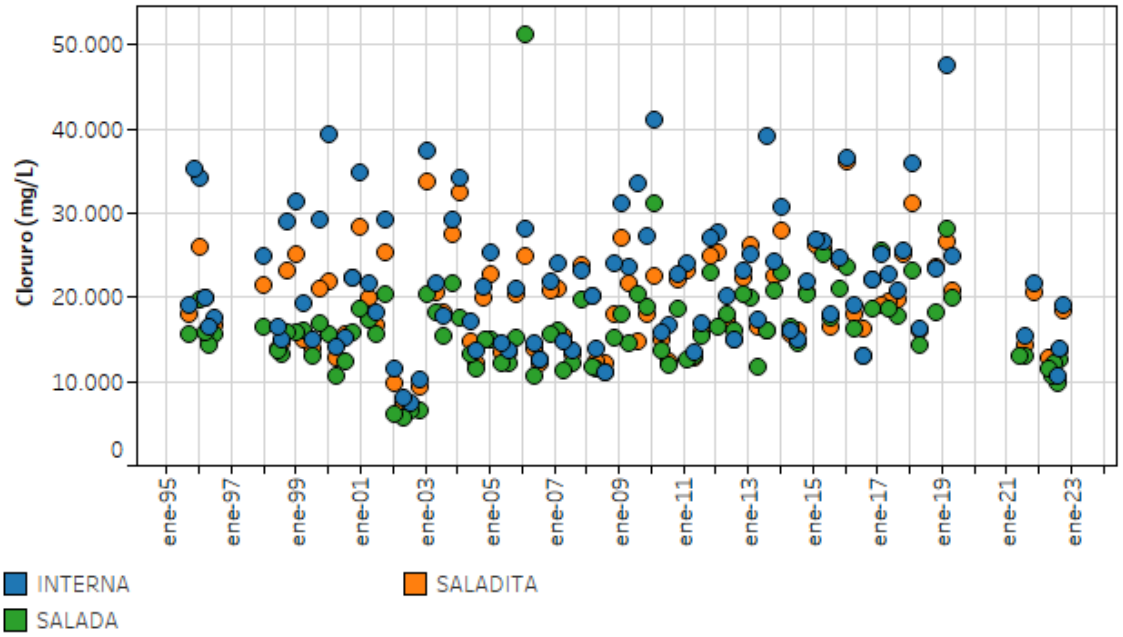


Fuente: Elaboración propia

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 6-108), 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 6-108: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.4 Caudal de recarga superficial (aforos)

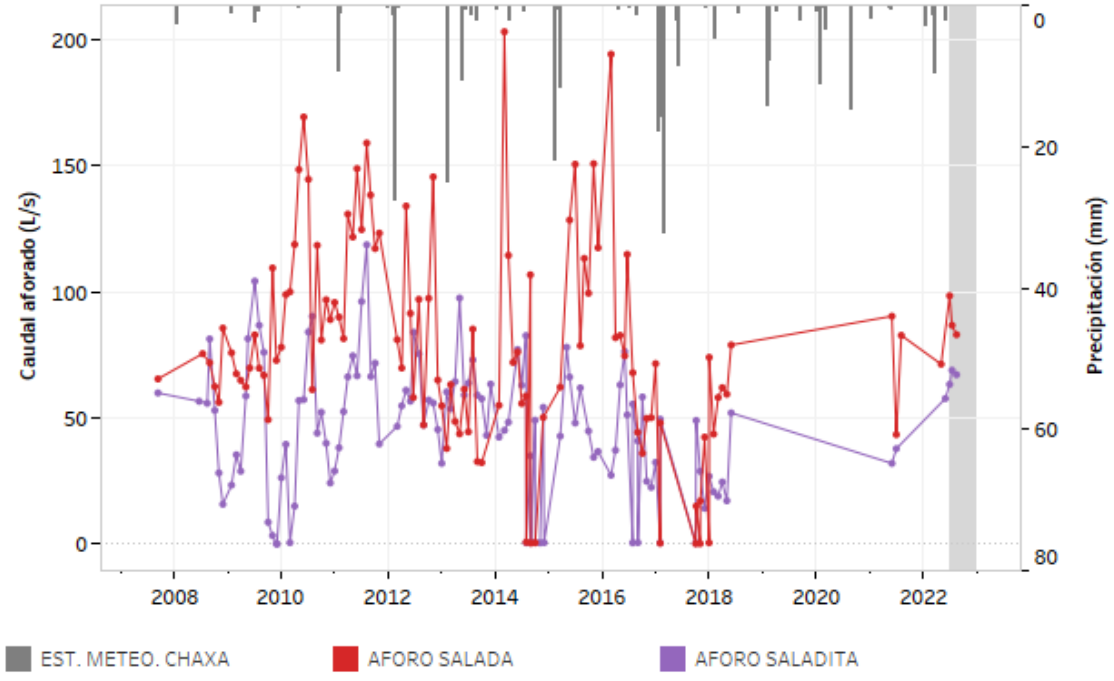
La red de monitoreo para la variable de caudal superficial del Sistema Peine está compuesta por los puntos de aforo Salada y Saladita, ubicadas en los canales que alimentan dichas lagunas. En la Figura 6-109 se muestran las mediciones realizadas hasta el final del segundo semestre 2022. El punto de Salada y Saladita fue posible de visitar únicamente durante julio y agosto, tal como se ha descrito en el capítulo Caudal agua superficial (aforos)5.1.5.3.

Respecto del registro histórico obtenido (ver Figura 6-109), 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, así, estas dos mediciones implican obtener tan solo 6 datos de medición de aforo en Saladita desde 2018, por lo que, será necesario ir revisando los resultados de los próximos meses. Esta situación es similar para el aforo de Salada, en la que las escasas 7 mediciones desde 2018 hasta el segundo semestre de 2022, limita las interpretaciones sobre su comportamiento.

Figura 6-109: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine

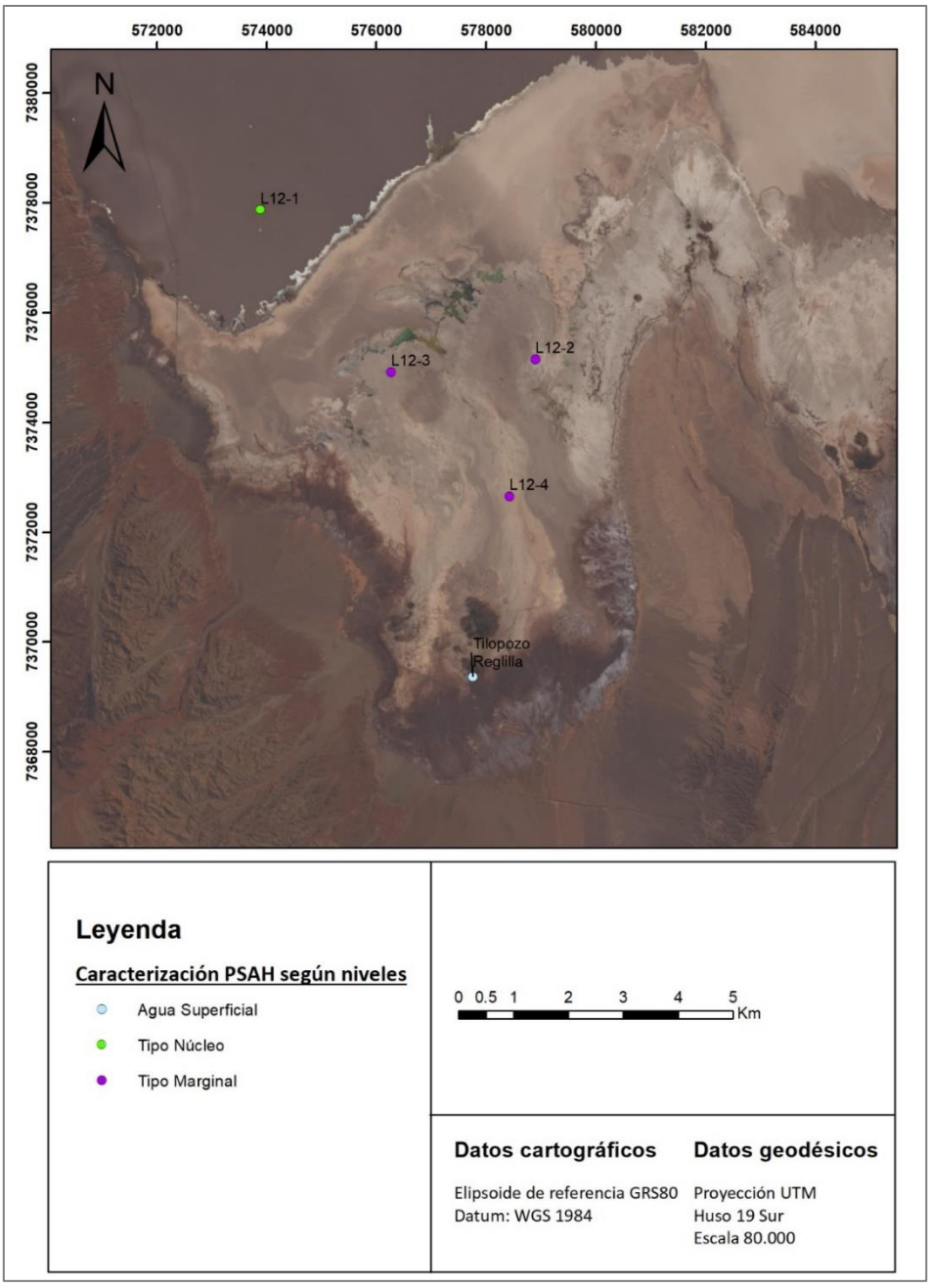


Fuente: Elaboración propia

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 6-110 se muestra la infraestructura englobada en esta área.

Figura 6-110: 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 6-111 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.

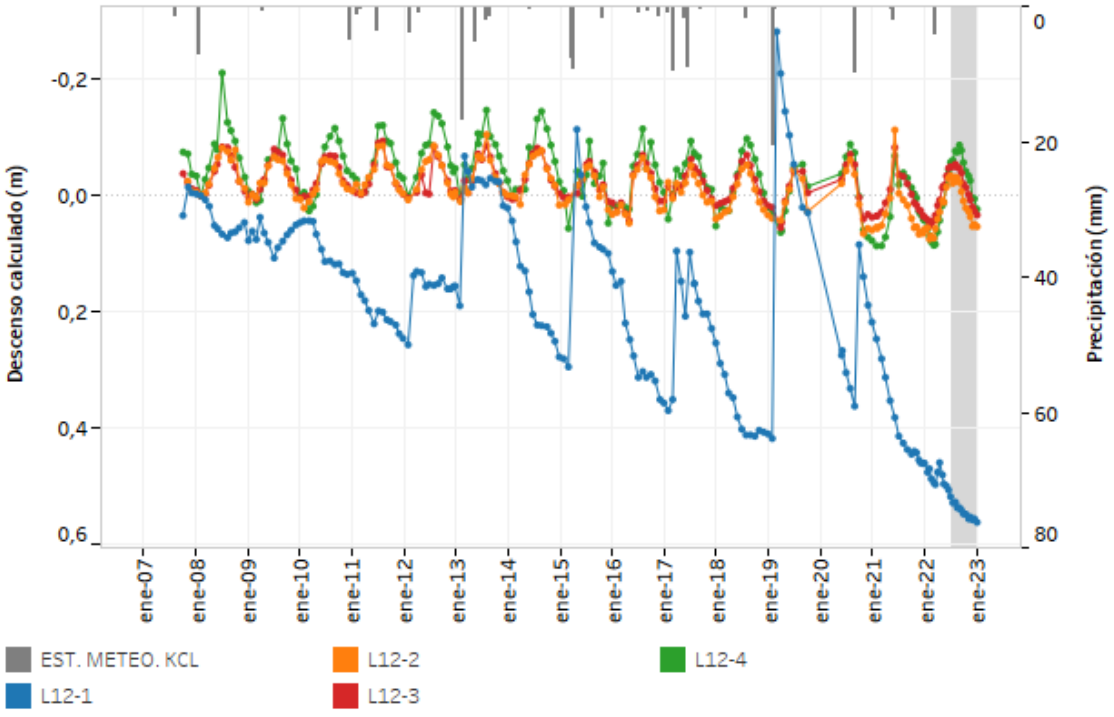
Como puede verse los puntos L12-2, L12-3 y L12-4 muestran una oscilación estacional bastante regular, propia de la zona marginal. Previo al año 2014, el promedio de los niveles se mantenía estable sin tendencias (de ascenso o descenso). A partir de 2014 se observa como los niveles reproducen un descenso 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 segundo semestre de 2022 se observa como los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 (comportamiento relacionado a la zona marginal) registran el máximo estacional. En el caso del L12-2 y L12-3, el máximo se ha registrado en cotas levemente inferiores a la de los años previos, lo que confirma la tendencia de descenso. No obstante, el L12-4, que es el punto que se ubica más alejado del núcleo, el máximo estacional de este semestre se ha situado 2 cm por encima del máximo del año 2021; de hecho, se observa que los dos últimos mínimos estacionales (febrero 2021 y 2022) se han registrado a cotas similares, lo que podría llevar a una posible estabilización de la tendencia y que, por tanto, el punto hubiera dejado de descender desde 2021. Será necesario seguir observando las siguientes mediciones para validar esta tendencia.

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 segundo semestre 2022 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 6-111: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo

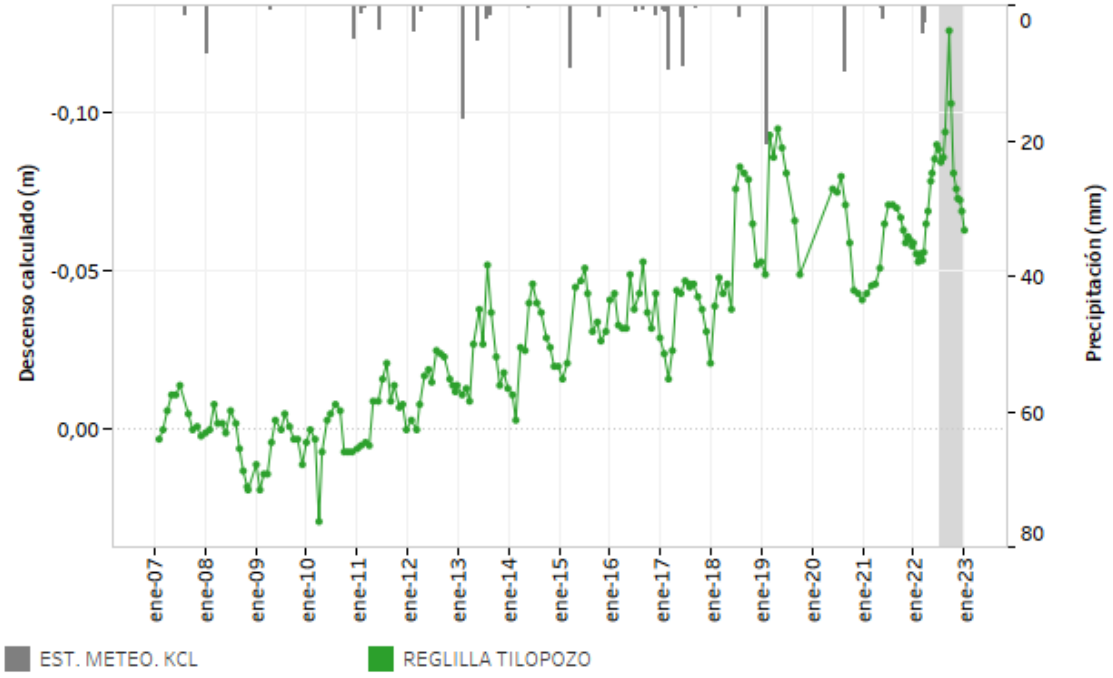


Fuente: Elaboración propia.

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 6-112. En ella se observa que el nivel del agua superficial se muestra oscilante y baja amplitud, se destaca que no presenta un movimiento oscilatorio regular, tal y como se describe en los puntos descritos de la zona marginal de los otros sistemas (Soncor o 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, en donde la tasa ha ido variando levemente en el tiempo pero si se considera el último periodo de entre 2008 y finales del segundo semestre 2022, se tiene una pendiente ascendente de 0,6 cm/año.

Figura 6-112: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

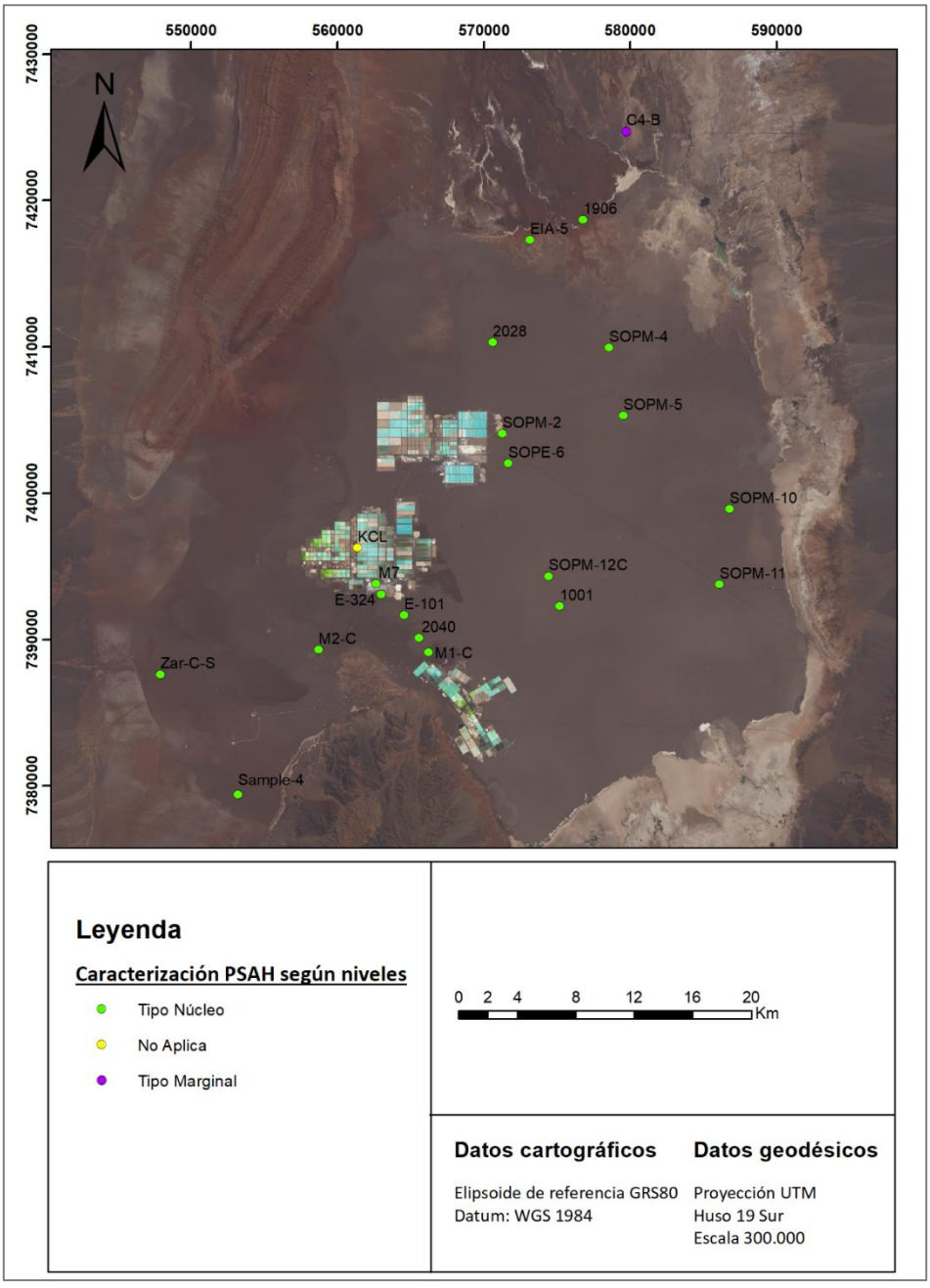


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.1.6 NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

En este capítulo se describe la infraestructura situada en el Núcleo, la que incluye también la estación meteorológica KCL (ver Figura 6-113)

Figura 6-113: Infraestructura englobada en el sector Tilopozo y clasificada según comportamiento de los niveles



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

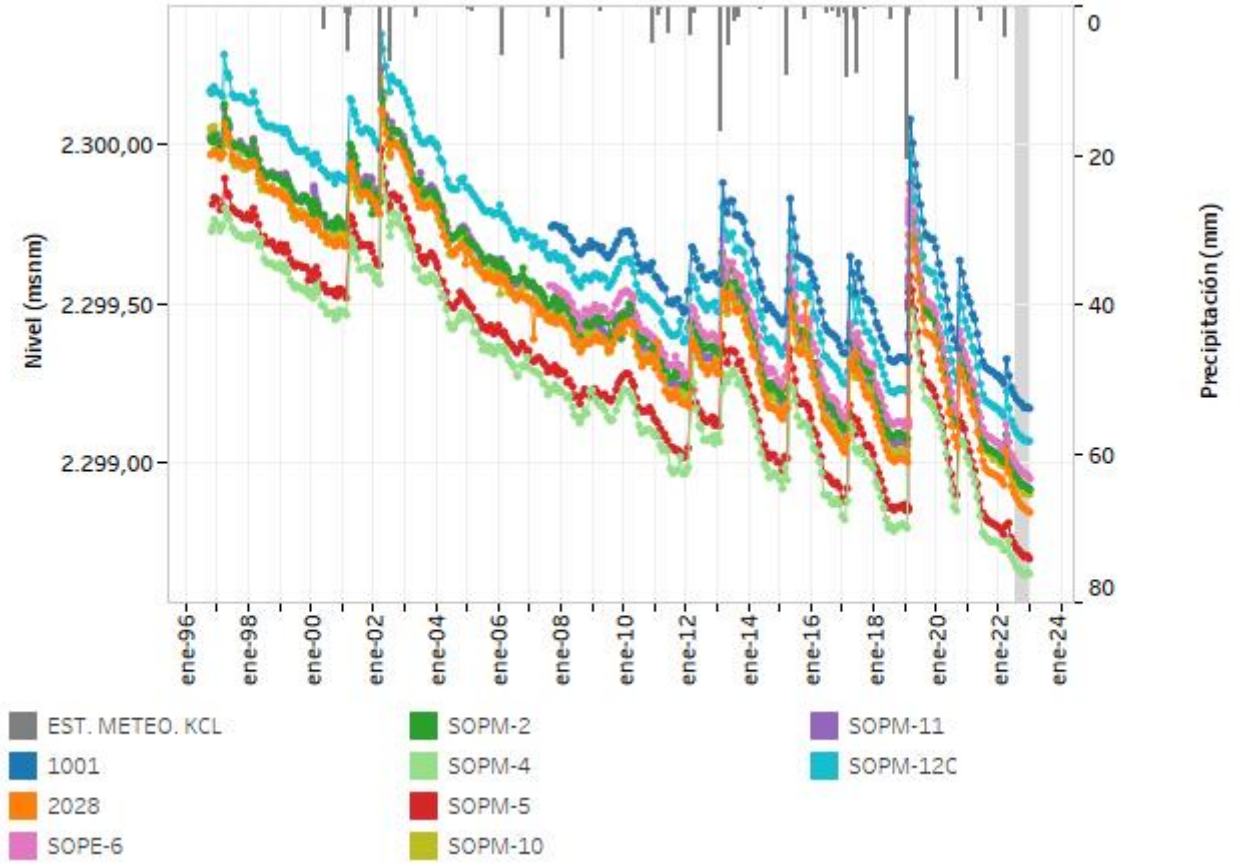
6.1.6.1 Niveles de agua subterránea

Los pozos que se encuentran ubicados en el sector Núcleo del Salar de Atacama (ver se han clasificado en grupos según su ubicación:

- Pozos ubicados en el lado Este del salar: 1001, 2028, SOPE-6, SOPM-2, SOPM-4, SOPM-5, SOPM-10, SOPM-11 y SOPM-12C. Se muestran en la Figura 6-114.
- Pozos ubicados entre las pozas de SQM y de ALB: M7, E-324, E-101, 2040, M1-C. Se muestran en la Figura 6-115.
- Pozos ubicados al Oeste del salar: M2-C, Zar-C-S y Sample-4. Se muestran en la Figura 6-116
- Pozos ubicados al Norte del Salar: EIA-5, 1906 y C4-B. se muestran en la Figura 6-117.

Respecto los puntos que se encuentran en el borde este del núcleo del salar (Figura 6-114.) 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. Actualmente, en el segundo semestre de 2022, se observa la pendiente característica de descenso en este sector del núcleo.

Figura 6-114: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

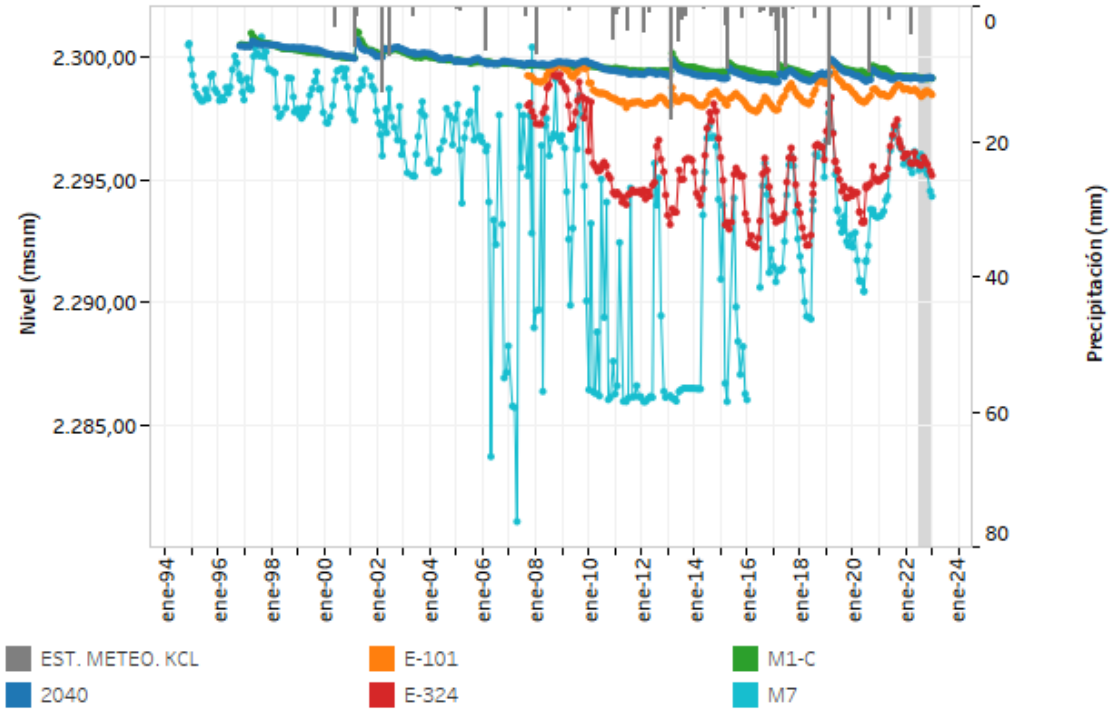
El siguiente grupo que se describe son los que se sitúan sobre la transecta entre las pozas de SQM y las de Albemarle y que, por tanto, parte se encuentra sobre el campo de pozos de producción de ese sector. Como puede verse en la Figura 6-115 los niveles de los puntos M7 y E-324, que son los que encuentran 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 6-116 que permite distinguir mejor sus comportamientos. Puede verse como el E-101 oscila de la misma forma que lo hacían los puntos 2040 y E-324, pero en menor proporción (amplitudes menores y nivel ubicado a una cota mayor), por lo que podría interpretarse que este pozo responde de forma residual al manejo operacional del campo de pozos. Y, finalmente, los puntos 2040 y M1-C no estarían tan relacionadas

al manejo operacional, pero muestran un comportamiento con una clara tendencia de descenso y con respuestas a los eventos de lluvia que estarían produciendo una recarga directa sobre esta área.

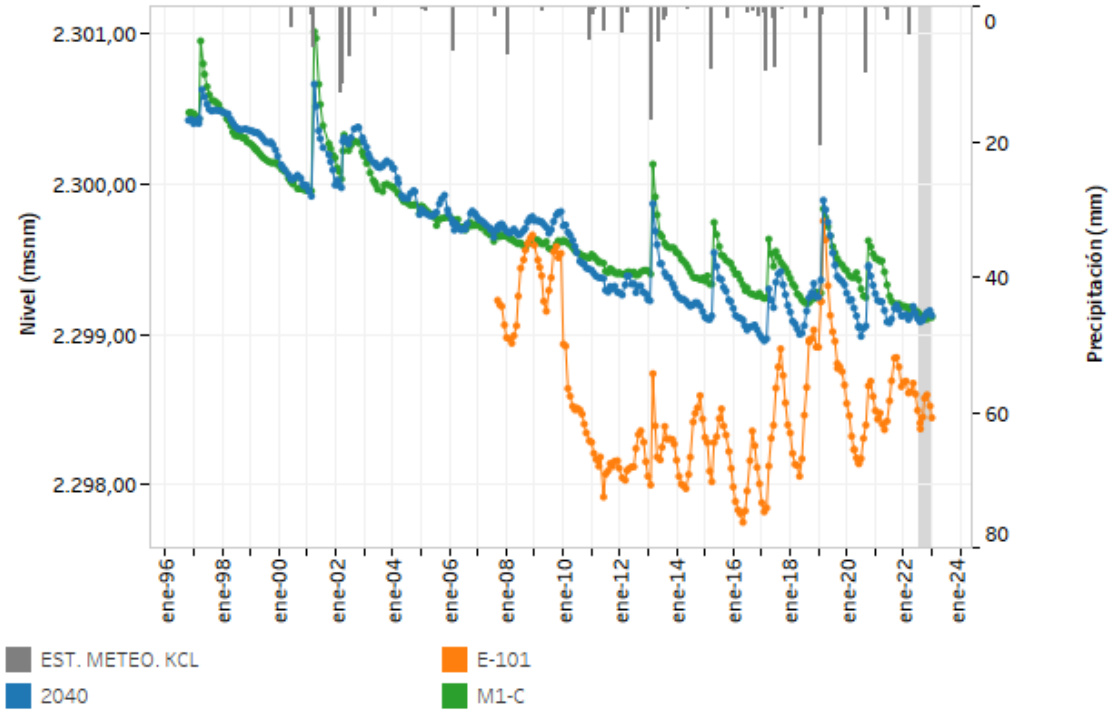
Las medidas para el segundo semestre de 2022 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-115: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-116: 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.

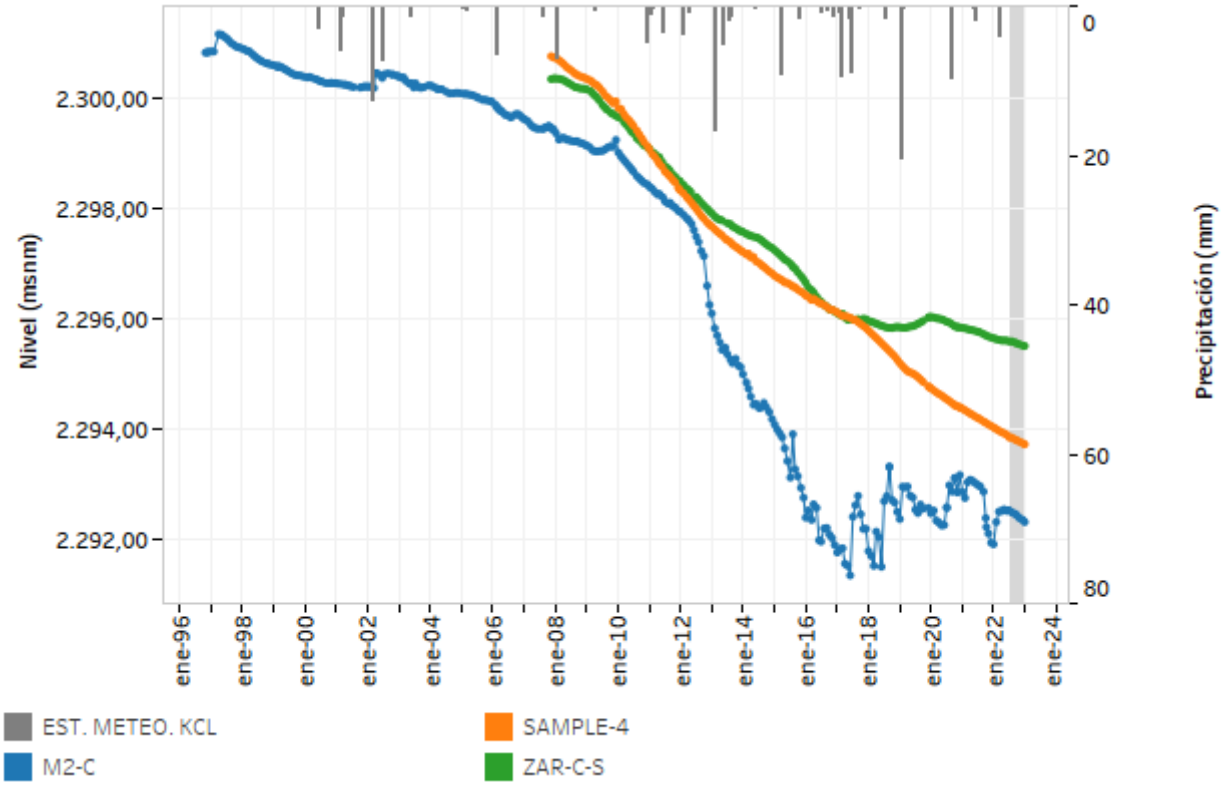
En el borde suroeste del núcleo, al oeste de la península de Chépica, se encuentran los puntos M2-C, Zar-C-S y Sample-4 (Figura 6-117). El M2-C es que se encuentra más cercano al campo de pozos, por lo que, como se puede verse en sus niveles una fuerte pendiente de descenso (112 cm/año de tasa promedio, 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 segundo semestre de 2022 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente para todos los puntos de este grupo.

Figura 6-117: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

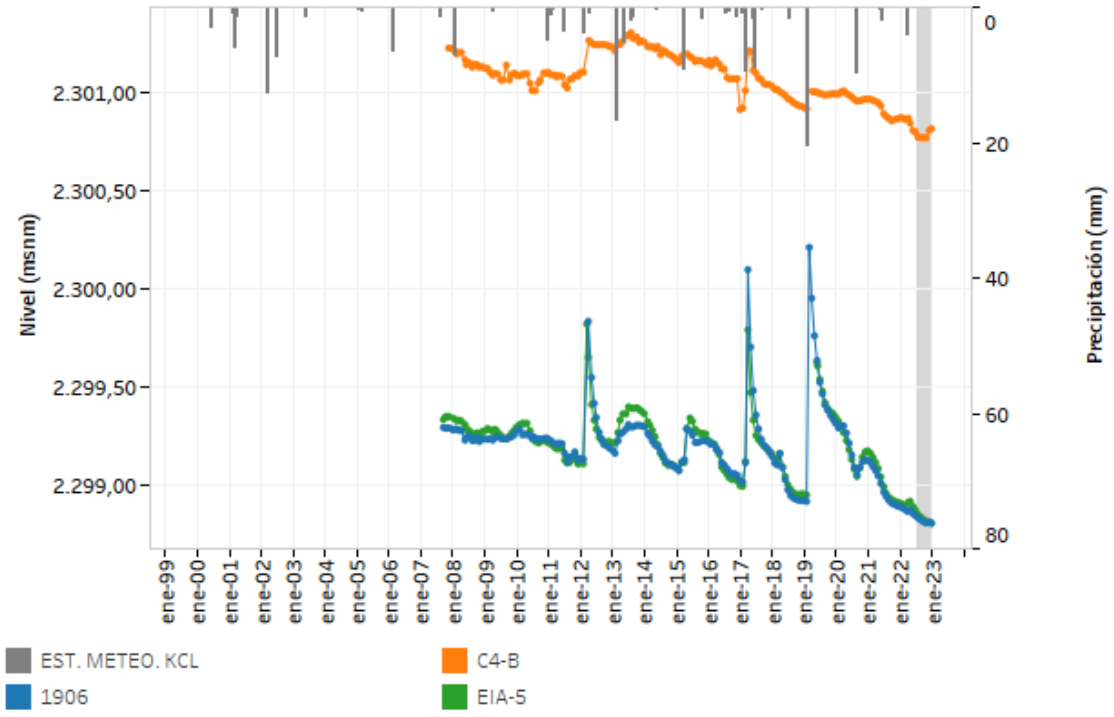
Por último, los tres puntos que restan y que se encuentran al norte del núcleo del salar son el 1906, EIA-5 (ambos al sur del delta de San Pedro) y el C4-B (más cercano a la estación de Chaxa). Los niveles se muestran en la Figura 6-118 y puede verse como es de esperar que existan diferencias entre las cotas del 1906 y el EIA-5 con respecto el C4-B. Por este motivo, se muestra también la Figura 6-119 con los descensos calculados, lo que facilita el análisis.

Al observar la Figura 6-119 puede verse que la tendencia promedio de los tres puntos es similar y recuerda al comportamiento descrito para los pozos tipo Núcleo descritos en todos los sistemas, con

la salvedad que el C4-B no está respondiendo de la misma forma a los eventos de lluvia (ascensos rápidos de nivel y recuperaciones prolongadas en el tiempo).

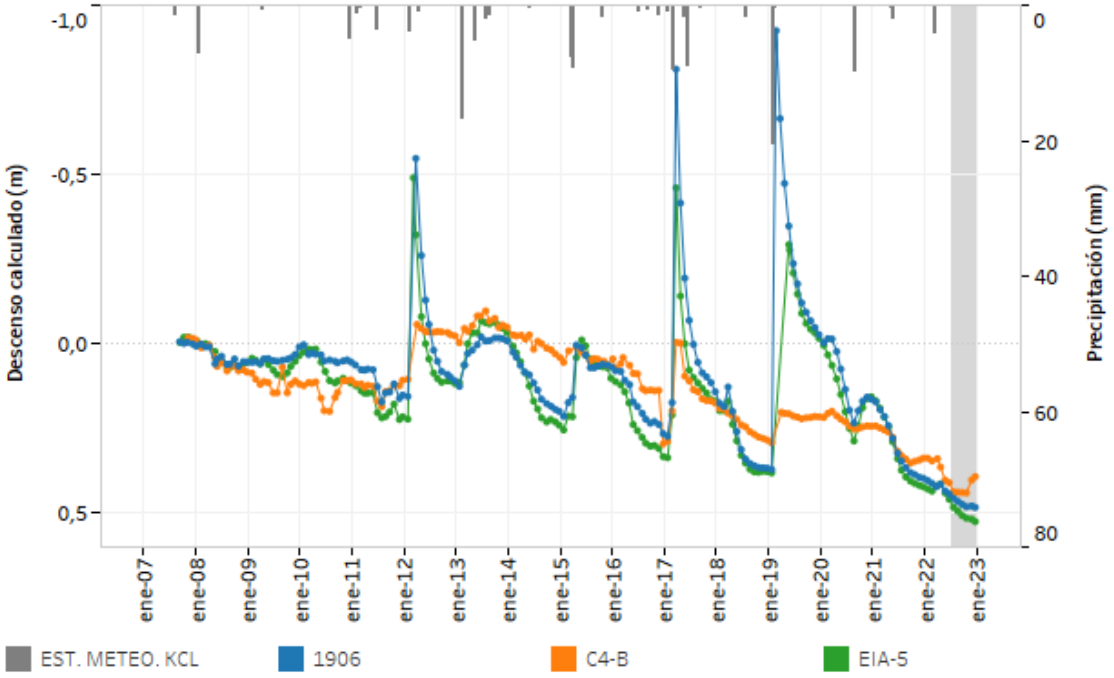
En el segundo semestre de 2022 se observa que, para los puntos 1906 y EIA-5 se reproduce la pendiente característica del acuífero aluvial, sin efectos relacionados con los eventos de precipitación, de la misma forma que se ha observado para el resto de los pozos con comportamiento Núcleo. En el caso del C4-B, se mantiene la tendencia de descenso descrita antes.

Figura 6-118: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-119: 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 6-120). 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.

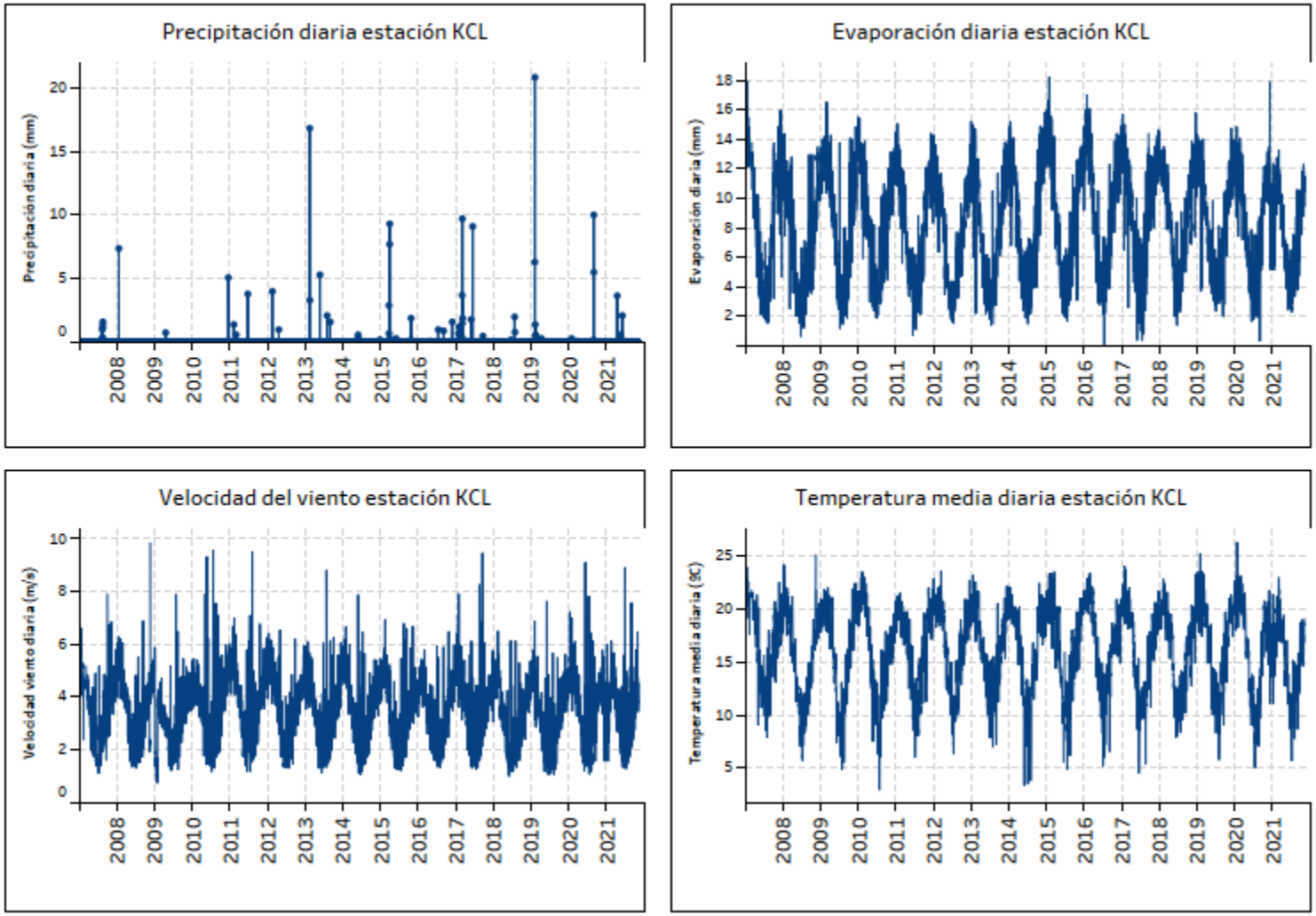
La precipitación histórica, por su parte, muestra un cambio de tendencias en el tiempo, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. Durante el primer periodo, entre mayo de 2007 y diciembre de 2012, se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 7,4 mm el día 14 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 no se registraron precipitaciones, por lo que el total acumulado para el segundo semestre de 2022 es de 0,00 mm. Esto es consistente con el modelo conceptual de la cuenca,

en la que, durante el primer semestre las precipitaciones son máximas, asociadas al invierno altiplánico, mientras que, el segundo semestre se asocia a lluvias invernales que son en sí, en caso de desarrollarse, de menor magnitud.

Ahora bien, la evaporación medida en la bandeja de evaporación de KCL presento un máximo de 14,76 mm/d durante diciembre de 2022 y un promedio semestral de 8,92 mm/d, vale decir, unos 0,60 mm/d más que el promedio histórico[62]. En la misma línea comparativa, la temperatura promedio diaria durante el segundo semestre de 2022 registró un valor de 14,34°C, es decir, 1,75°C menos al promedio histórico de 16,09°C. De forma análoga, la velocidad del viento promedio durante el segundo semestre registro un valor diario de 3,17 m/s unos 0,41 m/s menor que el promedio histórico de 3,58 m/s.

[62] Promedio histórico calculado desde enero 2007 a junio de 2022.

Figura 6-120: Estación meteorológica KCL



Fuente: Elaboración propia

6.1.6.3 Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 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 respectivamente Figura 6-121 y Figura 6-122[63, 64].

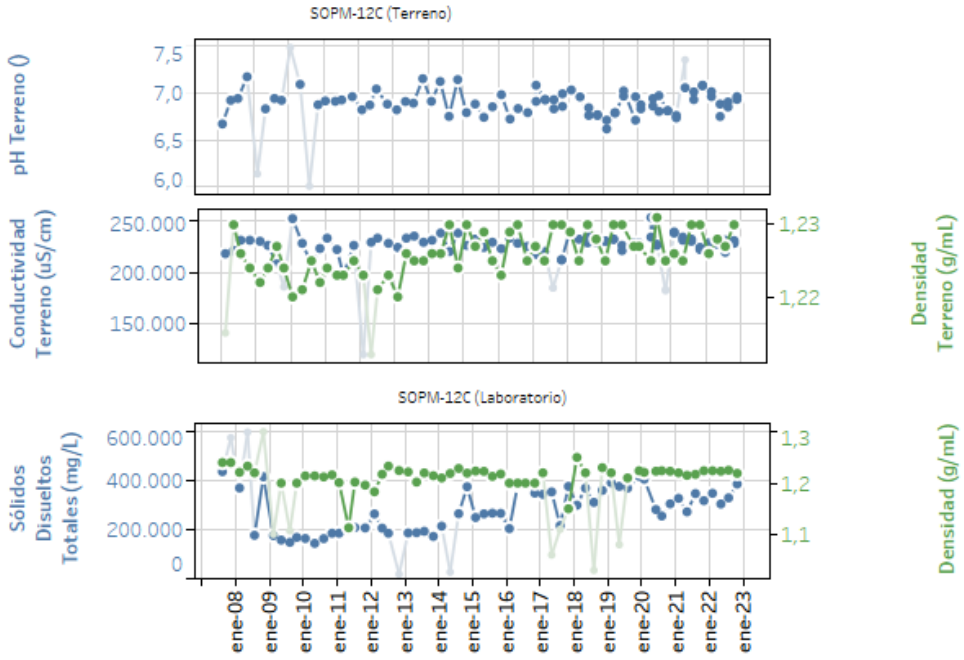
Para los puntos del Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo se ha registrado una alta CE en torno a 230.000 µS/cm (característico de salmueras), y pH neutro (cercano a 7).

Los resultados del segundo semestre se encuentran para todos los parámetros dentro del registro histórico, se observa un leve aumento de Densidad de Terreno entre la medición de julio y diciembre, registrando un valor de 1,23 g/ml durante el último mes de 2022 consistente con el comportamiento histórico.

[63] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Life Sciences hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Life Sciences, así como un breve análisis.

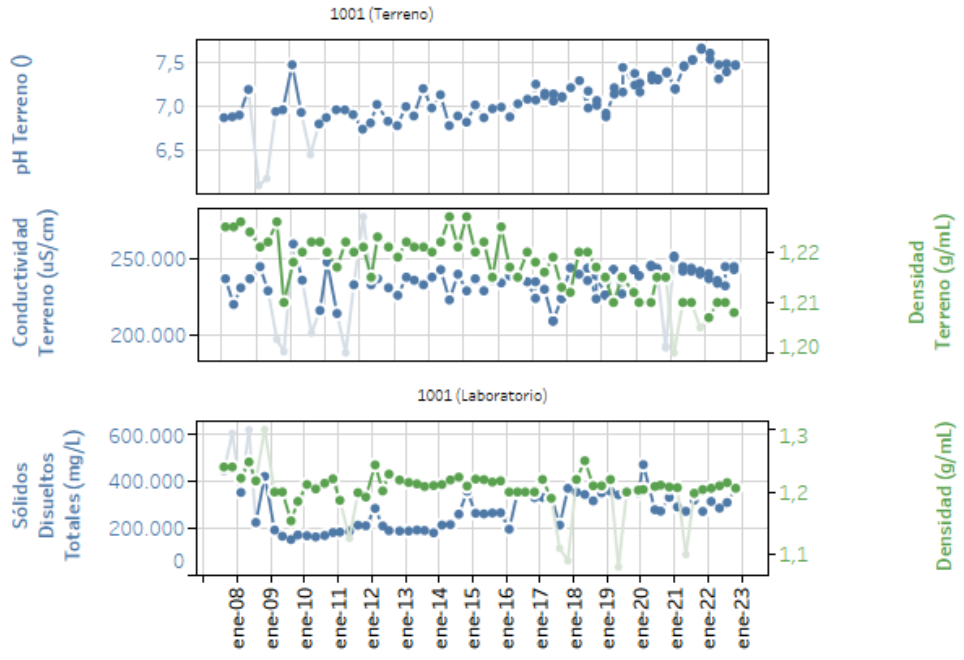
[64] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Life Sciences hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS en el mismo informe, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder.

Figura 6-121: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-122: 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 6-123 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 6-124 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

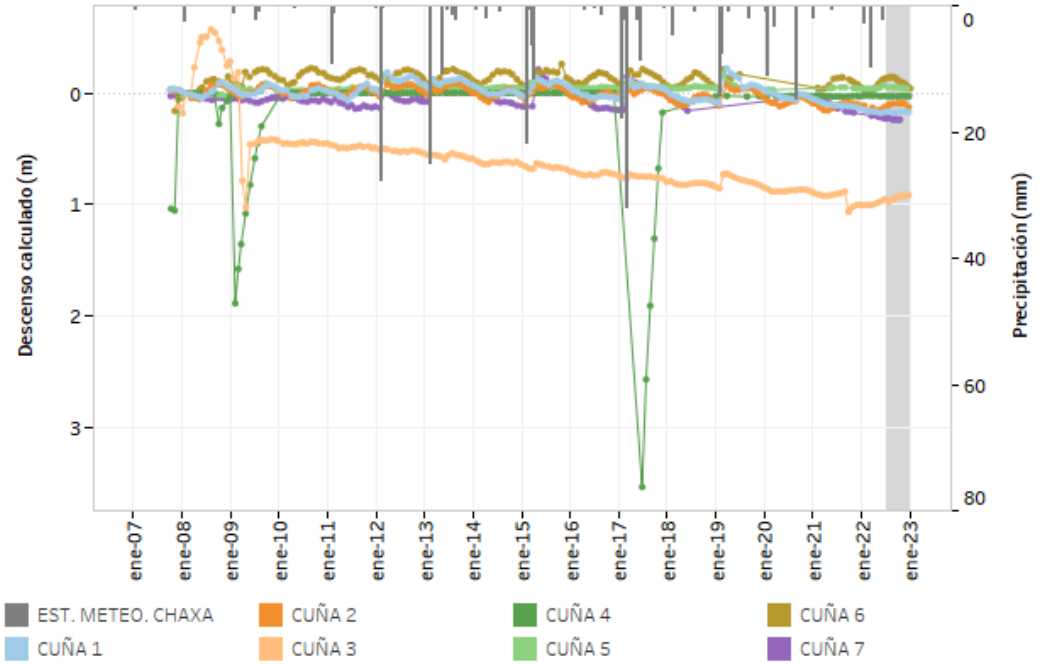
cm/año). No obstante, los registros del segundo semestre 2022 muestran una posible estabilización del nivel, puesto que se mantienen alrededor de una misma cota.

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, el nivel promedio empieza a mostrarse descendente con una tasa de 1,6 cm/año. No obstante, el máximo estacional medido en el segundo semestre de 2022 se sitúa a cotas similares al año anterior, lo que podría llevar a pensar en que el punto esté mostrando signos de estabilización del nivel. Lo que se ha visto también en el Cuña 1, situado aguas abajo. Es necesario seguir observando estos niveles para confirmar el nuevo patrón.

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 6-123). 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. En el segundo semestre 2022, los registros obtenidos confirmarían que el punto mantiene estable la tendencia de ascenso.

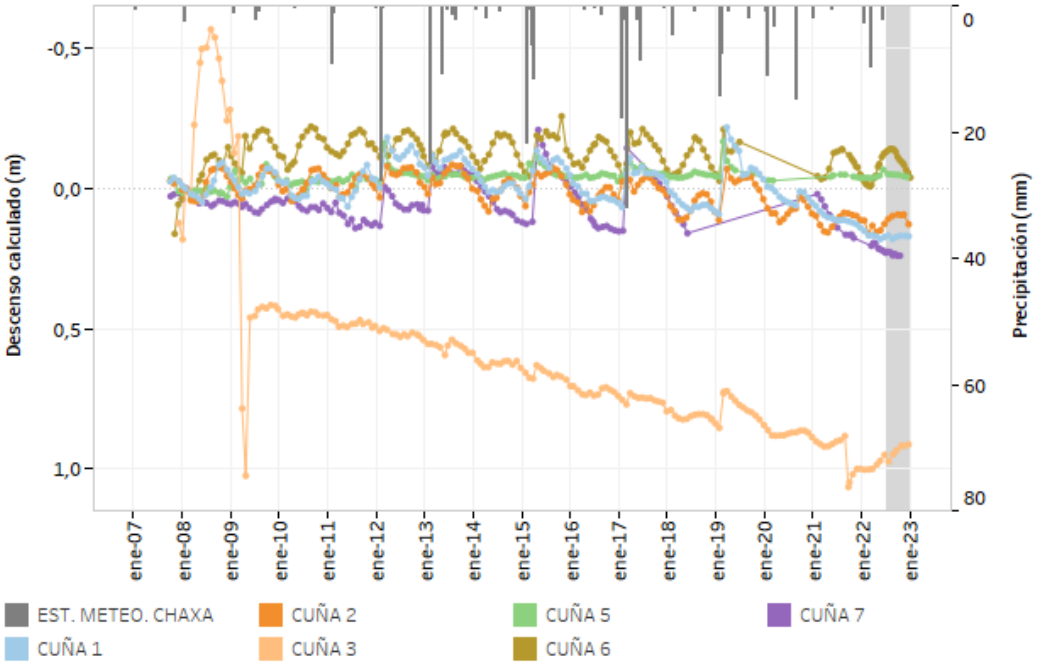
En el sistema Peine los pozos cuña presentes son el Cuña 6 y Cuña 7. El primero se encuentra al borde este del acuífero aluvial, muy próximo a la zona marginal. Los niveles se ven oscilantes y sin una clara tendencia de ascenso o descenso (ver Figura 6-124). El Cuña 7 se encuentra en el extremo de la 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 basal y característica del acuífero del núcleo. Las mediciones obtenidas durante el segundo 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 6-123: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-124: 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.

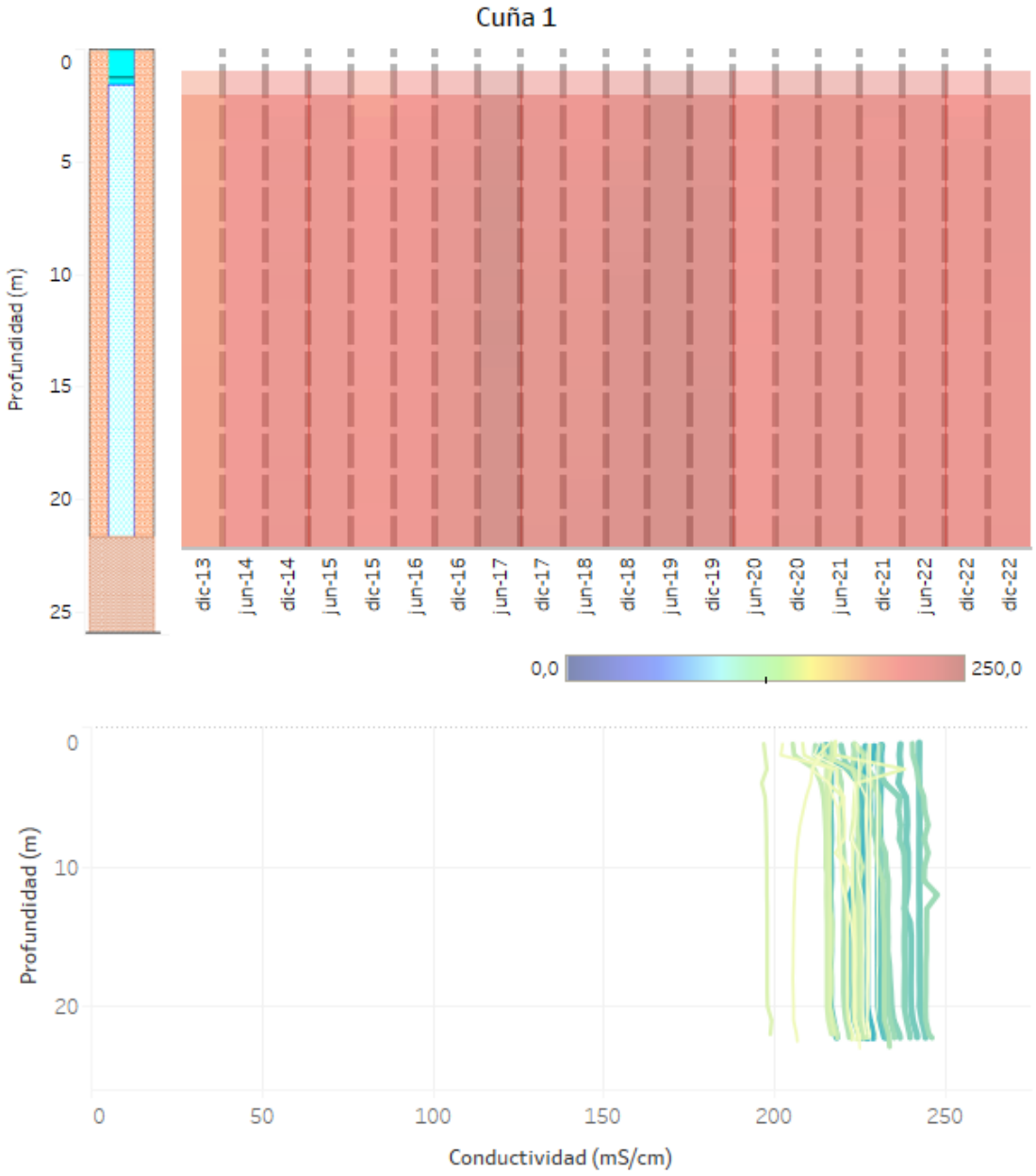
La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6-125. En ella se observa que el punto Cuña 1 (ranurado entre 2-22 m) y Cuña 2 (ranurado entre 4-22 m), que se encuentran al oeste de la zona donde afora la interfaz salina, presentan valores generales de conductividad superiores al 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.

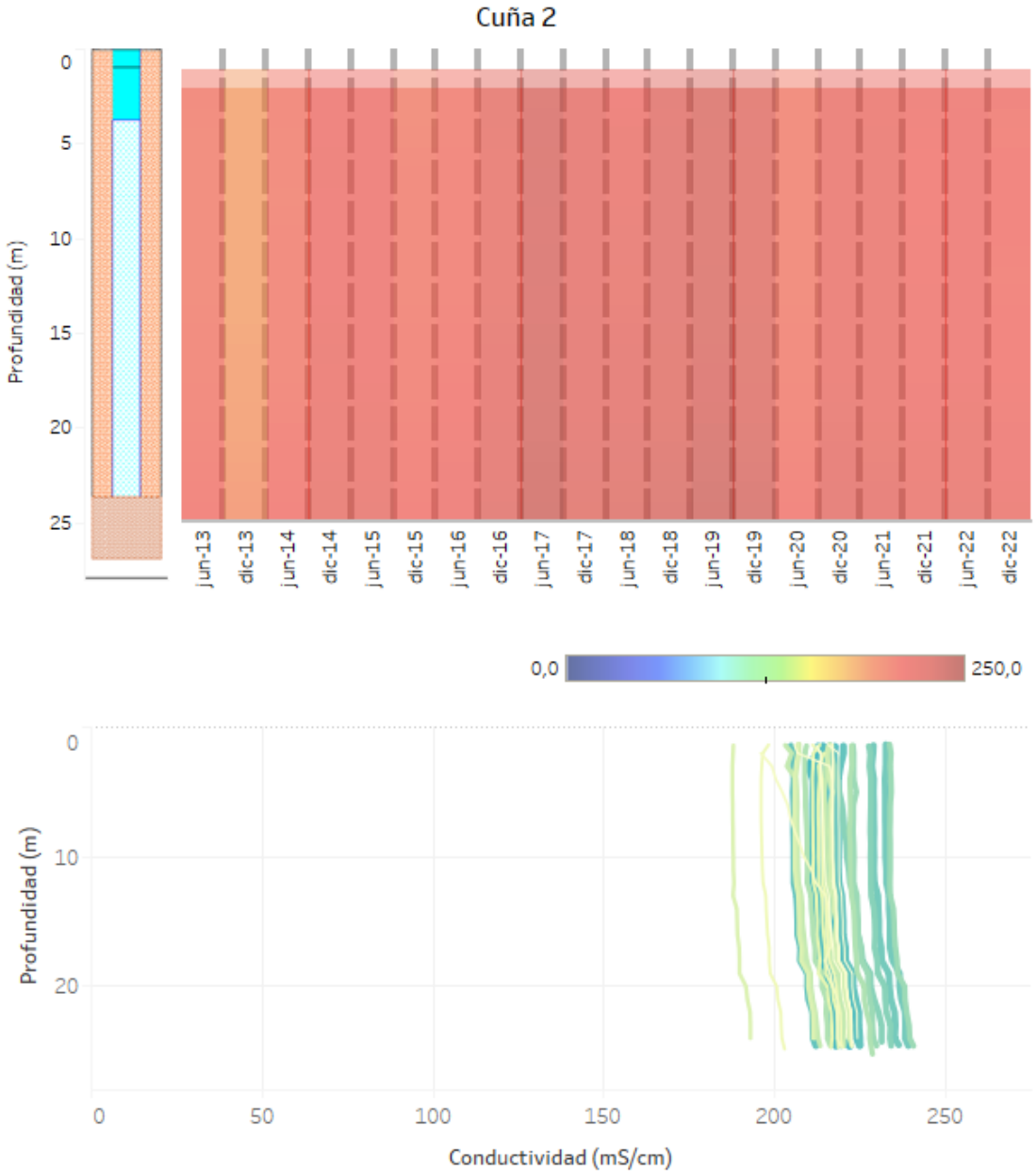
En el punto Cuña 3 se observan aguas de baja CE lo que indicaría que el inicio de la interfaz se encuentra entre los pozos Cuña 2 y Cuña 3. Este punto presenta su ranurado por debajo de los 120m[65]. Respecto a su evolución temporal, no se observan variaciones durante el periodo medido, solo se observa 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

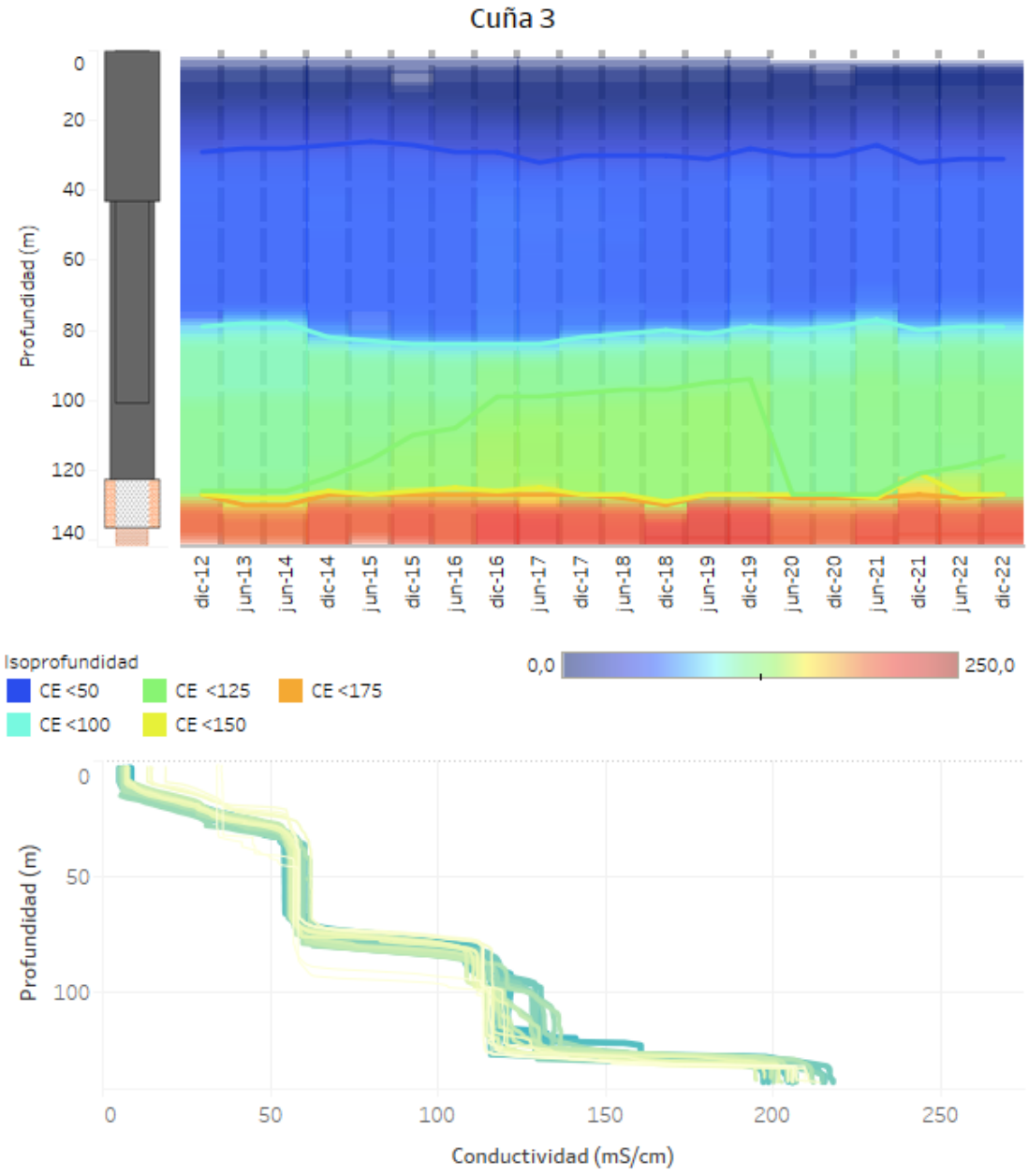
[65] Se ha confirmado esta profundidad para el ranurado en base al Strarter del pozo. En anteriores informes se había confundido la profundidad del ranurado con 102m.

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 6-125: 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
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
dic-22
0,0
250,0
Profundidad (m)
0
10
20
0
50
100
150
200
250
Conductividad (mS/cm)



Fuente: Elaboración propia

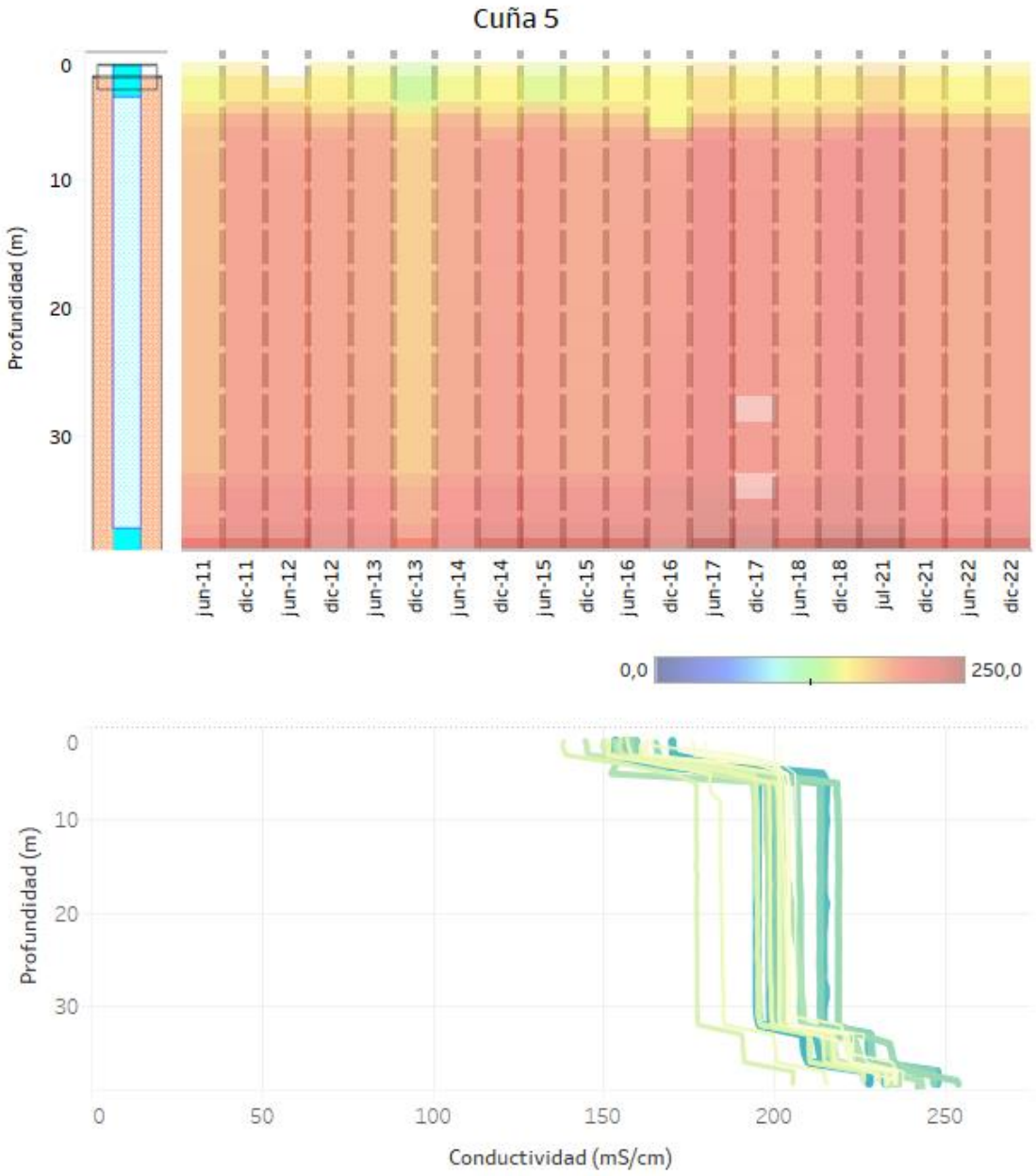
La evolución histórica de los pozos en el sector de Aguas de Quelana se muestra en la Figura 6-126. En ella se observa que en el Cuña 5 el agua cercana a la superficie es de menor CE que la más profunda. De todos

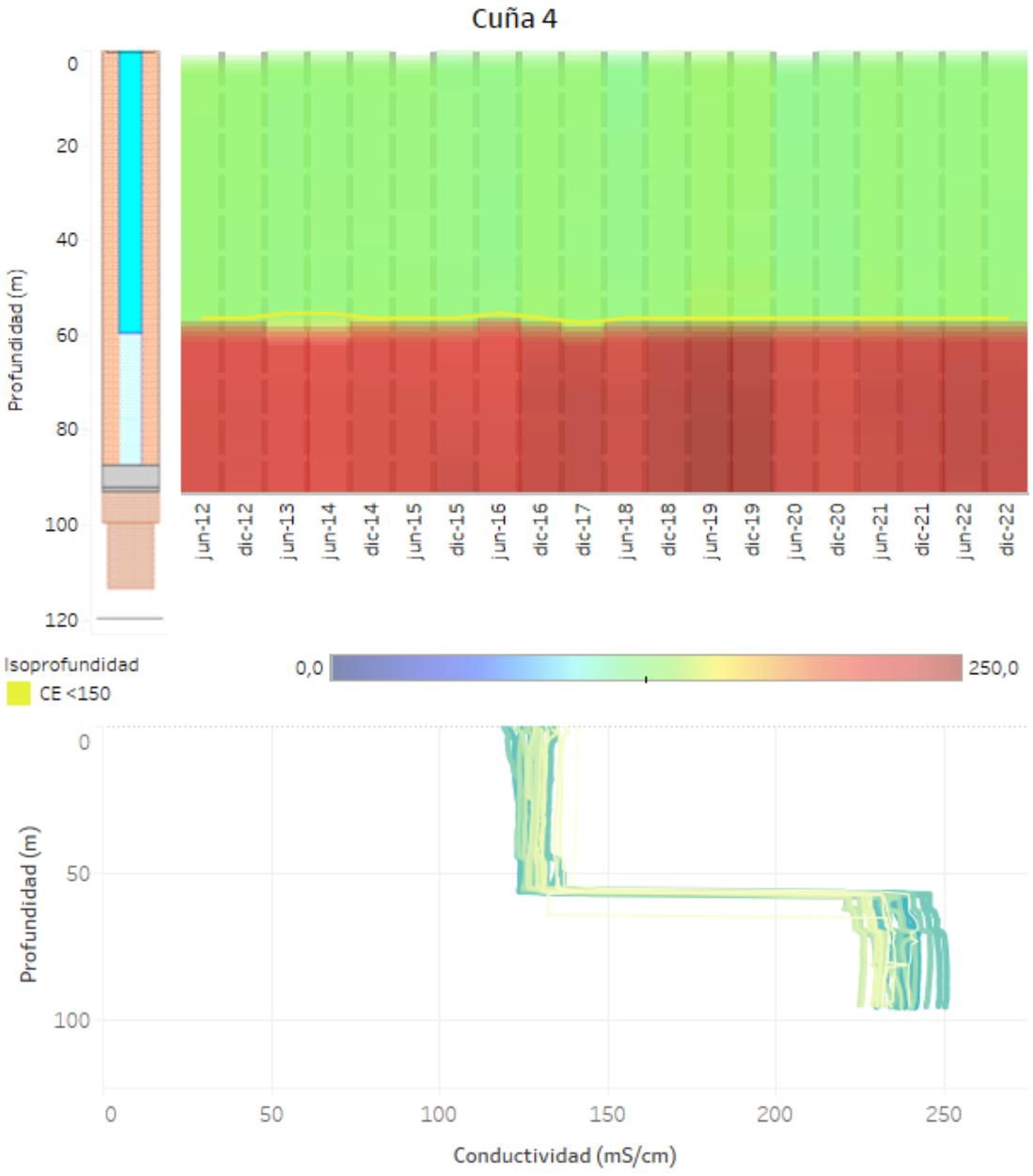
modos, esta última presenta también altos valores de CE lo que indica que la interfaz comienza a aflorar más al este.

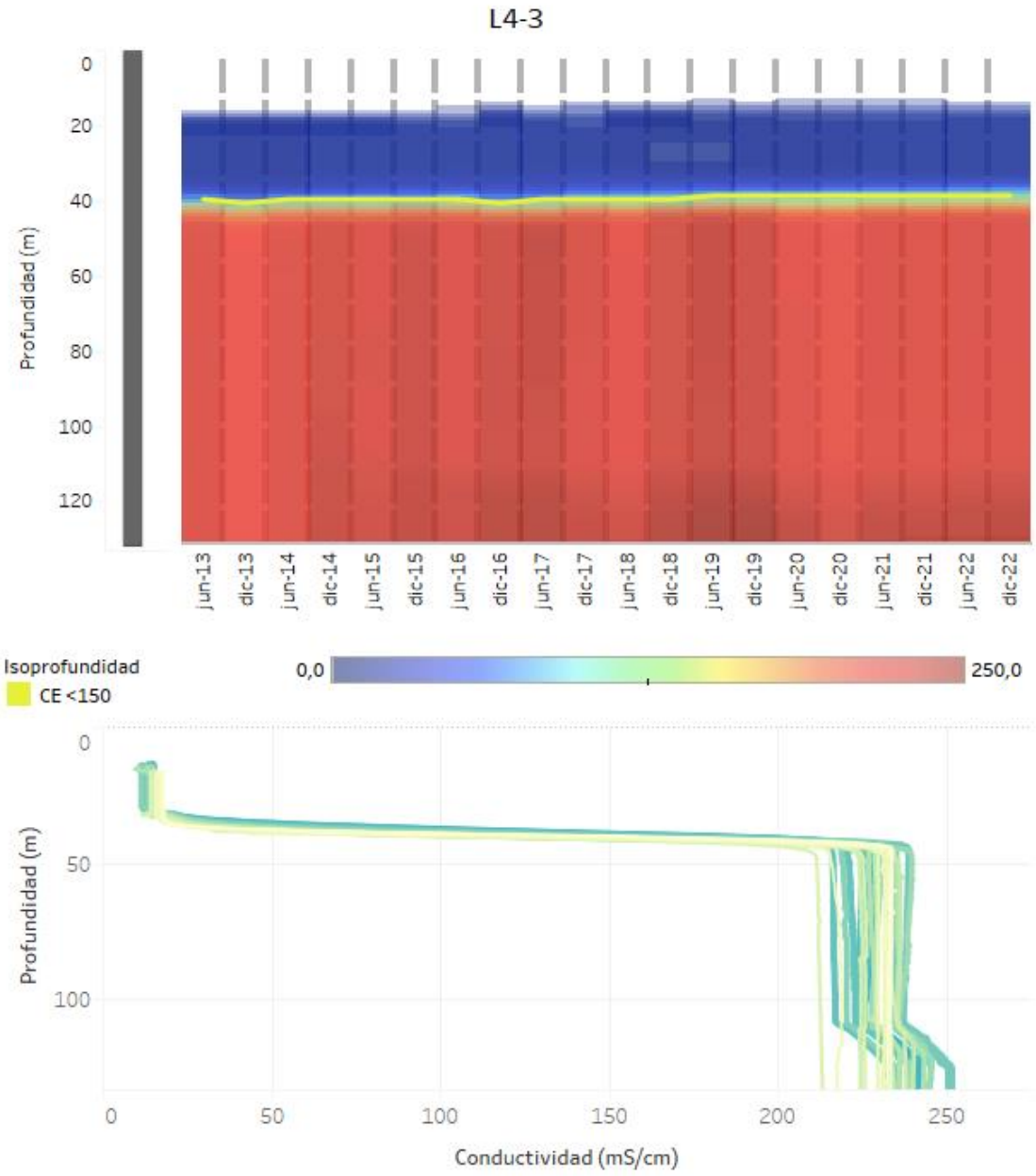
Al avanzar hacia el este (Cuña 4), se observan menores valores de la CE en el fluido próximo a la superficie. Este punto tiene comportamiento surgente y su tramo ranurado comienza a los 64 metros. Se observa que la zona en que se produce el cambio a valores de mayor conductividad se ha mantenido estable en torno a los 55 m, sin mostrar tendencias al alza o a la baja.

En el punto más al este de Aguas de Quelana, L4-3, existe una interfaz definida, ubicada aproximadamente a 40 m de profundidad. El equilibrio de la interfaz se mantiene en el tiempo, con oscilaciones menores entre campañas, pero sin mostrar un comportamiento de tendencia.

Figura 6-126: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)




Cuña 4
Profundidad (m)
0
20
40
60
80
100
120
jun-12
dic-12
jun-13
jun-14
dic-14
jun-15
dic-15
jun-16
dic-16
dic-17
jun-18
dic-18
jun-19
dic-19
jun-20
dic-20
jun-21
dic-21
jun-22
dic-22
Isoprofundidad
CE <150
0,0
250,0
Profundidad (m)
0
50
100
0
50
100
150
200
250
Conductividad (mS/cm)



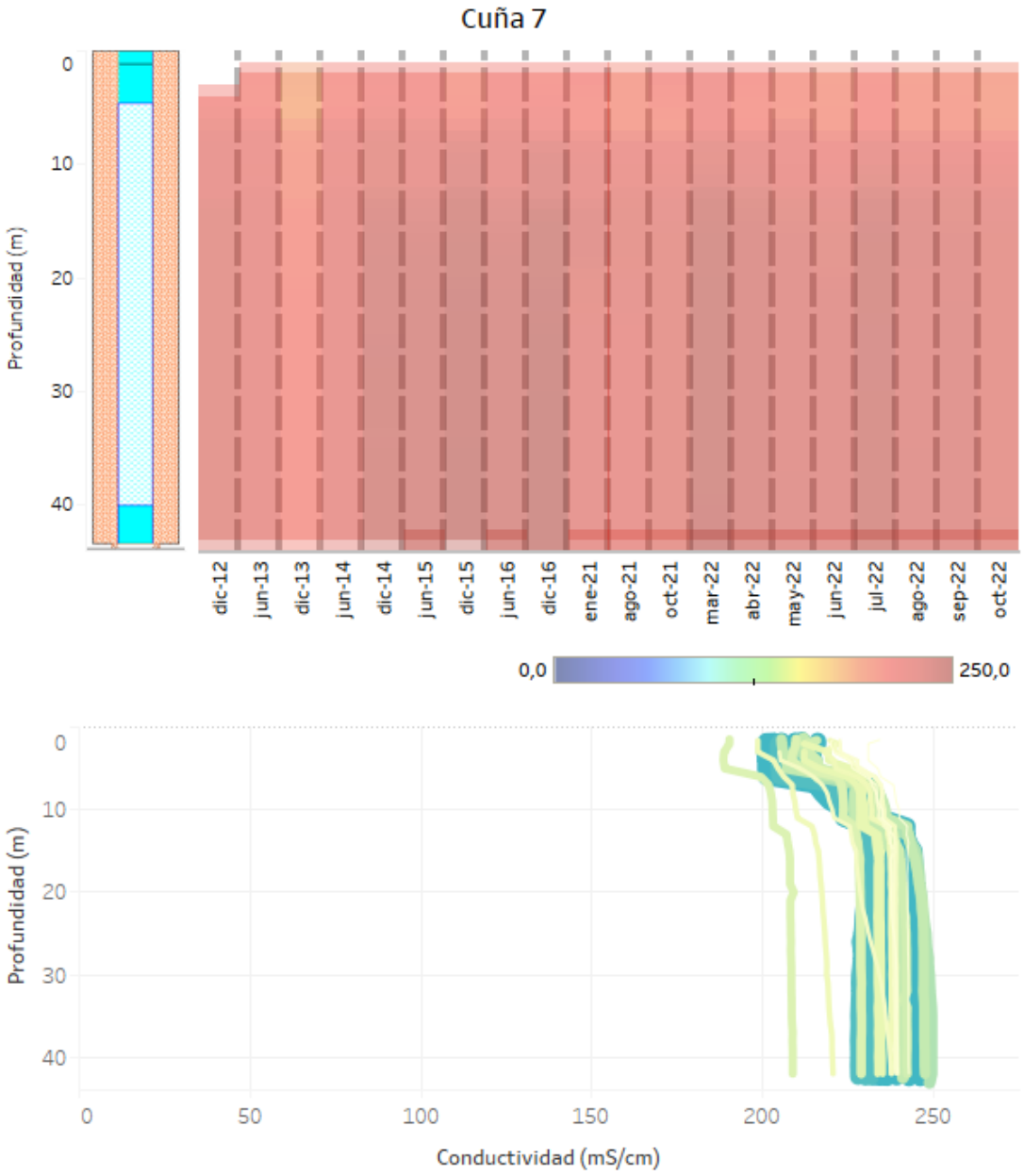
Fuente: Elaboración propia. Se quitan del gráfico algunos valores *outliers* y el perfil de junio 2008 por presentar anomalía en todo su desarrollo en L4-3.

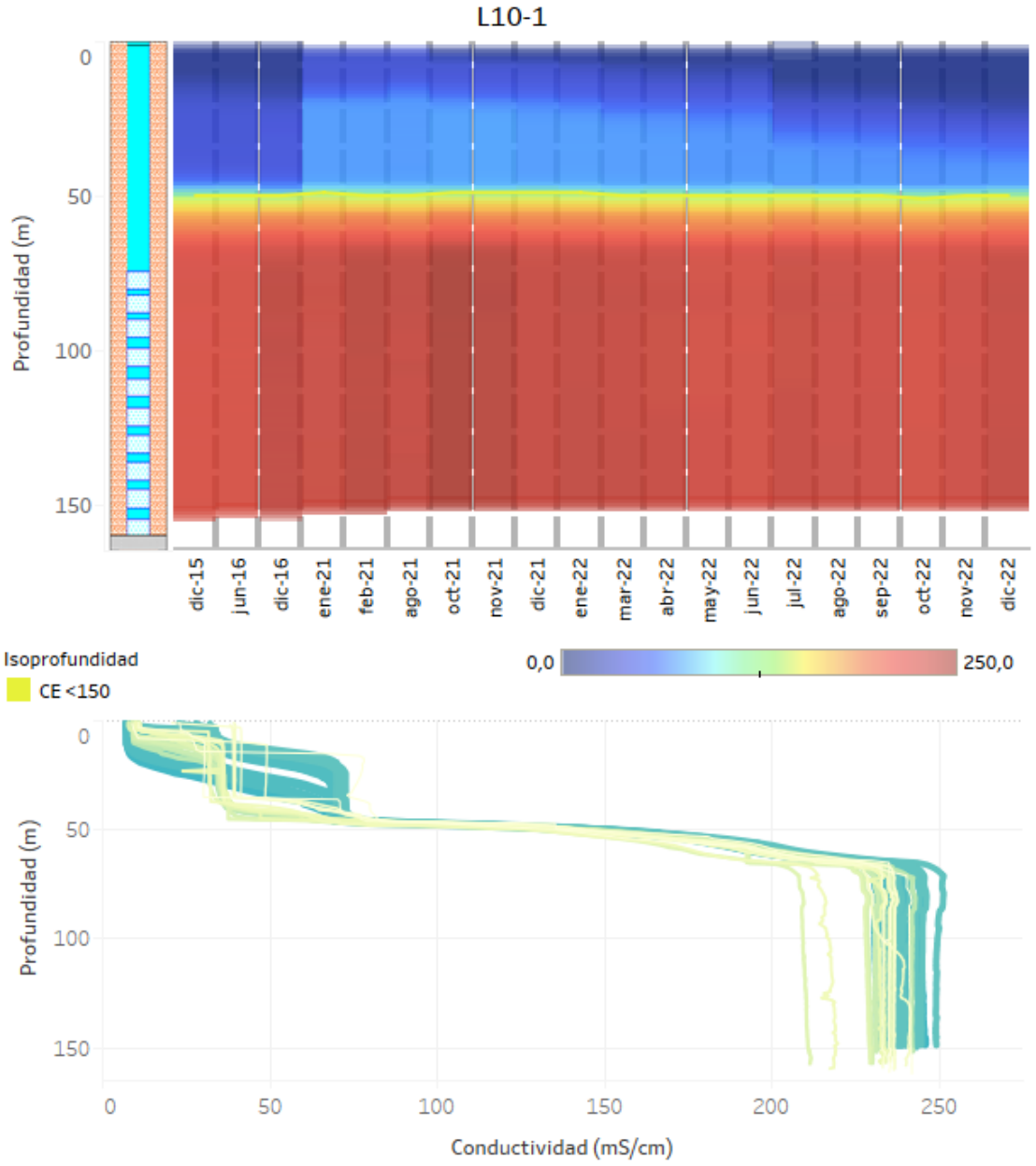
Finalmente, la evolución histórica de los pozos del sur se muestra en la Figura 6-127. En ella se observa que en el pozo Cuña 7 el final del quiebre se encuentra cercano a la superficie. Siguiendo hacia el sureste,

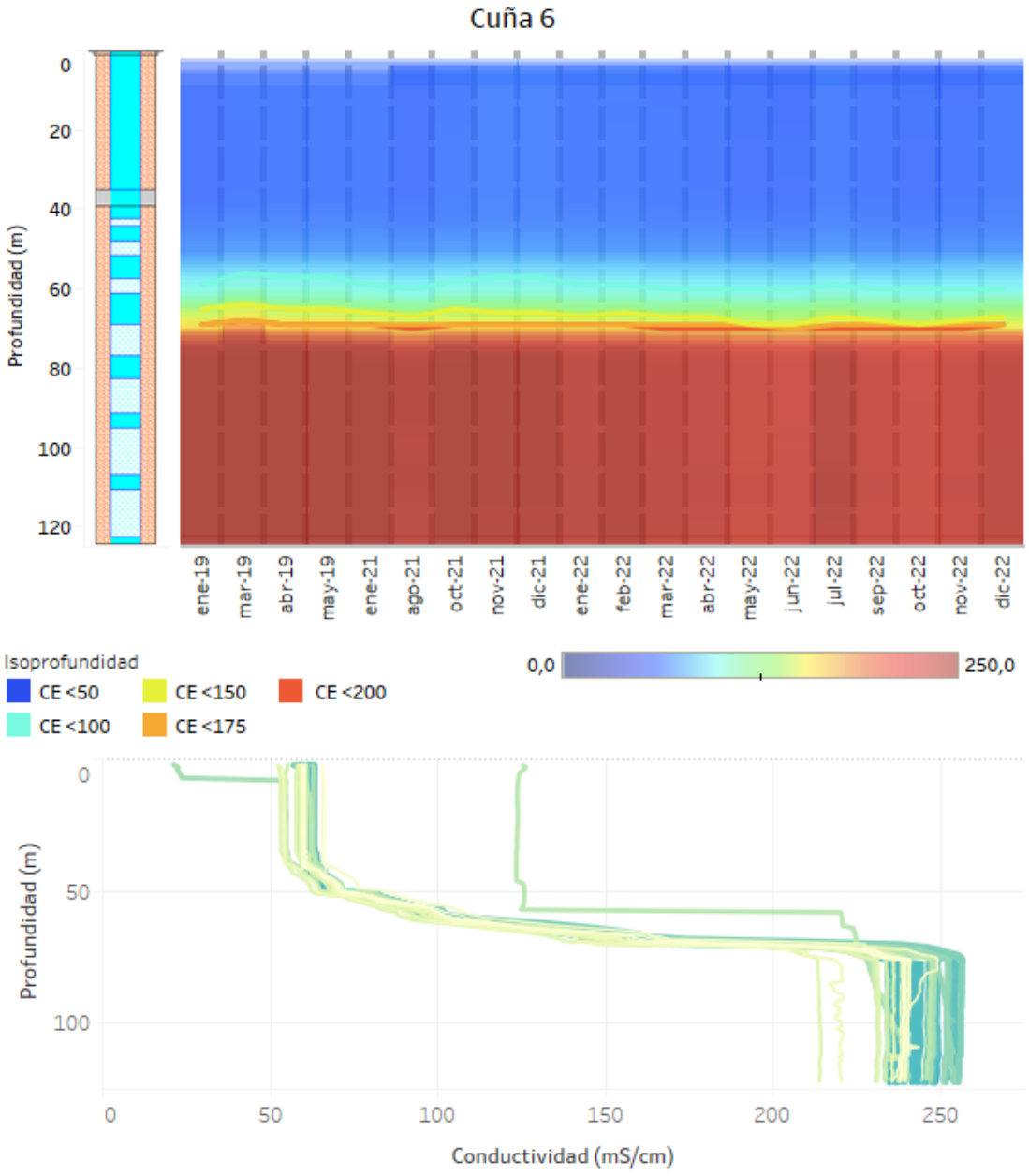
el pozo L10-1 es conocido que ha tenido características surgentes y con un ranurado comenzando en 74 metros. Se observa que los acuíferos ya están en contacto a una profundidad cercana a los 50 metros y donde cambian los valores de conductividad se ha mantenido estable en el tiempo. Cabe reseñar que la medición de la profundidad en la isolínea de 50 mS/cm ha mostrado un cambio drástico en los muestreos del semestre reportado. Este cambio en los valores de conductividad en los primeros 40 metros de profundidad es coherente con los cambios expuestos en los capítulos de análisis de niveles y calidad y se atribuye a una posible extracción en el acuífero aluvial.

En Cuña 6, se observa un mayor predominio del acuífero del margen. Aquí el mayor quiebre en los valores de conductividad se sitúa a una mayor profundidad: aproximadamente a 70 m desde la superficie. El equilibrio descrito no ha sufrido cambios en el tiempo, no observándose variaciones significativas en los perfiles de CE.

Figura 6-127: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)




L10-1
Profundidad (m)
0
50
100
150
dic-15
jun-16
dic-16
ene-21
feb-21
ago-21
oct-21
nov-21
dic-21
ene-22
mar-22
abr-22
may-22
jun-22
jul-22
ago-22
sep-22
oct-22
nov-22
dic-22
Isoprofundidad
CE <150
0,0
250,0
Profundidad (m)
0
50
100
150
0
50
100
150
200
250
Conductividad (mS/cm)



Fuente: Elaboración propia. Se ha eliminado el perfil de junio 2016, por tener resultados anómalos.

En el presente apartado se ha visto como la profundidad en la que se producen los quiebres de conductividad se ha mantenido estable en los últimos tres años de monitoreo con algunas variaciones

menores y sin mostrar tendencias al alza o a la baja para los distintos puntos. Por ende, puede decirse que la posición de la interfaz no se ha visto afectada en el periodo monitoreado.

6.2 ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

De los 34 indicadores de estado evaluados como parte del Plan de Contingencia, durante el segundo semestre del año 2022 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 6-128) y el L1-5 (Figura 6-129) se han descrito en el apartado 6.1.1 (Análisis y discusión de los resultados del sistema Soncor) y se ha podido comprobar, a través del análisis de sus niveles y de los puntos vecinos, cómo desde 2012 estos pozos ya no volvieron a recibir de forma regular los aportes en forma de recarga directa proveniente de los desbordes de la laguna Barros Negros por lo que desde entonces reproducen el descenso propio del acuífero en ese sector, con constante tasa de descenso y respuesta inmediata a los episodios de precipitación.

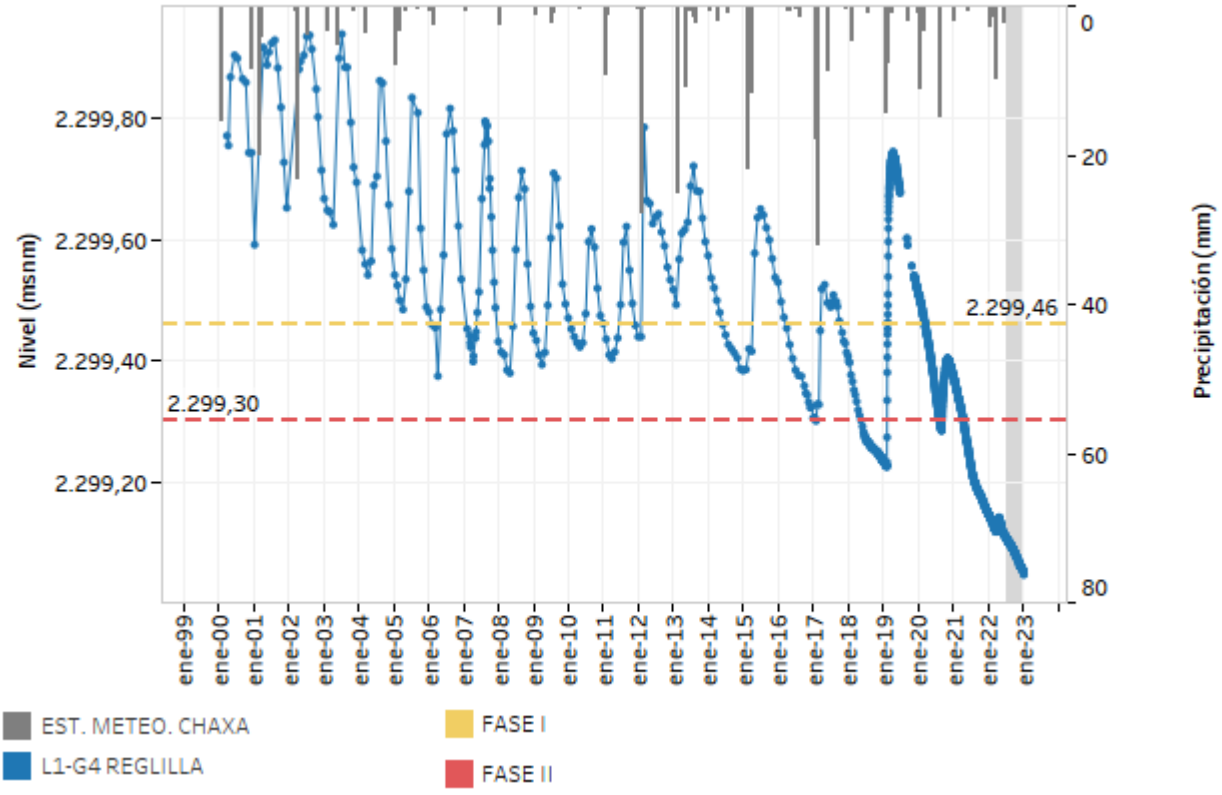
Tal y como se describe en el apartado de resultados del Plan de Contingencias (5.2) se activó la Fase II de los indicadores L1-G4 Reglilla el 10 de abril (2021) y del L1-5 el día 23 de abril (2021). Tal y como se preveía, ambos puntos se encontraban en la etapa de estabilización posterior al evento de lluvia de agosto 2020, por el que el descenso terminó superando el límite de la Fase II en ambos casos. Según el informe de investigación y como se viene observando desde 2018, el motivo que ha llevado a la activación en estos casos responde a que estos pozos vienen comportándose como un pozo de tipo núcleo desde que no están recibiendo los aportes del desborde de la laguna Barros Negros a través del sector de Cola de Pez. Como se ha mencionado en varias ocasiones, este patrón no se identificó en el momento de la elaboración de la RCA N°226/2006, ya que, se preveía que estos pozos reproducían la dinámica propia de la recarga del cuerpo lagunar.

Durante el segundo 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.

De esta forma, dados los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación efectuada con motivo de la activación de Fase II en mayo de 2018 de estos mismos puntos (IDAEA-CSIC, 2018) que permitieron concluir que la causa principal de activación correspondió al cambio

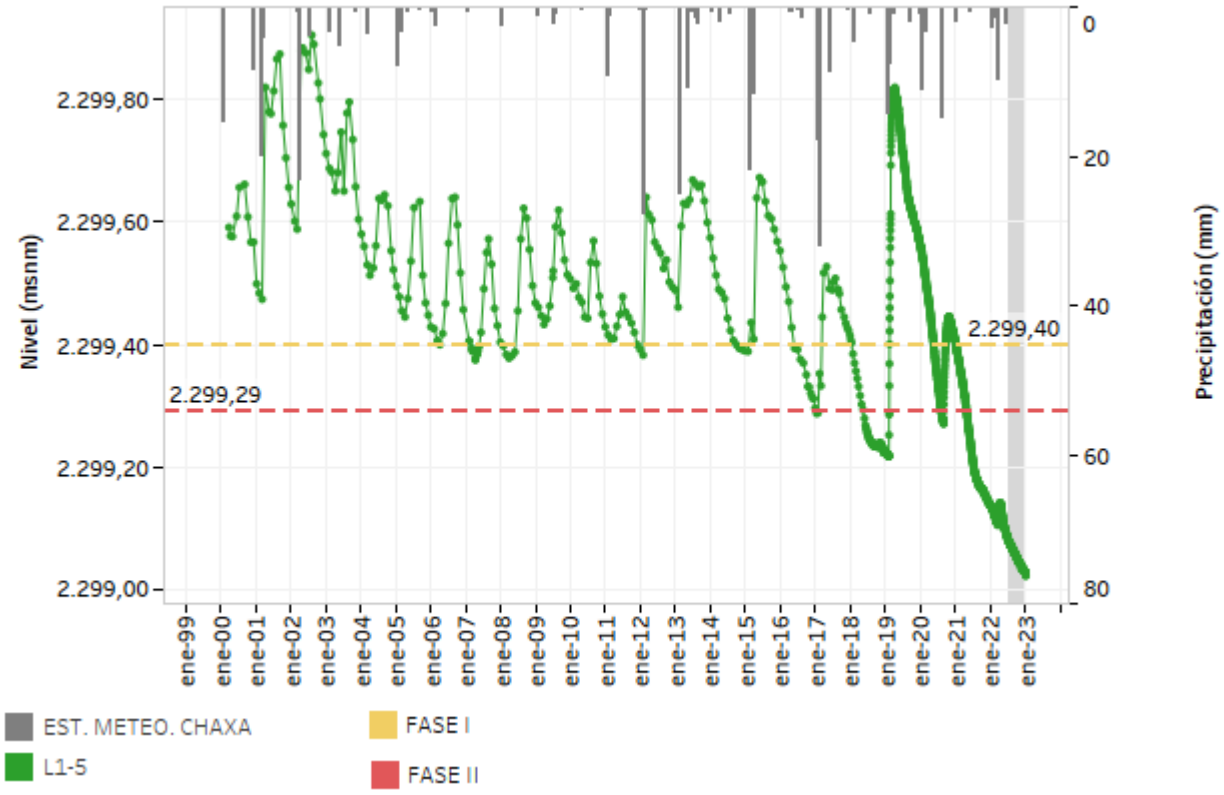
en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros y no al efecto de las extracciones de salmuera efectuado por SQM en el salar, es que se deduce que los actuales indicadores de estado, L1-5 y L1-G4, no son eficaces para anticipar potenciales efectos sobre el sistema objeto de protección producto de las extracciones de salmuera en el núcleo, siendo recomendable establecer una optimización de los indicadores de estado considerando puntos más idóneos para estos efectos.

Figura 6-128: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-129: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

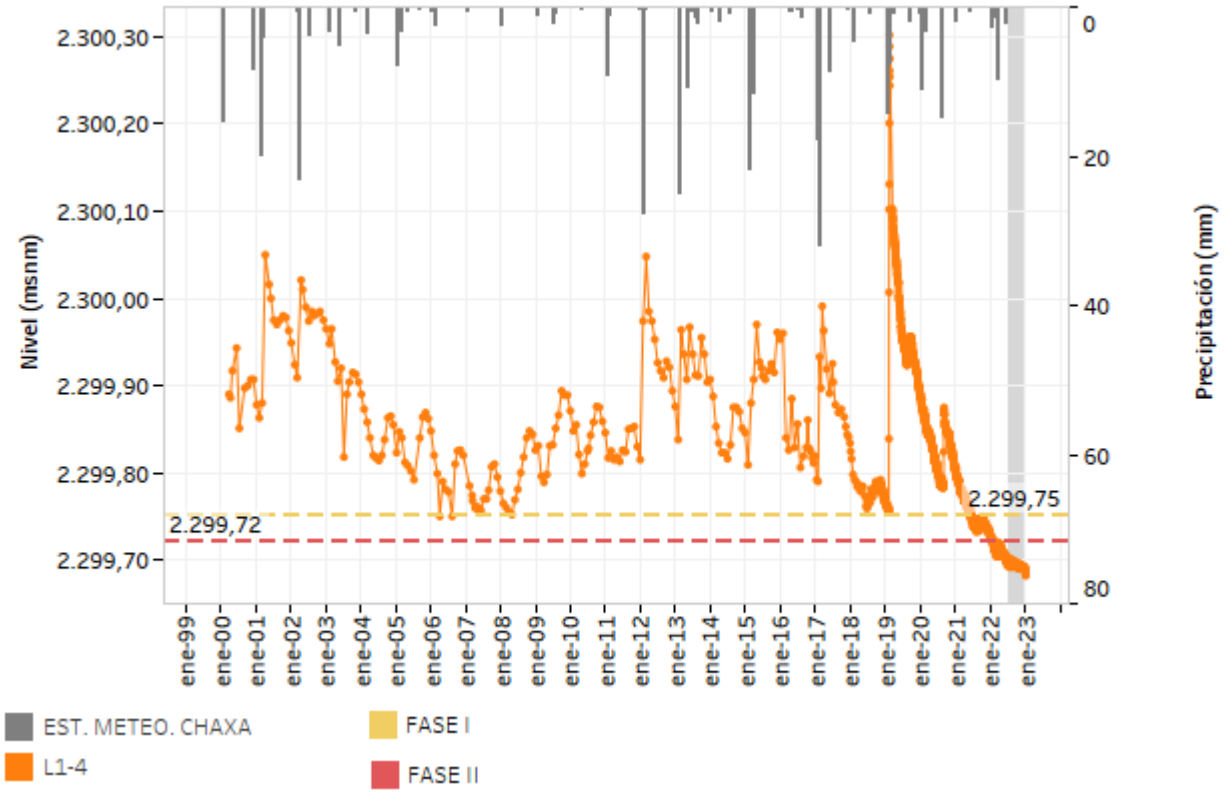
Por su parte, el punto L1-4 (Figura 6-130) se ha analizado en el apartado 6.1.1 (Análisis y discusión de los resultados del sistema Soncor) y se ha podido comprobar que los niveles en este punto muestran un comportamiento propio de la zona marginal (relacionado con la interfaz salina y los ciclos de evaporación), pero con influencia del cuerpo de agua superficial de Barros Negros. Este punto, a partir de 2012, tiene una leve tendencia de descenso cuando se observan los mínimos de las oscilaciones (1,6 cm/año) y se muestra influenciado por la recarga directa de los episodios de lluvia.

Durante el primer semestre de 2021, reproduce la recuperación (descenso) respecto de la precipitación de agosto 2020 y durante este descenso, se ha producido la activación de la Fase I del PC, concretamente el día 5 de junio (2021), este descenso es tal, que durante el día 20 de enero de 2022 se produjo la activación de la Fase II. Dado que 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, como 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 6-130: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia

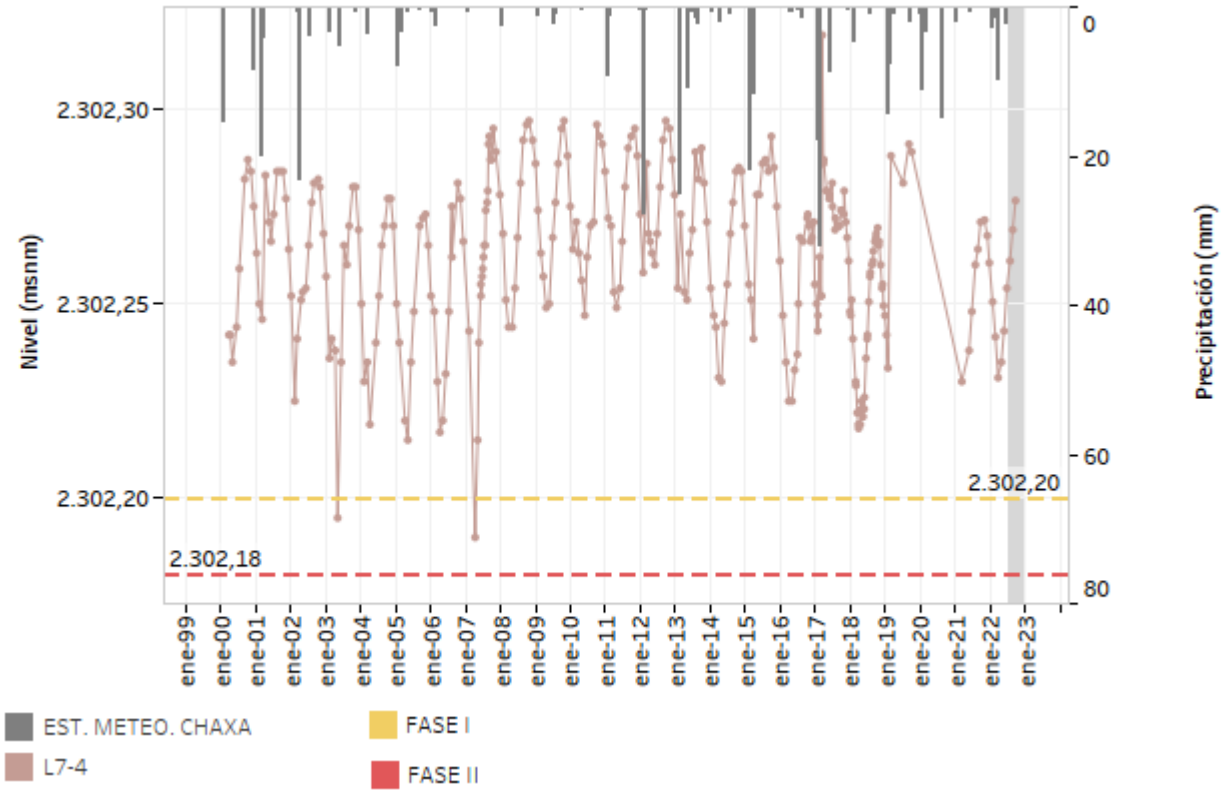


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

El L7-4 (Figura 6-131), que es el indicador de estado de la laguna Puilar, en el apartado 6.1.1 se ha podido comprobar que muestra un comportamiento influenciado por los ciclos de evaporación (propio de los puntos próximos a la interfaz salina) y relacionado con la recarga proveniente del borde este y los episodios de lluvia más intensos.

En este punto se han podido retomar las mediciones desde 2021 hasta el presente, punto que llevaba sin ser visitado desde septiembre de 2019. Las nuevas medidas se encuentran dentro del rango de valores medidos en los años previos, por lo que se mantiene 7 cm por encima del umbral de la Fase I, según la última medición manual de septiembre de 2022.

Figura 6-131: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

6.2.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

El PC del Sistema Aguas de Quelana busca advertir, anticipar y evitar posibles afectaciones sobre los objetos de protección del sistema producto de las actividades que desarrolla SQM en la cuenca. Para este sistema, los objetos de protección corresponden al hábitat para la biota del conjunto de lagunas dispersos del margen este del Salar de Atacama, que quedan dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos de Aguas de Quelana.

Teniendo en cuenta el objeto de protección descrito, para la RCA Nº226/2006 se definieron diferentes indicadores de estado del sistema. Estos indicadores buscan alertar sobre posibles afectaciones provenientes desde dos fuentes: extracciones de salmuera desde el núcleo del salar y bombeo de agua industrial desde Camar-2[66] y Socaire-5. Como indicadores de la influencia de las extracciones del núcleo, se monitorea el nivel de los pozos L3-9, L4-12 y L5-10. Como indicadores del bombeo de los pozos de agua industrial, 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[67] se muestran en la Figura 6-132 junto los umbrales correspondientes. En el análisis efectuado en el apartado 6.1.2 se ha comprobado que estos puntos muestran la dinámica propia de los puntos influenciados por la interfaz salina (oscilaciones estacionales y sin tendencias de descenso-ascenso de los niveles) y la recarga proveniente del borde Este y de los episodios de lluvia.

Destaca el aumento que se ha generado en el nivel del L3-5 motivo de la respuesta al evento de lluvia de 2019. Esto 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

[66] 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.

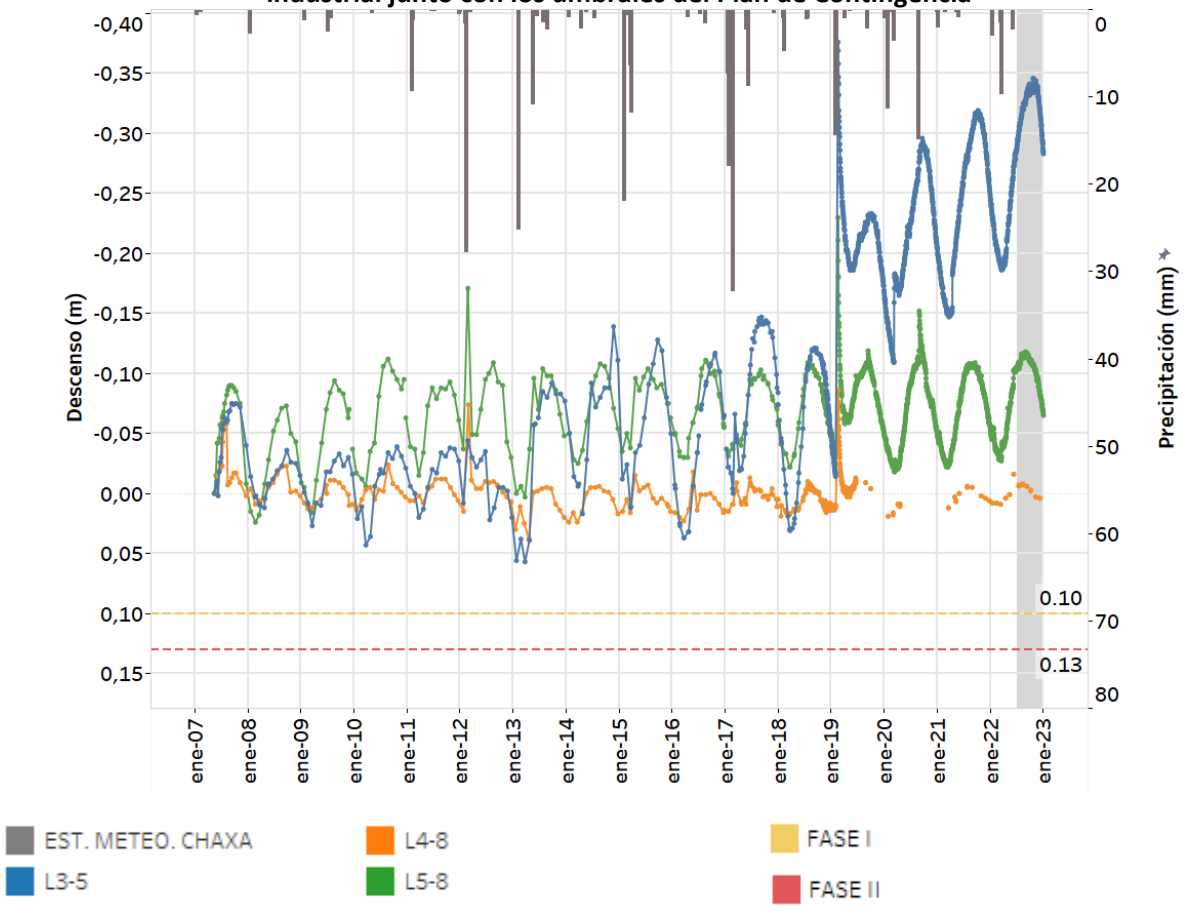
[67] Para este apartado, la fecha de inicio que permite el cálculo del descenso se basa en lo estipulado según la RCA Nº226/2006.

de amplitud muy regular. Durante el segundo semestre 2022 se registra un máximo estacional, por sobre el máximo 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. Al cierre del segundo semestre, en diciembre del 2022 el pozo se encuentra 16,4 cm por encima de la Fase I.

Finalmente, respecto al pozo 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 segundo semestre de 2022 se encuentran dentro del rango de variación histórico.

Figura 6-132: 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



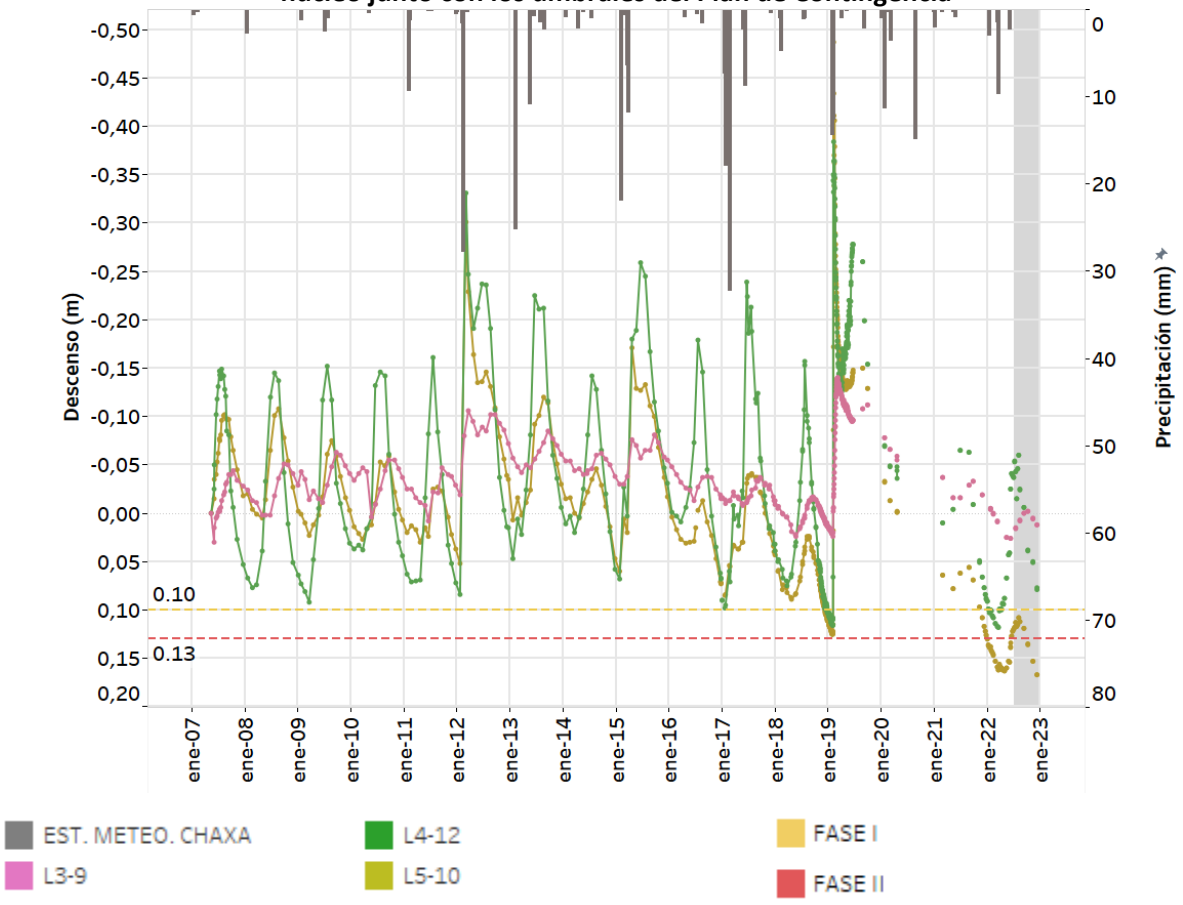
Fuente: Elaboración propia

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 6-133 junto con los umbrales de la Fase I y Fase II. En el apartado de análisis de estos puntos (6.1.2. Sistema Aguas de Quelana – Vegetación Borde Este) 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 registro activación de Fase II durante diciembre 2021, situación reportada en el anterior informe PSAH Nº 30. Posteriormente el primer semestre de 2022 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, el pozo ha recuperado 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 ocurridos durante el primer semestre de 2022 favorece el ascenso de niveles pudiendo alterar la ocurrencia de la superación del umbral de activación de este indicador. Al término del semestre el L4-12 se encontraba 2,1 cm sobre Fase I y a 5,1 cm de Fase II. Del mismo modo, es posible que estos puntos (L3-9, L4-12 y L5-10) se encuentren en etapa de recuperación (descenso) posterior a la lluvia de 2019, junto con su esperada oscilación estacional. Al término del segundo semestre el L4-12 se encontraba a 2,1 cm de la Fase I, el L3-9 a 8,8 cm y el L5-10 a 6,7 cm bajo este umbral.

Figura 6-133: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

6.2.3 SISTEMA BORDE ESTE - VEGETACIÓN HIDROMORFA

El Sistema Vegetación Borde Este cuenta con 3 subsistemas: Vegetación Hidromorfa, Brea-Atriplex y Alerta Temprana. A continuación, se describe cada uno de ellos por separado.

El Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Hidromorfa busca advertir, anticipar y evitar posibles afecciones que puedan producir las extracciones de agua industrial. Para ello, se tiene como indicadores de estado los pozos: L1-17, L2-4, L2-27, L3-5, L7-3 y la Reglilla L4-10.

Los puntos L1-17, L2-4, L2-27 y L7-3 se han analizado junto con los otros puntos del sistema Soncor (apartado 6.1.1) y el punto L3-5 y la reglilla L4-10 en el sistema de Aguas de Quelana (apartado 6.1.2). Todos estos puntos, a excepción del L7-3, se han identificado sus niveles con un comportamiento asociado a la zona marginal, donde los niveles oscilan estacionalmente por los ciclos de evaporación y no muestran tendencia. El L7-3 se ha caracterizado por ser un punto que muestra un comportamiento mixto entre la tendencia de descenso propia del acuífero aluvial (con una tasa propia que a partir de 2012 es de 3 cm/año) y unas oscilaciones características de la zona marginal. Los descensos calculados para estos puntos con respecto los umbrales de Fase I y Fase II se muestran en la Figura 6-134.

En el segundo semestre de 2022 los indicadores L1-17 y L2-27 se encuentran sobre la activación tanto de Fase II como Fase I, respondiendo al comportamiento oscilatorio esperable producto de la estacionalidad. Como ya se ha descrito, los informes de investigación elaborados vinculan el efecto de descensos estacionales debido a la extracción de los pozos de agua industrial como una de las causas, como también abren la duda de si existen otros factores que puedan estar influyendo en este reciente cambio de patrón.

En el indicador L7-3, que se encuentra al norte del sistema Soncor, también se observa una nueva tasa de descenso promedio a partir de 2013, lo que hace que cada año los mínimos alcanzados en la oscilación estacional se encuentren a cotas más bajas. Sin embargo, debe destacarse que en el segundo 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. Esta tendencia se ha observado desde el primer semestre de 2022

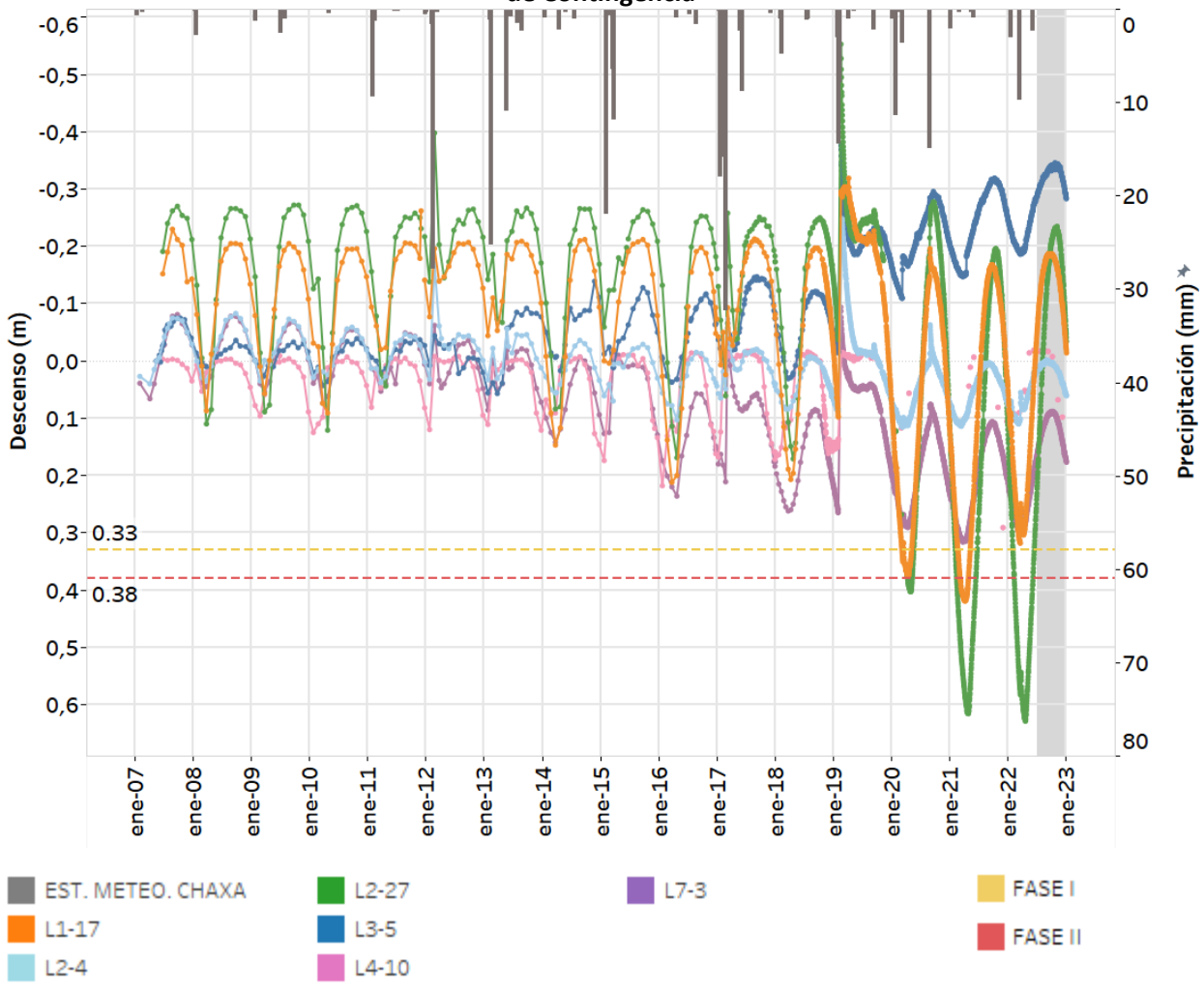
y durante el presente semestre a reportar, sin embargo, será necesario ver cómo siguen los registros de los próximos meses para validar esta tendencia.

Por otro lado, el indicador L3-5 cambió la tendencia de los niveles a partir de la lluvia de 2019, volviéndose ascendente. Lo que hace que cada año el mínimo estacional se encuentre más alejado de las fases el PC; en este segundo semestre de 2022 alcanzó una distancia mínima durante diciembre respecto de la Fase I de 61,2 cm.

El L2-4, se mantiene estable en su comportamiento histórico, en donde se aprecia una oscilación horizontal y sin tendencia; el mínimo estacional alcanzado ocurrido en diciembre del actual semestre reportado se ha situado a 26,9 cm. En el segundo semestre 2022 ha resultado un máximo estacional a una elevación levemente por encima del mínimo del año anterior, de 0,5 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. El nivel mínimo registrado durante diciembre de 2022 se encontraba a 23,2 cm de la Fase I.

Figura 6-134: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

6.2.4 SISTEMA BORDE ESTE - VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX

Los pozos del Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Brea-Atriplex conectada con el acuífero corresponden a los indicadores L7-6, L1-3, L2-7, L2-28, L3-3, L4-7 y L9-1. Si bien los pozos L7-6, L2-7 y L4-7 no se encuentra en una zona de Vegetación Brea-Atriplex (ver Tabla 4-7), sí se ha mantenido su evaluación como indicadores de acuerdo con lo comprometido en la RCA N°226/2006.

Cabe señalar que el pozo L7-6 se definió en la RCA como un pozo del PC para el resguardo del Sistema Vegetación Borde Este - Brea Atriplex. Sin embargo, cuando se ejecutó se verificó que su ubicación no era idónea para el objetivo planteado, manteniéndose su monitoreo como parte del PSAH, pero siendo reemplazado como indicador de contingencia por otros pozos existentes de mayor representatividad (L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25). En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Res. Ex. Nº1/Rol F-041-2016, SQM retoma el monitoreo de dicho pozo como parte del Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este, lo que dio aviso a la autoridad de la activación de Fase I.

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

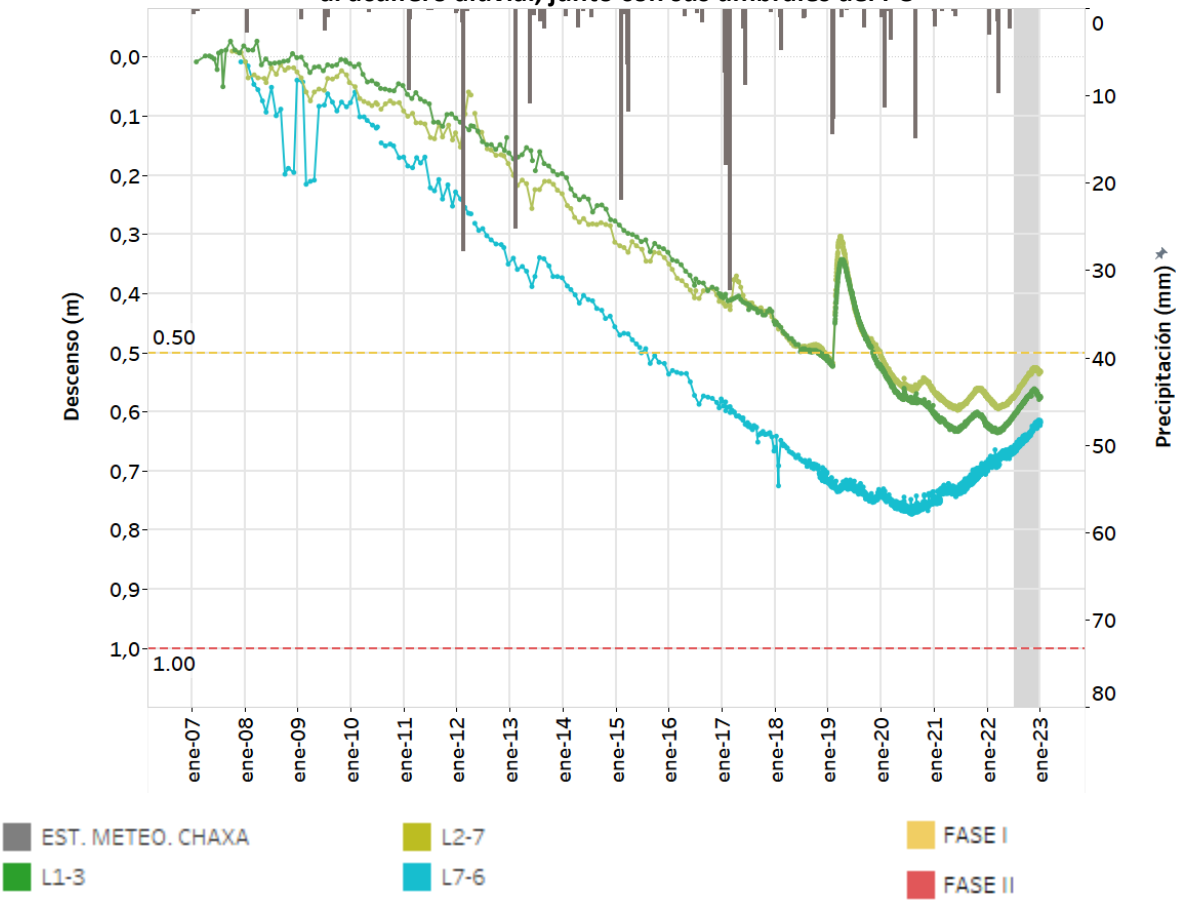
Estos indicadores se han analizado juntamente con los otros puntos del PSAH según el sistema hidrogeológico en el que se encuentran; en el sistema Soncor (6.1.1) se encuentra el análisis de los puntos L7-6, L1-3, L2-7 y L2-28, en el apartado 6.1.2 del sistema Aguas de Quelana está el análisis de los indicadores L3-3 y L4-7, y el L9-1 se ha analizado en el sistema de Vegetación Hidromorfa.

Según estos análisis, los puntos L7-6, L1-3 y L2-7 muestran un comportamiento relacionado con el acuífero aluvial (Figura 6-135); estos puntos presentan niveles descendentes, sin oscilaciones estacionales y sin respuestas a las lluvias, aunque la registrada en febrero de 2019 sí fue sentida por lo puntos L1-3 y L2-7. El L7-6 activó la Fase I en junio de 2015 y en 2019 también lo hicieron los puntos L1-3 y L2-7 (noviembre y

diciembre respectivamente). Todos, dada la pendiente constante de descenso, se mantienen con la Fase I activada de forma permanente.

Se destaca lo observado en el caso del L7-6, que ha pasado de una pendiente de descenso constante a una tendencia de ascenso en el último semestre de 2020, producto posiblemente de la reducción del caudal extraído entre los pozos Mullay-1 y Allana. Durante este semestre también se ha observado un leve cambio en la tendencia descendente (menor pendiente) de los indicadores L1-3 y L2-7, probablemente sea debido también al recién manejo operacional de los mismos pozos de agua industrial.

Figura 6-135: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

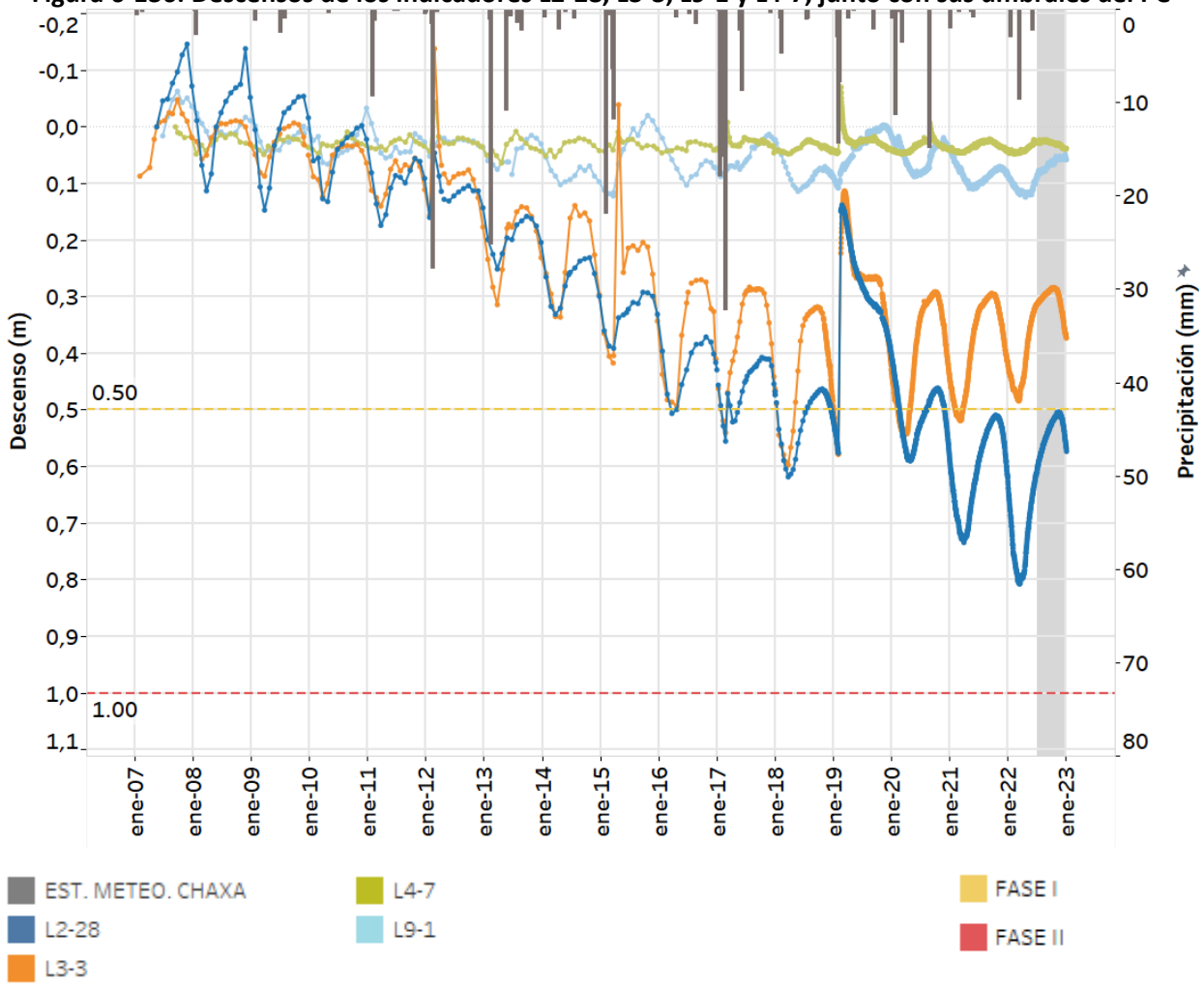
En los puntos L2-28, L3-3 y L9-1 se ha observado que muestran un comportamiento transicional entre el acuífero aluvial y en la zona marginal relacionada con la zona de interfaz salina (Figura 6-136). Se caracterizan por presentar oscilaciones estacionales junto con un descenso promedio de los niveles.

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 año ha estado más próximo al umbral de Fase I, sin embargo, en 2022 no se haya producido la desactivación de la Fase I todavía, incluso al cierre del periodo reportado (diciembre 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 2022, 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 6-136: 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 Nº21/16[68].

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 ha variado el escalón el día 27 de septiembre a las 00:00 hrs.

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

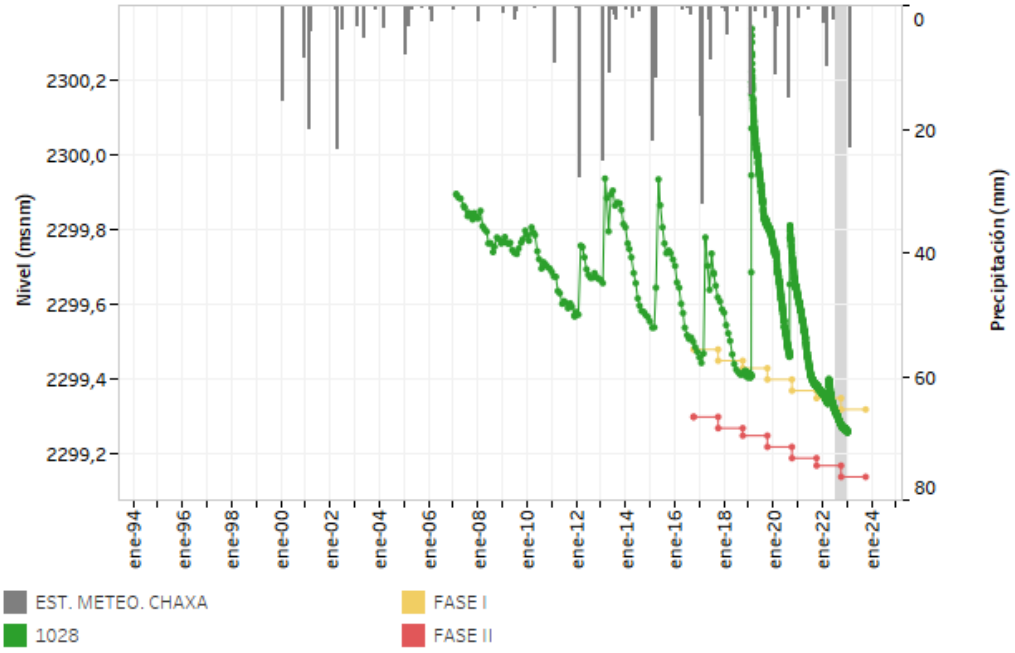
[68] Asimismo, mediante Res. Ex. 1367/2020, de 6 de agosto de 2020, la aplicación de estos umbrales de activación para los indicadores de estado mencionados fue ordenada como medida provisional por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, medida que fue renovada mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020 y Res. Ex. Nº 962/2021, de 30 de abril de 2021.

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 segundo semestre de 2022 continua la activación de Fase I del L10-11, L10-4 y 1028, que han sido descritas con detalle en el apartado 5.2.6. del Sistema Peine. Esto es de esperar dado que, durante el mes de marzo de 2022 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 (mayo 2022), situación continua para los tres indicadores hasta finales de 2022.

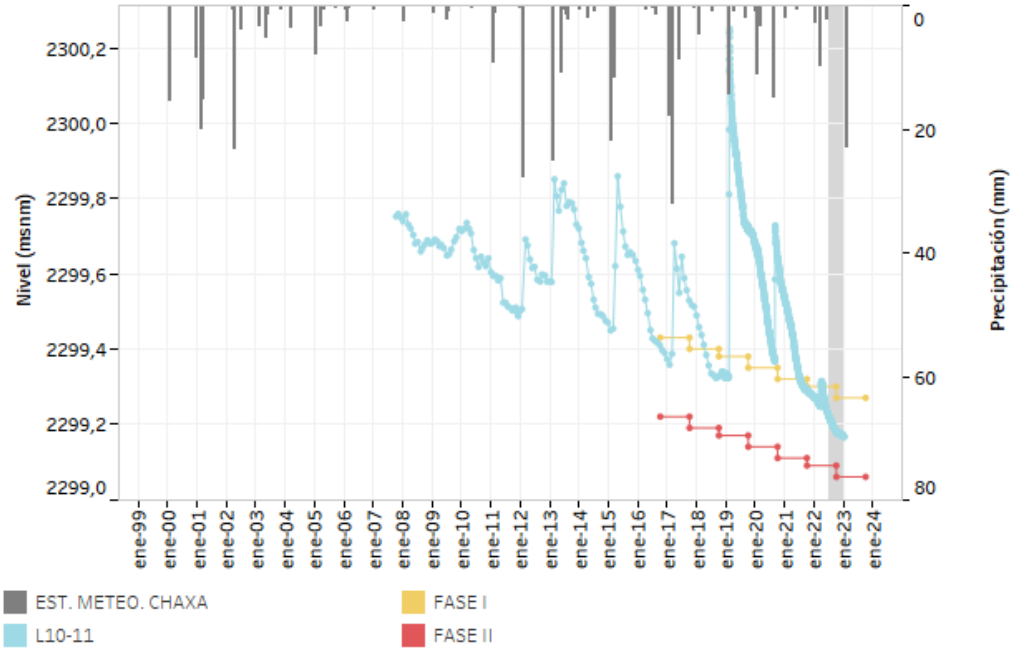
Para todos las activaciones y sucesivas reactivaciones de fase, se ha generado un informe implementando la Herramienta de Verificación de Esta Sinérgico. El propósito, tal y como establece el PAT de Peine, es determinar el % de contribución entre el efecto de la extracción de salmuera por parte de SQM 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 6-137: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



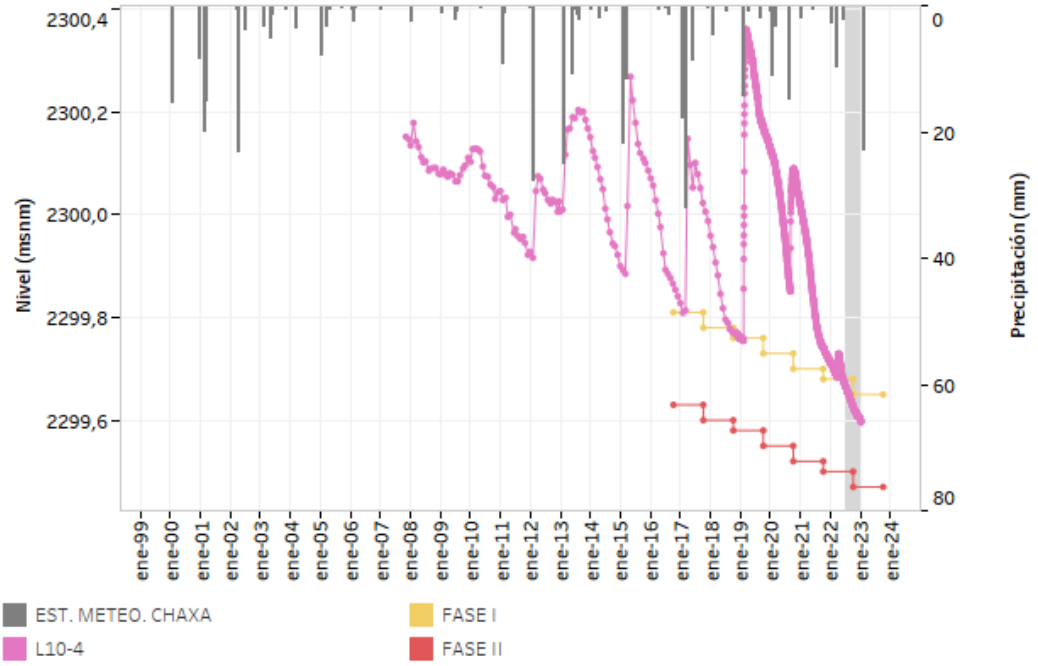
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-138: 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 6-139: 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, en el sistema Aguas de Quelana el L4-3 y L3-11 y en el sistema Vegetación Borde Este el L9-1.

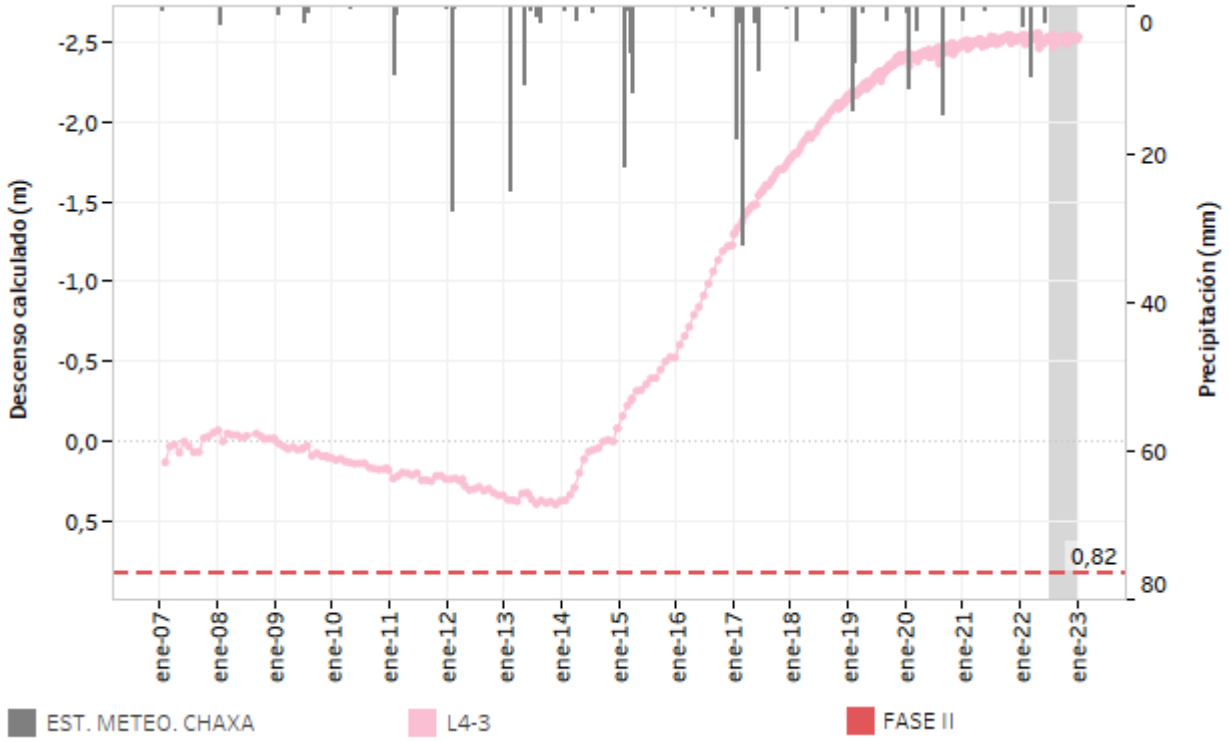
El pozo L4-3 (Figura 6-140) es un pozo singular, pues tal y como se ha descrito, éste cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular sin todavía comprender bien el motivo de este cambio, ya que este patrón no se ha reconocido en los pozos de alrededor. Con el tiempo la pendiente ha ido disminuyendo; para el periodo entre enero 2020 y diciembre 2022 por ejemplo, la pendiente es de 4 cm/año.

El punto L2-25 se encuentra en el extremo oeste del acuífero aluvial y como ya se ha observado, presenta un comportamiento de transición entre éste y la zona marginal (Figura 6-141). Concretamente, este punto muestra un ascenso promedio en su serie histórica. En el marco del Plan de Contingencia se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 1 m. Durante el segundo semestre de 2022 se mantiene estable el comportamiento descrito para este indicador con lo que, al cierre del semestre, este punto se mantiene a más de 93,8 cm por sobre el umbral.

Por su parte, el L7-13 (Figura 6-142) se encuentra en el acuífero aluvial del sistema Soncor y muestra el comportamiento asociado a esta zona; una tasa de descenso constante sin oscilaciones estacionales. En el marco del Plan de Contingencia se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 1,25 m. Del registro histórico se puede ver que el pozo presentaba un descenso constante hasta mediados del 2020, posteriormente el nivel ha disminuido la pendiente de descenso en lo que parece una estabilización de ello, producto posiblemente de la disminución en la extracción del acuífero aluvial. Al cierre del segundo semestre 2022 este indicador se encontraba a 76,2 cm del umbral de Fase II.

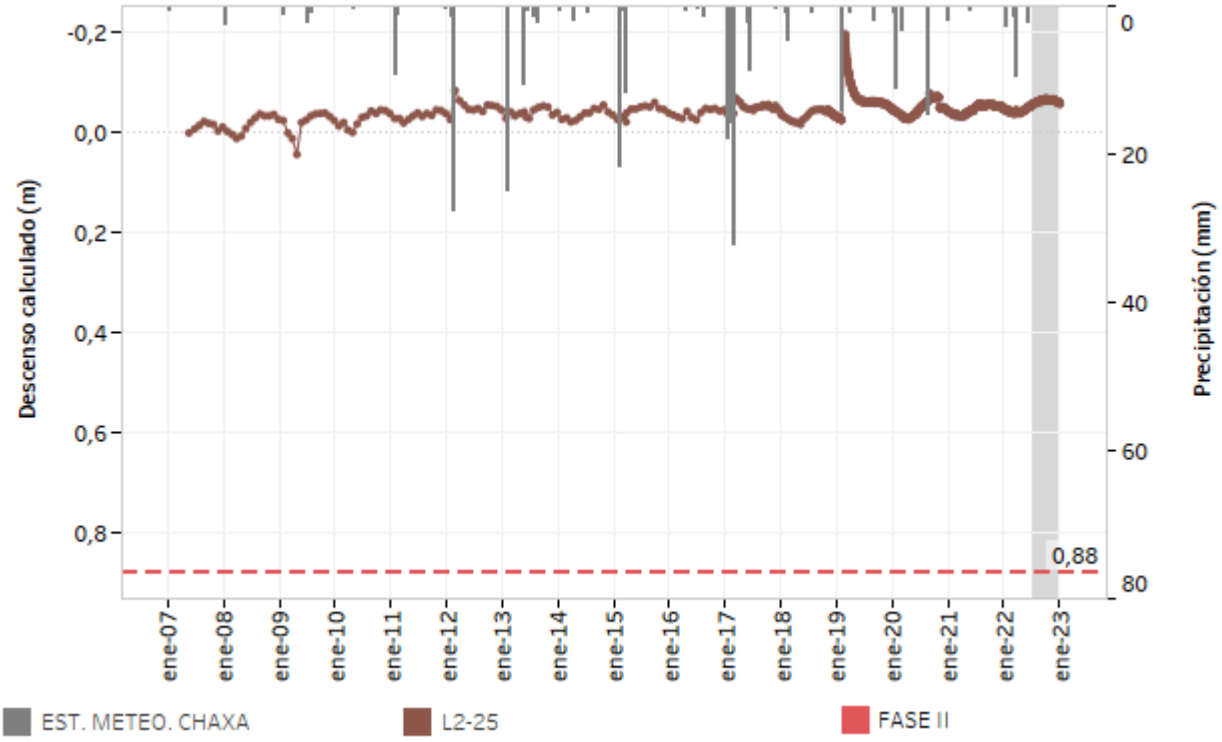
Finalmente, se muestra conjuntamente los puntos L3-11 y L9-1, aunque se encuentren en sectores muy distintos, ya que comparten el mismo umbral (se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 0,86 m) (Figura 6-143); el L9-1 se encuentra en el sistema Vegetación Borde Este en el extremo del acuífero aluvial, mientras que el L3-11 se encuentra en el sistema Aguas de Quelana, en la zona que queda entre la interfaz salina y el núcleo. Esto último hace notar que este punto no es representativo como indicador de estado de la vegetación del borde Este. De todas formas, como compromiso adquirido en la RCA se mantiene este punto dentro del PC. El L3-11 dejó de medirse con regularidad a partir de junio 2019 y durante el segundo semestre de 2022 se ha visitado mensualmente desde julio a diciembre. Los niveles resultantes se encuentran dentro del rango de valores esperados según la data histórica, por lo que se estima que se mantenga el comportamiento descrito para este punto. Al cierre del segundo semestre 2022, este punto se mantiene 81,3 cm por encima del umbral. Asimismo, el indicador L9-1 se muestra oscilante y con una tendencia estable alrededor de la misma cota; al cierre del segundo semestre de 2022 el indicador se encuentra a 80 cm por sobre del umbral.

Figura 6-140: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



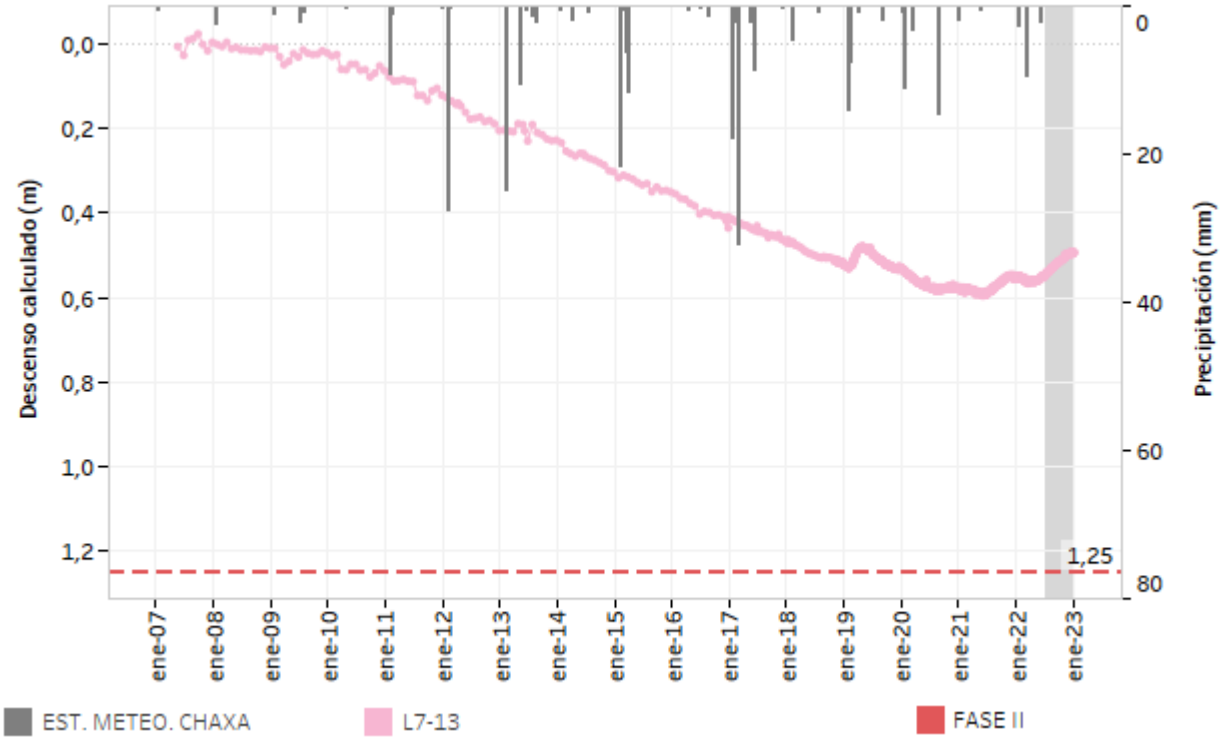
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-141: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



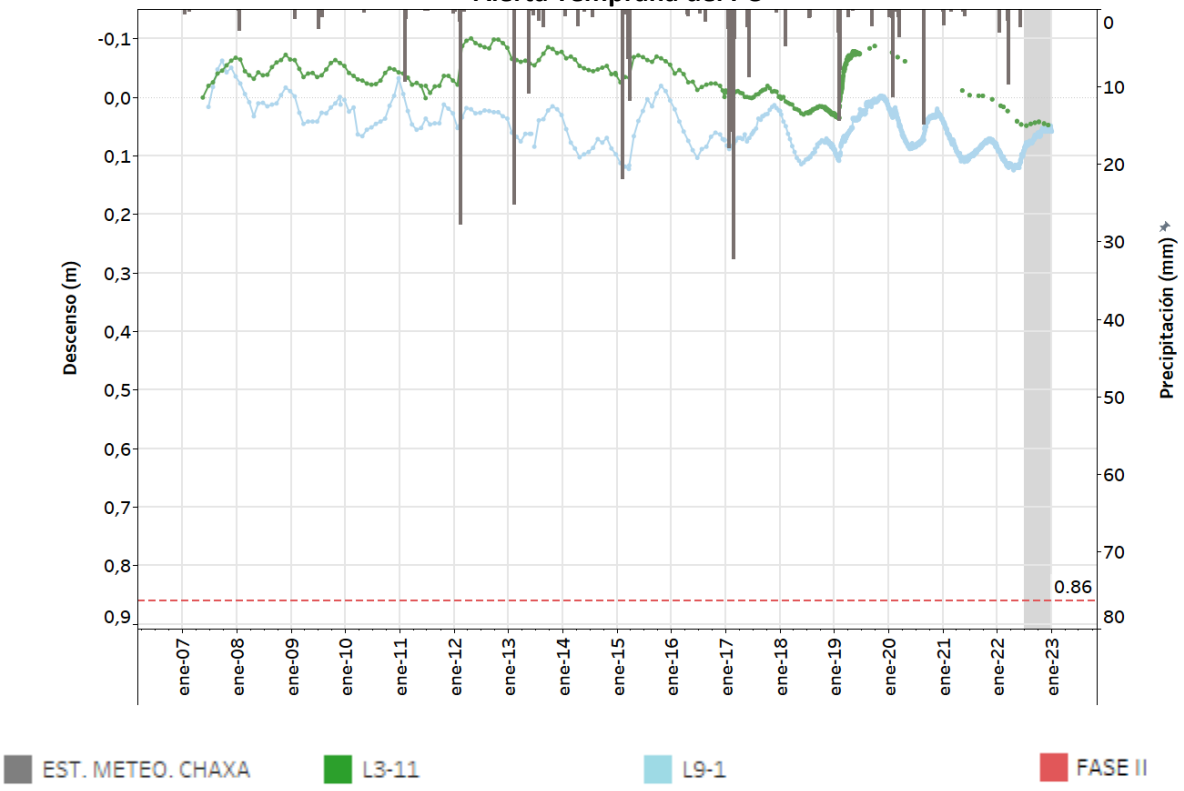
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-142: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-143: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia

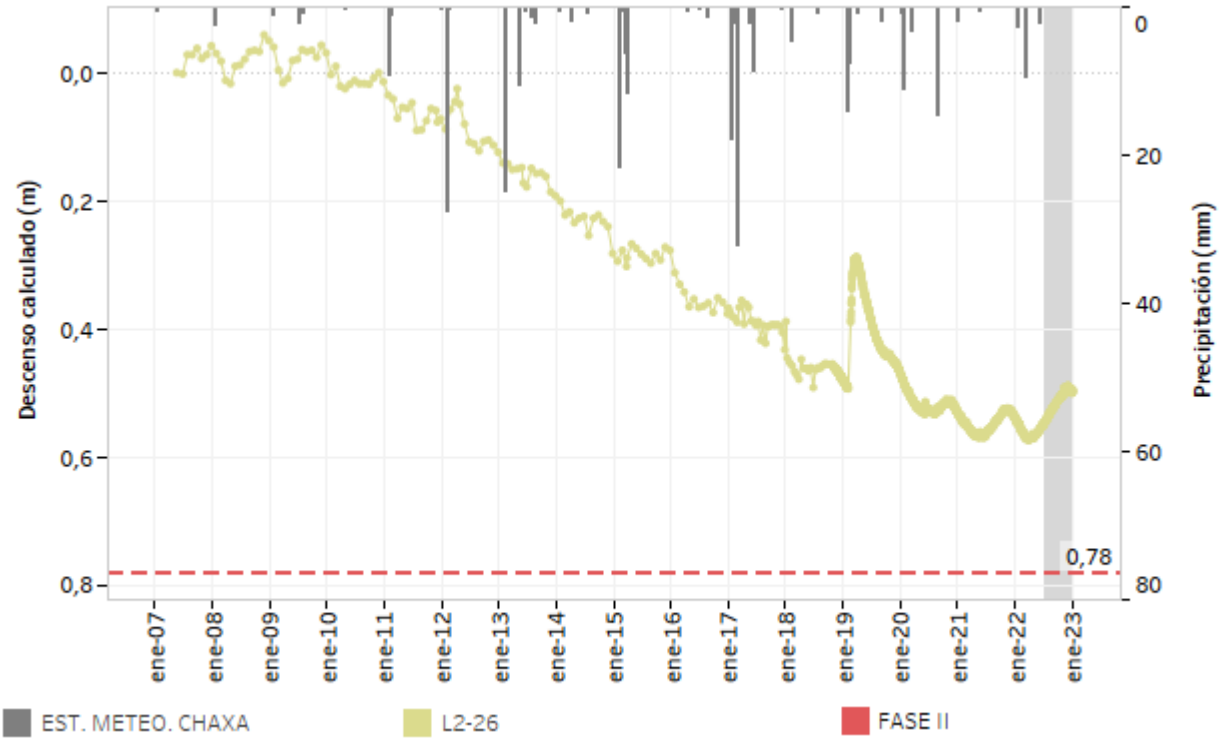
6.2.7 POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIA

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. Durante el segundo semestre de 2022 se registró un máximo estacional mayor al del año anterior llegando a sobrepasar el máximo nivel en 3,5 cm respecto a 2021. Asimismo, el pozo L2-26 se define únicamente el límite para la activación de Fase II. Éste corresponde a un descenso de 0,78 m, el que nunca ha sido superado, así, al término del semestre reportado el ultimo nivel medido en diciembre de 2022 se registró 28,2 cm sobre Fase II.

Figura 6-144: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC

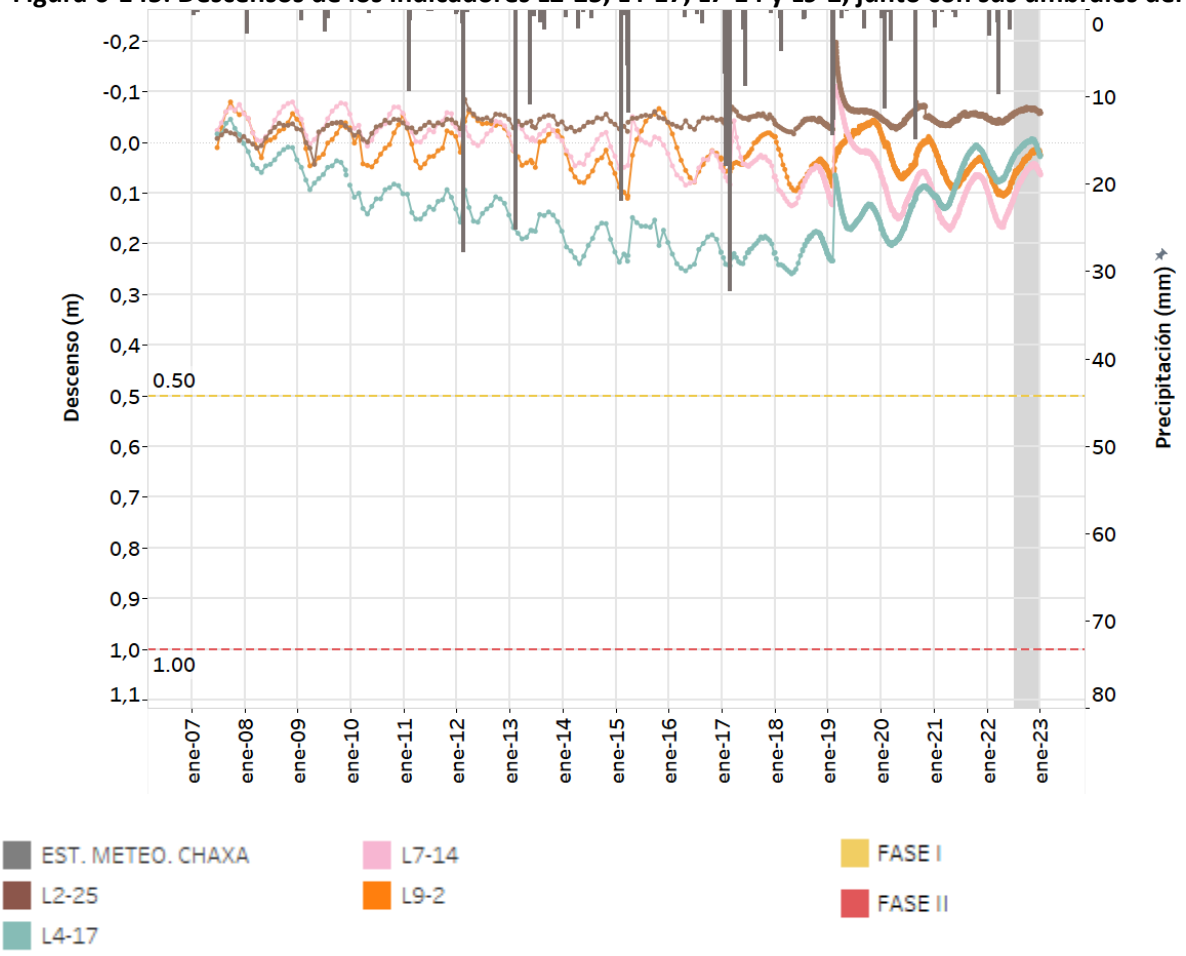


Fuente: Elaboración propia

El resto de los puntos de este grupo muestran una transición entre el acuífero aluvial y la zona marginal. Se muestran en distintos gráficos según el umbral por el que se define el PC; en la Figura 6-145se grafican los descensos históricos del L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 y en la Figura 6-146 el L3-15.

Respecto del primer subgrupo (Figura 6-145), para estos indicadores se asimilaron los límites de activación de Fases del subsistema Vegetación Brea-Atriplex. Así, desde el 2007 hasta la fecha, ningún pozo ha descendido más allá del límite de Fase I. El pozo con mayor tasa de descenso correspondía al L4-17 pero posterior a las lluvias de 2019, el pozo empezó a mostrar una tendencia de ascenso y que se mantiene hasta el segundo semestre de 2022. Parece que este cambio en la tendencia se mantiene con lo que posiblemente sea debido al paro del pozo Camar-2. Al cierre del presente semestre reportado, el indicador que se encuentra más cercano al umbral de Fase I es el L7-14 a una distancia de 43,6 cm sobre esta.

Figura 6-145: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC

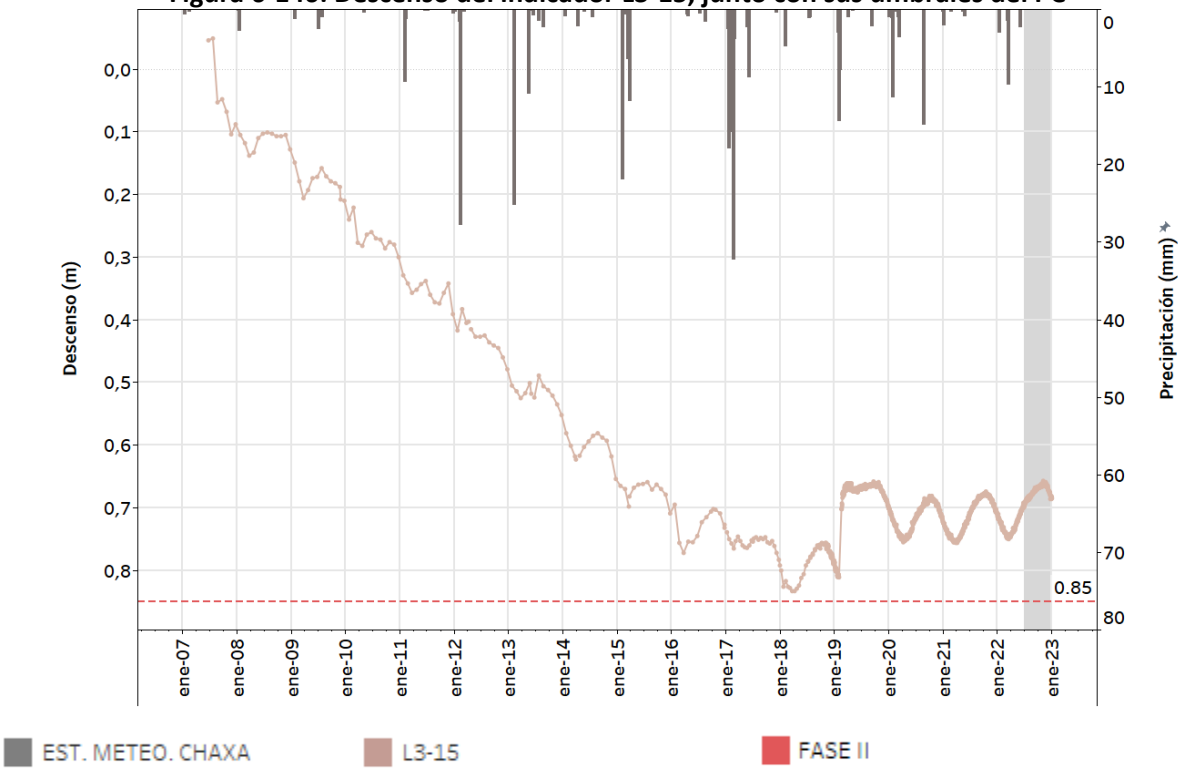


Fuente: Elaboración propia

Con respecto al pozo L3-15 (Figura 6-146), que muestra también un comportamiento mixto entre el asociado a la zona marginal y al acuífero aluvial, se observa que la tasa de descenso del nivel de 6,7 cm/año se ha visto atenuada a partir del año 2018, asociado probablemente a la detención del pozo Camar-2 y a eventos de precipitación como los registrados durante febrero de 2019. Para el pozo L3-15 se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, con un umbral de descenso de 0,85 m, el que no ha sido superado a la fecha. En el actual periodo reportado, y desde el evento de precipitación de 2019, los niveles de este indicador parecen mostrar un cambio con respecto los periodos anteriores; la oscilación estacional se produce sobre cotas más elevadas y, por el momento, no se aprecia tendencia de descenso. Asimismo, durante el segundo semestre de 2022 la medición más somera estacional registro un máximo

histórico posterior a 2019, superando así, los máximos estacionales de 2020 y 2021, esta medida de noviembre se encuentra a una distancia de 19,3 cm sobre Fase II y supera a las mediciones de 2020 y 2021 2,4 cm y 1,7 cm, respectivamente.

Figura 6-146: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

7 CONCLUSIONES

El PSAH asociado a 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 julio hasta el 31 de diciembre del año 2022, se efectuaron campañas de monitoreo de todos los puntos incluidos en el PSAH, de acuerdo con la frecuencia establecida. No obstante, no fue posible obtener resultados en varios puntos de control, debido a las restricciones de acceso, que se registran y especifican en el Capítulo 5 de este informe. La principal causa que ha llevado a esta disminución del volumen de información levantado 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 las zonas sensibles del sistema Peine por parte de su comunidad.

A continuación, se describen las principales conclusiones de las variables de seguimiento y del estado del Plan de Contingencias.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

En general, para el segundo 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.

Los del Tipo Núcleo, influenciados por la extracción de salmuera en el núcleo, han mostrado un pulso de ascenso y posterior recuperación (descenso) producto de la lluvia registrada en agosto (2020). Los de Tipo Aluvial, influenciados por la extracción de agua industrial, han mantenido las tasas de descenso con respecto el anterior semestre, a excepción de aquellos puntos que se ven influenciados por la detención o disminución de los pozos de agua industrial Allana, Mullay-1 y Camar-2. De los puntos influenciados por

los cuerpos de agua superficiales (sistema Soncor y Peine) no se ha podido evaluar el comportamiento actual debido a no disponer de datos suficientes, producto del cierre de la Reserva Nacional Los Flamencos, así como de la denegación de acceso por parte de la Comunidad de Peine. Finalmente, los puntos relacionados con el Tipo Marginal, para el actual semestre, han registrado el máximo estacional esperado para esta época del año, y en algunos casos se han registrado pulsos de ascenso y posterior recuperación producto de la lluvia de agosto, de forma superpuesta al máximo estacional.

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 durante el primer semestre de 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 diciembre 2021, lo cual fue reportado en el informe PSAH Nº 30. En septiembre (2022) se produce nuevamente la activación del indicador (posterior a la de enero 2022). 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.

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 julio sale de Fase I y Fase II cerrando así el segundo semestre de 2022 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 los indicadores de estado se mantienen durante todo el segundo semestre del 2022 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 informe anteriormente reportado (PSAH N°31), se produjo la activación de un segundo indicador en este caso el 1028. Durante el mes de marzo (2022) 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, manteniendo así, a los tres indicadores de Peine activados hasta el final de diciembre de 2022.

Respecto los indicadores de estado PN-05B y PN-08 del PAT Sector Alerta Núcleo de Albermarle, 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, mientras que, en forma posteriormente se observa un incremento de éstas. No obstante, se producen como eventos puntuales de lluvias intensas en algunos años (2012, 2015, 2017, 2019, 2020 y en menor medida durante 2022) por lo que no es un incremento lineal. Durante el periodo a

reportar, no se han registrado eventos de precipitación en las estaciones Chaxa y KCL. Su comportamiento y el registro semestral se manifiesta a lo esperado históricamente.

De la extensión lagunar

Este periodo contempla el levantamiento de información respecto de esta variable mediante estacas perimetrales, las cuales no se han podido llevar a cabo debido a las restricciones de ingreso a los sistemas, bien por encontrarse dentro de la RNF (lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar), o bien por no contar con la autorización de la Comunidad de Peine (lagunas Salada y Saladita).

Para este periodo no se contempla la medición mediante imágenes satelitales de alta resolución, ya que la aplicación de esta técnica tiene una frecuencia anual y se hace coincidir para todos los meses de abril (primer semestre de cada año).

De los caudales de agua superficial

En este periodo de mediciones no ha sido posible acceder a los puntos de aforos durante todos los meses comprometidos; debido a la prohibición de ingreso a RNF para el caso de los puntos Aforo Barros Negros y Puente San Luis y la prohibición de 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 durante todos los meses del segundo semestre de 2022.

En el caso de la medición continua del punto Puente San Luis Aforo, durante este semestre se logró acceder y se prosiguió con la descarga de los datos a excepción del mes de septiembre. Considerar que este punto mostro fallas de sensor durante mayo de 2020 hasta junio del año 2021. Su mejora fue posible ya que se contó con el acceso a la infraestructura y en este sentido, se resalta la necesidad de poder mantener en los siguientes meses, una periodicidad como mínimo mensual para la visita de este punto en concreto, lo que permitirá poder realizar las mantenciones necesarias y detectar a tiempo desviaciones en los instrumentos si es que esta situación se repitiera.

De la calidad química de aguas superficiales y subterráneas

En relación a la calidad físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, y en base a las mediciones y muestras que se han logrado tomar, es posible concluir que la gran mayoría de los parámetros

monitoreados durante el segundo semestre 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 el CA-2015 (Sistema Vegetación Borde Este) y el Socaire-5 (Sistema Aguas de Quelana). Durante el segundo semestre de 2022 se han mantenido por debajo de los límites ambientalmente aprobados.

Del resto, en el Sistema Soncor, el pozo Mullay-1 permanece activo durante este semestre, con caudales inferiores a sus límites ambientales permitidos. Por otra parte, el pozo Allana se mantiene detenido desde marzo del 2021 por decisión de carácter operacional. En el Sistema de Aguas de Quelana, el pozo Camar-2 detuvo sus operaciones a partir de enero de 2018. Durante el primer semestre de 2022 esta bomba se encuentra totalmente desmantelada e informada en el informe PSAH N°30 e informe PSAH N°31. Y finalmente, los pozos Socaire-5 y CA-2015 se mantienen con un régimen de extracción habitual y por debajo siempre del límite permitido.

De la posición de la cuña salina

En el presente semestre de reporte, han podido realizarse los perfiles de conductividad eléctrica de todos los pozos a excepción del mes de noviembre y diciembre de Cuña 7 por no contar con la autorización de la Comunidad de Peine. Respecto de los perfiles se observa que la interfaz se mantiene con un comportamiento estable y sin tendencia en el tiempo.

8 REFERENCIAS

Amphos 21 Actualización del modelo conceptual del sector Soncor, Informe para SQM [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2009a.

Boutt David [y otros] Imbalance in the modern hydrologic budget of topographic catchments along the western slope of the Andes (21-25ºS): implications for groundwater recharge assessment [Journal] // Hydrogeology Journal. - [s.l.] : Springer, 2021. - págs. 985-1007.

Fetter Charles Willard Applied Hydrogeology [Libro]. - New Jersey : Prentice Hall, 2001.

Hidroestudios Informe de investigación Activación fase II indicador de estado L2-27 (marzo 2021) [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2021.

Hidroestudios Informe investigación Activación Fase II L1-17 (marzo 2021) [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2021.

IDAEA-CSIC Informe de Efectividad de Acción [Informe]. - Barcelona : [s.n.], 2018.

IDAEA-CSIC Informe de Investigación producto de la activación del plan de contingencia en los puntos L1-5 y reglilla L1-G4 [Informe]. - Barcelona : [s.n.], 2018.

Marazuela M. A [y otros] 3D mapping, hydrodynamics and modelling of the freshwater-brine mixing zone in salt flats similar to the Salar de Atacama (Chile) [Journal] // Journal of Hydrology 561. - 2018. - págs. 223–235.

SGA Soluciones en Gestión Ambiental Estudio hidrogeológico y modelo numérico Sector Sur del Salar de Atacama (Anexo 1). Estudio de Impacto Ambiental proyecto "Modificaciones del Sistema de Pozas de Evaporación solar en el Salar de Atacama de Rockwood Lithium" [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2015.

SQM INFORME Nº 19 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2016.

Urrutia Javier [y otros] Processes explaining the origin and evolution of groundwater composition in the Andean Precordillera and Altiplano of the Tarapacá Region of northern Chile [Journal] // Science of the Total Environment. - [s.l.] : Elsevier, 2021.

9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES

Antepozo: Tubería metálica o de PVC que protege a un pozo.

Cota piezométrica: Altura del agua/salmuera respecto al nivel medio del mar.

Cota de punto de referencia: Altura del punto de referencia respecto al nivel medio del mar, desde donde se mide el nivel del agua y/o salmuera.

Cota punto: Definición equivalente a Cota de punto de referencia indicada en los Informes N°1 y N°2 de Integrant, 2007.

DGA: Dirección General de Aguas.

Georreferenciación: Proceso que consiste en ligar o relacionar una información geográfica a uno o varios puntos en común.

Limnímetro: Reglilla graduada para medición de nivel.

Salmuera: Solución altamente concentrada en sales, puede estar presente de manera superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a 100.000 mg/L. o análogamente de acuerdo a lo definido en este informe para el Salar de Atacama, con conductividades mayores a 142,9 mS/cm.

Zona de transición: Agua superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos entre 3.000 y 100.000 mg/L. o análogamente, aguas con conductividades entre 2,2 y 142,9 mS/cm.

C.: Registros Continuos de nivel.

LD: Límite de detección.

LM: Límite de medición (superior).

LT: Level Troll (equipo para medición en continuo de niveles basado en sensores de presión hidroestática).

M.C.: Mediciones manuales en pozos con registro Continuo.

m.s.n.m.: Metros sobre nivel medio del mar.

PC: Plan de Contingencias.

PSA: Plan de Seguimiento Ambiental.

PSAH: Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

PSAD56: Datum geodésico o sistema de referencia geodésico provisional sudamericano del año 1956 (Provisional Sudamericano datum 1956).

Remedición: medición que se realiza sobre un punto ya medido previamente, con la finalidad de ratificar el resultado original.

WGS84: sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984.