SQM SALAR S.A.

INFORME Nº27 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO DE 2020

ÍNDICE

1. RESUMEN....23

1.1. SISTEMA SONCOR....27

1.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA....31

1.1. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE....33

1.2. SISTEMA PEINE....35

1.3. SECTOR VEGAS DE TILOPOZO....38

1.4. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA....39

1.5. CUÑA SALINA....40

2. INTRODUCCIÓN....41

3. OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 45

4. MATERIALES Y MÉTODOS....46

4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO....46

4.1.1. Descripción general del área de estudio....46

4.1.2. Descripción de los sistemas objeto del PSAH....46

4.2. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES....51

4.3. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO....53

4.3.1. Sistema Soncor....55

4.3.2. Sistema Aguas de Quelana....62

4.3.3. Sistema Vegetación Borde Este....66

4.3.4. Sistema Peine 69
4.3.5. Sector Vegas de Tilopozo 73
4.3.6. Núcleo del Salar de Atacama 76
4.3.7. Cuña Salina 79
4.3.8. Plan de Contingencias 81
4.4. MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO 86
4.4.1. Monitoreo manual de nivel de agua y salmuera subterránea en piezómetros y pozos86
4.4.2. Monitoreo manual de nivel de agua superficial 88
4.4.3. Monitoreo continuo de nivel de agua subterránea 89
4.4.4. Medición de superficie lacustre 92
4.4.5. Monitoreo de caudal de pozos de bombeo de agua industrial 95
4.4.6. Monitoreo manual de caudal superficial (aforos) 95
4.4.7. Monitoreo continuo de caudal superficial (aforos) 96
4.4.8. Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas 97
4.4.9. Perfilaje de conductividad eléctrica en pozos 104
4.4.10. Medición Meteorología 104
4.5. FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS 105
4.6. INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS 105
4.7. EVENTOS POSTERIORES AL PERÍODO REPORTADO 108
5. RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE DE 2020 111
5.1. MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO 112
5.1.1. Resumen de puntos no visitados 115
5.1.2. Sistema Soncor 120
5.1.3. Sistema Aguas de Quelana 167

5.1.4. Sistema Vegetación Borde Este 197
5.1.5. Sistema Peine 210
5.1.6. Sector Vegas de Tilopozo....223
5.1.7. Núcleo del Salar de Atacama 226
5.1.8. Cuña Salina....238
5.2. MONITOREO Y ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 243
5.2.1. Sistema Soncor 246
5.2.2. Sistema Aguas de Quelana 250
5.2.3. Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa 252
5.2.4. Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex 256
5.2.5. Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana 258
5.2.6. Sistema Peine 263
5.2.7. Pozos adicionales al Plan de Contingencias....267
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS....273
6.1. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS HISTÓRICOS.... 273
6.1.1. Clasificación agua dulce, salobre y salmuera 273
6.2. ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL 276
6.2.1. Sistema Soncor 278
6.2.2. Sistema Aguas de Quelana 349
6.2.3. Sistema Vegetación Borde Este 389
6.2.4. Sistema Peine 398
6.2.5. Sector Vegas de Tilopozo....419
6.2.6. Núcleo del Salar de Atacama 422
6.2.7. Cuña Salina....433

6.3. ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 442

6.3.1. Sistema Soncor 443

6.3.2. Sistema Aguas de Quelana 447

6.3.3. Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa 450

6.3.4. Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex 453

6.3.5. Sistema Borde Este - Alerta Temprana 456

6.3.6. Pozos Adicionales al Plan de Contingencia 461

6.3.7. Indicadores de estado Sistema Peine 464

7. CONCLUSIONES 469

8. REFERENCIAS 474

9. GLOSARIO Y ABREVIACIONES 475

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación esquemática de los sistemas y sectores ambientales del PSA Hidrogeológico 49
Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama 51
Figura 4-3: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH 54
Figura 4-4: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor 56
Figura 4-5:Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente San Luis 62
Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 63
Figura 4-7: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este 67
Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine 71
Figura 4-9: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo 75
Figura 4-10: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama 77
Figura 4-11: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 80
Figura 4-12: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este 84
Figura 4-13: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine 85
Figura 4-14: Esquema conceptual de pozos de monitoreo 88
Figura 4-15: Métodos y frecuencia para la medición de la superficie lagunar en el PSAH 92
Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del Sistema Soncor 125
Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial 126
Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 129
Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros 131
Figura 5-5: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros (1) 136
Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros (2) 137

Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros (1) 139
Figura 5-8: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros (2) 139
Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor 142
Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor 144
Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis 145
Figura 5-12: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el primer semestre de 2020 149
Figura 5-13: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 152
Figura 5-14: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor 156
Figura 5-15: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay y Allana 158
Figura 5-16: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto 161
Figura 5-17: (Continuación) Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros 162
Figura 5-18: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor 164
Figura 5-19: Caudales medidos en el punto Puente San Luis Aforo, del sistema Soncor 166
Figura 5-20: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 170
Figura 5-21: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 170
Figura 5-22: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 173
Figura 5-23: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B 177
Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas 179
Figura 5-25: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas 182
Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 184

Figura 5-27: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal de las reglillas del Sistema Aguas de Quelana 186
Figura 55-28: Superficie histórica del Sistema Aguas de Quelana 187
Figura 5-29: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 190
Figura 5-30: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 193
Figura 5-31: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2 y Socaire-5B 195
Figura 5-32: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana 197
Figura 5-33: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este . 200
Figura 5-34: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este – área del pozo CA-2015 201
Figura 5-35: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 201
Figura 5-36: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 204
Figura 5-37: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 205
Figura 5-38: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015 208
Figura 5-39: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este 209
Figura 5-40: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine 213
Figura 5-41: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine 215
Figura 5-42: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine 219
Figura 5-43: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine 221
Figura 5-44: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 224
Figura 5-45: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 225
Figura 5-46: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo 229
Figura 5-47: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo 231
Figura 5-48: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo 232
Figura 5-49: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el primer semestre de 2020 234

Figura 5-50: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama 236
Figura 5-51: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo 237
Figura 5-52: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina .. 240
Figura 5-53: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio de 2020 242
Figura 5-54: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a junio de 2020 243
Figura 5-55: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 248
Figura 5-56: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 249
Figura 5-57: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 250
Figura 5-58: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 252
Figura 5-59: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa 256
Figura 5-60: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex 258
Figura 5-61: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 260
Figura 5-62: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 261
Figura 5-63: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 262
Figura 5-64: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente 263
Figura 5-65: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine 265
Figura 5-66: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine 266

Figura 5-67: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine 267
Figura 5-68: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex 270
Figura 5-69: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 271
Figura 5-70: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana 272
Figura 6-1: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016..... 275
Figura 6-2: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor .. 280
Figura 6-3: Niveles medidos en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Soncor 282
Figura 6-4: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 283
Figura 6-5: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar..... 284
Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís 285
Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa 286
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros . 287
Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros 288
Figura 6-10: Niveles medidos en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial 290
Figura 6-11: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial 291
Figura 6-12: Niveles medidos en los pozos asociados al comportamiento marginal del sistema Soncor..... 293
Figura 6-13: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal..... 294
Figura 6-14: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L7-10 y L7-11) 295

Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15 y L1-16) 296
Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10) 297
Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-7 y L2-5) 298
Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez 300
Figura 6-19: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez 301
Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1) 304
Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2) 305
Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor 307
Figura 6-23: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor 308
Figura 6-24: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor 310
Figura 6-25: Meteorología Estación Chaxa 312
Figura 6-26: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial) 313
Figura 6-27: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4 315
Figura 6-28: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4 316
Figura 6-29: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5 317
Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6 318
Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3 319
Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5 320
Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3 321
Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6) 322
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14 323
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla 324

Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1 325
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1 328
Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana 331
Figura 6-40: Diagrama de Piper para los puntos Mullay y Allana 334
Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto 336
Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa 338
Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros 341
Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar 344
Figura 6-45: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor 346
Figura 6-46: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros 347
Figura 6-47: Registro de mediciones de aforo en el sistema Soncor 348
Figura 6-48: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana 350
Figura 6-49: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana 351
Figura 6-50: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial 352
Figura 6-51: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana 353
Figura 6-52: Descensos calculados de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial 354
Figura 6-53: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana 355
Figura 6-54: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13) 357
Figura 6-55: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3) 358
Figura 6-56: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L4 y L14) 359
Figura 6-57: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5) 360

Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13) 361
Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3) 362
Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14) 363
Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4) 364
Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5) 365
Figura 6-63: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana 366
Figura 6-64: Superficie histórica del Sistema Aguas de Quelana 367
Figura 6-65: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial) 369
Figura 6-66: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3 371
Figura 6-67: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6 372
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8 373
Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9 374
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12 375
Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3 376
Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 377
Figura 6-73 (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 378
Figura 6-74(Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 379
Figura 6-75: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10 381
Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2 382
Figura 6-77(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 383
Figura 6-78(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 384
Figura 6-79: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B 385
Figura 6-80(Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 386
Figura 6-81(Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10 387

Figura 6-82: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B 389
Figura 6-83: Niveles medidos en el pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este 390
Figura 6-84: Niveles medidos en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este . 391
Figura 6-85: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este 392
Figura 6-86: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial) 393
Figura 6-87: 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) 395
Figura 6-88 (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) 396
Figura 6-89 (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) 397
Figura 6-90: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017) 398
Figura 6-91: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine 400
Figura 6-92: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo 401
Figura 6-93: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine 402
Figura 6-94: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine 403
Figura 6-95: Superficie histórica de las lagunas del sistema Peine 404
Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1 407
Figura 6-97: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4 408
Figura 6-98: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028 409
Figura 6-99: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada 410
Figura 6-100 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada 411
Figura 6-101(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada 412
Figura 6-102: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita 413
Figura 6-103 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita ... 414

Figura 6-104: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna 415
Figura 6-105 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna 416
Figura 6-106: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10% 417
Figura 6-107: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna 418
Figura 6-108: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine 419
Figura 6-109: Niveles medidos en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo 420
Figura 6-110: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo 421
Figura 6-111: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 422
Figura 6-112: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar 423
Figura 6-113: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle 424
Figura 6-114: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle. Detalle para los puntos 2040, E-101 y M1-C 425
Figura 6-115: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar. 426
Figura 6-116: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar 427
Figura 6-117: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar 428
Figura 6-118: Estación meteorológica KCL 6-430
Figura 6-119: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C 432
Figura 6-120: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001 432
Figura 6-121: Niveles medidos en los pozos que miden la cuña salina 434
Figura 6-122: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1) 435
Figura 6-123: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 2) 435
Figura 6-124: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este) 438
Figura 6-125: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este) 440

Figura 6-126: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste) 441
Figura 6-127: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia 444
Figura 6-128: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia .. 445
Figura 6-129: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia .. 446
Figura 6-130: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia .. 447
Figura 6-131: 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..... 449
Figura 6-132: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia 450
Figura 6-133: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia 453
Figura 6-134: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC 455
Figura 6-135: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC 456
Figura 6-136: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 458
Figura 6-137: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 459
Figura 6-138: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia..... 460
Figura 6-139: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC 461
Figura 6-140: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC 462
Figura 6-141: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC 463
Figura 6-142: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC 464
Figura 6-143: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine 466

Figura 6-144: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine 467
Figura 6-145: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine 468

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe 44
Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia 44
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección 50
Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH 52
Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor 57
Tabla 4-4: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 61
Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 64
Tabla 4-6: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 66
Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este 68
Tabla 4-8: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 69
Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del Sistema Peine 72
Tabla 4-10: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 73
Tabla 4-11: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo 76
Tabla 4-12: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama 78
Tabla 4-13: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 79
Tabla 4-14: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 81
Tabla 4-15: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua 81
Tabla 4-16: Piezómetros Indicadores de Estado del Plan de Contingencia 83
Tabla 4-17: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 90
Tabla 4-18: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado 97
Tabla 4-19: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 99
Tabla 4-20: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas 99
Tabla 4-21: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales 100
Tabla 5-1: Resumen de autorizaciones a RNF 117
Tabla 5-2: Puntos no visitados por la ETFA en abril 2020 por los efectos de la pandemia 118

Tabla 5-3: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor por una ETFA 121
Tabla 5-4: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor 124
Tabla 5-5: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar 128
Tabla 5-6: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros 130
Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa 132
Tabla 5-8: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez 134
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros 138
Tabla 5-10: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector norte 140
Tabla 5-11: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor 141
Tabla 5-12: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor 143
Tabla 5-13: Registro de niveles en reglillas del Sistema Soncor – subsector del Puente San Luis 145
Tabla 5-14: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor 147
Tabla 5-15: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa 148
Tabla 5-16: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor 151
Tabla 5-17: Resultados calidad del agua Sistema Soncor primer semestre de 2020 155
Tabla 5-18: Resultados calidad del agua en pozos de extracción para el primer semestre de 2020 157
Tabla 5-19: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto 160
Tabla 5-20: Resultados validación Soncor 163
Tabla 5-21: Caudales manuales resultantes (aforos) en Sistema Soncor 165
Tabla 5-22: Superficie lacustre primer semestre de 2020 167
Tabla 5-23: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana 167
Tabla 5-24: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 169
Tabla 5-25: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 172

Tabla 5-26: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B 175
Tabla 5-27: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas 178
Tabla 5-28: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas 180
Tabla 5-29: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana 183
Tabla 5-30: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana 185
Tabla 55-31: Superficie total del sistema Aguas de Quelana con imágenes satelitales 187
Tabla 5-32: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana 189
Tabla 5-33: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana 192
Tabla 5-34: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B, Camar-2 y L4-10 .. 194
Tabla 5-35: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana 196
Tabla 5-36: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Vegetación Borde Este 198
Tabla 5-37: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este 199
Tabla 5-38: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este 203
Tabla 5-39: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este 205
Tabla 5-40: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015 207
Tabla 5-41 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este. 209
Tabla 5-42: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine 210
Tabla 5-43: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine 212
Tabla 5-44: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine 214
Tabla 5-45: Tabla 5-46: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine 216
Tabla 5-47: Resultados calidad del agua pozo 1028 primer semestre de 2020 218
Tabla 5-48 Resultados de la validación en el sistema Peine. 220
Tabla 5-49: Resultados aforos manuales Saladita y Salada 222
Tabla 5-50: Superficies lacustres primer semestre de 2020 222
Tabla 5-51: Resumen de puntos no visitados en el sector de Vegas de Tilopozo 223
Tabla 5-52: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo 224
Tabla 5-53: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo 225
Tabla 5-54: Resumen de puntos no visitados en el núcleo del Salar de Atacama 226

Tabla 5-55: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo 228
Tabla 5-56: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo 230
Tabla 5-57: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo 232
Tabla 5-58: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL 233
Tabla 5-59: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama 235
Tabla 5-60: Resumen de puntos no visitados para los puntos de seguimiento de cuña salina 238
Tabla 5-61: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina 239
Tabla 5-62: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno 243
Tabla 5-63: Estado del Plan de Contingencias 245
Tabla 5-64: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes 247
Tabla 5-65: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes 251
Tabla 5-66: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del 255
Tabla 5-67: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este- Vegetación Brea-Atriplex 257
Tabla 5-68: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes 259
Tabla 5-69: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine 265
Tabla 5-70: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias 268
Tabla 5-71: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este 269
Tabla 6-1 Rangos según SDT para definición de agua dulce, transición y salmuera. 274
Tabla 6-2 Clasificación de tipos de agua en base a TSD, CE y Densidad. 275
Tabla 6-3: Superficie total de los sistemas lacustres de Soncor con imágenes satelitales 310
Tabla 6-4: Superficie total del sistema Aguas de Quelana con imágenes satelitales 368
Tabla 6-5: Superficie total de los sistemas lacustres de Peine con imágenes satelitales 405
Tabla 6-6: Tramos ranurados en puntos con medición de perfil de CE 436

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 3.2	*Certificados calibración Level troll (LT)*	pdf
Anexo 4	**INFORMES ETFA**	pdf
Anexo 5	**COMUNICACIONES, ORDINARIOS Y RESOLUCIONES**	
Anexo 5.1	*Gestión ingreso a RNF*	pdf
Anexo 5.2	*Gestión ingreso a Sistema Peine*	pdf
Anexo 5.3	*Cartas informativas activación de fase*	pdf
Anexo 5.4	*Cartas de comunicación de incidencias*	pdf
Anexo 5.5	*Resoluciones*	pdf
Anexo 6	**NIVEL AGUA SUBTERRÁNEA y SUPERFICIAL**	
Anexo 6.1	*Niveles formato RES.894*	.xls
Anexo 6.2	*Informe de Investigación: activación Fase II L2-27*	pdf
Anexo 7	**CALIDAD QUÍMICA**	
Anexo 7.1	*Informes de laboratorio*	pdf
Anexo 7.2	*Comunicaciones con el laboratorio*	pdf
Anexo 7.3	*Calidad de Agua resultante formato RES. 894*	.xls
Anexo 7.4	*Informe sobre corrección en perfiles CE (diciembre 2018-junio 2019)*	pdf
Anexo 8	**CAUDAL AGUA INDUSTRIAL** *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 9	**CAUDAL AGUA SUPERFICIAL** *(formato RES. 894)*	.xls
Anexo 10	**EXTENSIÓN LAGUNAR**	
Anexo 10.1	*Informe análisis imagen satelital sistemas Soncor-Peine*	pdf
Anexo 10.2	*Antecedente de informe análisis imagen satelital sistema Quelana*	pdf
Anexo 10.3	*Resultados extensión lagunar*	pdf
Anexo 11	**VARIABLES METEOROLOGICAS**	
Anexo 11.1	*Informes para el relleno de series*	pdf
Anexo 11.2	*Resultados variables meteorológicas*	pdf
Anexo 12	**ESTRATIGRAFIA Y HABILITACIÓN DE PIEZÓMETROS Y POZOS**	pdf
Anexo 13	**INDICADORES, UMBRALES Y MEDIDAS APLICABLES AL SISTEMA PEINE**	
Anexo 13.1	*Anexo 4.1 del PdC: Definición de umbrales de activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine*	pdf
Anexo 13.2	*Anexo 4.2 del PdC: Definición de medidas de control frente a activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine*	pdf
Anexo 13.3	*Anexo 4.3 del PdC: Monitoreo Plan de Contingencia Ambiental*	pdf

1. RESUMEN

Mediante el presente informe se reporta y analiza la información del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) que se realiza en el Salar de Atacama, para el período enero-junio de 2020, de acuerdo con los compromisos establecidos en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) Nº226/2006, cuyo titular es SQM Salar S.A. Dichos compromisos han sido actualizados y ampliados en el Programa de Cumplimiento (PdC) en actual evaluación[1] en el marco del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) [2].

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

[1] A la fecha de presentación de este informe, se ha ingresado con fecha 30 de noviembre de 2020 ante la Superintendencia del Medio Ambiente un nuevo Programa de Cumplimiento refundido que aborda las observaciones contenidas en la Res. Ex. N°29/Rol F-041-2016. Esta propuesta se encuentra pendiente de resolución por parte de la autoridad.

[2] Asimismo, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad de parte de las acciones incluidas en el programa de cumplimiento propuesto por SQM Salar S.A., en los términos que se explican en la sección 4.7.

(subterránea y superficial) con el objetivo de entender su funcionamiento y evaluar si se detectan desviaciones respecto de las condiciones naturales históricamente observadas. 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;
- 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.

Los acuíferos asociados 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 acuífero de salmuera, que se encuentra en el núcleo del Salar. El contacto entre los dos tipos de fluido se da en la zona marginal del Salar, donde debido al contraste de densidades entre la salmuera y el agua dulce/salobre, esta última asciende, elevándose 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 ubica 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. En el período reportado, el proyecto se encuentra en el cuarto escalón, con una extracción total de 1.600 L/s.

Como se señaló anteriormente, uno de los objetivos del PSAH es proveer información para operar el PC, el cual está orientado a dar respuesta pronta y oportuna frente a comportamientos no previstos.

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 10 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:

Fase I: Alerta Temprana → aumento de la frecuencia de medición

Fase II: Medidas de Contingencia → reducción extracción de agua/salmuera

En la sección 4.3.8 se identifican los indicadores de estado que componen el PC, mientras que en las secciones 5.2 y 6.3 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, la frecuencia de medición de los indicadores de estado del PC pasó de mensual a diaria. No obstante, para aquellos indicadores que se encuentran dentro de la Reserva Nacional los Flamencos, la frecuencia de monitoreo se debe ajustar a lo indicado en el protocolo de ingreso aprobado por la resolución Nº 56/2019, de CONAF de la Región de Antofagasta.

Finalmente, debido al requerimiento establecido en el PdC, a partir de octubre de 2018, SQM incluye en el PC del Sistema Peine los indicadores de estado PN-05B y PN-08A del PAT del Proyecto “Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama” de Albemarle, junto con los indicadores de estado de SQM, 1028, L10-11 y L10-4. La reportabilidad 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 propiedad de SQM.

Es necesario mencionar que las mediciones para este primer semestre de 2020 de los indicadores de estado definidos han evolucionado, en términos generales, de acuerdo con lo esperado. Lo indicado, sin perjuicio de lo que se indica en el apartado 4.7 de este informe.

A modo de resumen, para el presente periodo reportado (enero 2020 a junio 2020) se ha registrado una activación y posterior desactivación de Fase II (correspondiente a Vegetación Hidromorfa) y para Fase I, la activación de ocho indicadores (de los 37 que conforman el PC), correspondientes al sistema Soncor y a Vegetación Brea-Atriplex e Hidromorfa, adoptándose en todos los casos las acciones de control comprometidas:

i. **L1-5**; Activa Fase I en mayo de 2020 y se mantiene hasta el final del periodo reportado
ii. **Reglilla L1-G4**; Activa Fase I en marzo de 2020 y se mantiene hasta el final del periodo reportado
iii. **L1-17**; Activa Fase I en marzo de 2020 y se desactiva en mayo de 2020
iv. **L2**-**27**; Activa Fase I y II el 01 y 08 abril 2020 respectivamente; se desactiva la Fase II el 07 de mayo 2020 y la Fase I, el 19 de mayo 2020
v. **L3**-**3**; Activa Fase I en febrero de 2020 y se desactiva en abril de 2020
vi. **L7-6**; Activó la Fase I en junio de 2015 y así se ha mantenido durante todo el periodo reportado.
vii. **L1-3**; Activó la Fase I en noviembre de 2019 y así se ha mantenido durante todo el periodo reportado.
viii. **L2-7**; Activó la Fase I en diciembre de 2019 y así se ha mantenido durante todo el periodo reportado.
ix. **L2-28**; Activa Fase I en febrero de 2020 y se mantiene hasta el final del periodo reportado.

El resto de las variables monitoreadas muestra un comportamiento estable, sin presentar variaciones relevantes salvo situaciones puntuales que no reflejarían un comportamiento de tendencia de largo plazo del sistema.

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

1.1. SISTEMA SONCOR

El sistema Soncor se encuentra en la zona marginal del salar y su monitoreo hídrico de control abarca parte de la zona aluvial, zona marginal y zona del núcleo. En esta zona marginal existen

las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar (objetos de protección del PC) y el canal Burro Muerto. Las lagunas Chaxa y Barros Negros son recargadas principalmente a través de agua superficial que proviene de las nacientes ubicadas al norte y norteste del Salar de Atacama a través del canal Burro Muerto y, en menor proporción, por recarga subterránea proveniente del acuífero existente en la zona aluvial del borde Este. En esta zona aluvial el titular dispone de dos pozos de bombeo de agua industrial, los pozos Mullay-1 y Allana.

Del plan de contingencias

En cuanto al presente periodo de estudio, los niveles observados en los indicadores L1-G4 y L1-5 continuaron con el cambio de comportamiento que se ha observado desde el año 2012, pasando de una oscilación estacional a una tendencia estable (sin descenso u ascenso), a un periodo en que los niveles sufren ascensos repetidos influenciados por eventos de precipitación, acompañado de una tendencia al descenso. Lo anterior se verifica toda vez que, durante el semestre objeto de este informe, los indicadores L1-5 y L1-G4 activaron Fase I y en agosto de 2020[3], alcanzaron la Fase II del PC[4].

Cabe señalar que los resultados de los análisis durante la etapa de investigación efectuada con motivo de la activación de Fase II de 2018 en los indicadores de estado L1-G4 y L1-5, 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 efectuadas por SQM en el núcleo del Salar.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

En términos generales, el comportamiento hidrogeológico del sistema Soncor se ha mantenido estable durante el presente periodo. Los niveles en la zona Aluvial del sistema Soncor responden, de acuerdo con lo esperado, a las operaciones en los pozos Mullay-1 y Allana. Cabe indicar que

[3] Materia del Informe PSAH N°28.

[4] Dicho evento fue informado de forma oportuna y también se hizo entrega del informe de investigación asociado.

en esta zona ya existía una tendencia al descenso en los niveles de agua previa al inicio del proyecto, lo que podría ser explicado por la preexistencia de un balance hídrico natural deficitario del sistema (descargas > recargas)[5].

Los puntos de control ubicados en la zona marginal de este sistema mantienen su variación histórica estacional, con máximos en invierno y mínimos en verano con cierta influencia de las extracciones de agua industrial del proyecto.

Respecto los indicadores de estado del sector de descarga Cola de Pez se tiene que sus niveles se encontraban regidos por los eventos de desborde de la laguna de Barros Negros. Los cambios naturales evidenciados el año 2012, cuando el mecanismo de descarga principal existente hacia Cola de Pez fue reemplazado por un desborde que ocurre hacia el sur, generaron una modificación en el comportamiento de los niveles del sector. Producto de esto, la oscilación anual observada hasta febrero de 2012 cambió hacia un comportamiento de descenso permanente y regido por los eventos de precipitación.

Por último, los pozos ubicados en el sector Núcleo responden a las extracciones de salmuera, mostrando fuertes respuestas a las lluvias, en forma de recarga directa. Durante el periodo reportado han mostrado una recuperación de los niveles (descenso), una vez registrado un fuerte ascenso generado por las precipitaciones del año 2019.

<u>De los niveles de agua superficial</u>

Respecto a las variaciones en el nivel de las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar, es posible señalar que estas oscilan producto de la evaporación y la variación de la recarga superficial, sin tendencias al descenso.

[5] Esta situación ya había sido descrita en anteriores informes del PSAH.

De las variables meteorológicas

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentada en la estación de Chaxa muestran la esperada oscilación estacional, con incrementos en verano, ciclicidad que condiciona el comportamiento de los niveles subterráneos someros en el sistema. Por su parte, la precipitación muestra un cambio de tendencias, diferenciándose dos etapas. Durante el primer periodo, entre el 2007 y el 2011, se registraron pocos eventos de precipitación importantes (superiores a 10 mm). Mientras que, en forma posterior y hasta la fecha, se observa un incremento en la frecuencia de eventos y también en la intensidad de algunos, destacando las lluvias de 2012 y 2019.

De la extracción de agua industrial

Desde su puesta en marcha, los pozos de bombeo de agua industrial Mullay-1 y Allana han ido fluctuando con caudales de extracción menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (ambos 40 L/s). En el presente semestre reportado, SQM consideró la detención del pozo Mullay-1 por decisión operacional, en el mes de marzo (2020). Asimismo, se redujo a la mitad el caudal del pozo Allana en el mes de febrero (2020).

De la extensión lagunar

Para el primer semestre de 2020 se cuenta solo con el resultado del análisis a través de la imagen satelital de alta resolución correspondiente al mes de abril (2020). Cabe mencionar que, por restricciones de ingreso a la RNF por parte de CONAF (véase anexo 5.1), no ha sido posible la toma de puntos de control en terreno. Por el mismo motivo, tampoco han sido posible las mediciones con estacas perimetrales, que deben tener una frecuencia trimestral según la RCA Nº226/2006.

De la calidad química

En cuanto al monitoreo fisicoquímico, en general, las mediciones efectuadas durante el periodo reportado en las lagunas del Sistema Soncor se encuentran dentro del rango histórico y no presentan tendencias.

Respecto a los registros fisicoquímicos de aguas subterráneas en los piezómetros de monitoreo, la gran mayoría de las mediciones efectuadas se encuentran dentro del rango histórico. Además, gran parte de los piezómetros ubicados en la zona aluvial, zona marginal y núcleo presentan tendencias temporales estables. En los pozos del núcleo, se observó un incremento brusco en 2016 y de gran magnitud en la concentración de SDT, manteniéndose estables los SDT antes y después de ese incremento y que el resto de los parámetros correlacionables con los SDT (conductividad eléctrica y densidad) no mostraban ese aumento. En el anterior informe del PSAH (Núm. 26) se realizó una investigación al respecto y se concluyó que esta variación no puede atribuirse a un cambio en el acuífero de salmuera, sino a algún tipo de error en el proceso de análisis en laboratorio.

De los aforos

Finalmente, sobre los aforos efectuados en Puente San Luis y Barros Negros, los registros para este semestre se encuentran del rango de variación histórico, evidenciando incluso una tendencia al alza.

1.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

El PSAH implementado en este Sistema, está orientado al resguardo del hábitat para la biota del conjunto de cuerpos de agua superficial dispersos, que presentan una extensión muy variable en el tiempo, ubicados en la zona marginal del salar, entre el núcleo de salmuera y el acuífero aluvial del Borde Este.

Del plan de contingencias

Con respecto al plan de contingencias del sistema Aguas de Quelana, en el periodo reportado no se registraron activaciones del PC. Los niveles de agua/salmuera subterránea de los piezómetros de control presentan un característico comportamiento sinusoidal, con máximos en verano y mínimos en invierno, estando fuertemente influenciados por la estacionalidad de la evaporación, no observándose tendencias importantes a largo plazo.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

Con respecto a los niveles de agua/salmuera subterránea de los piezómetros del PSAH, en la zona aluvial los niveles responden al estado de operación de los pozos Camar-2 (detenido durante todo el período reportado) y Socaire-5B, sin evidenciarse una influencia relevante de las precipitaciones u otros factores cíclicos estacionales como podría ser la evapotranspiración.

Los niveles en los piezómetros de la zona marginal presentan, en términos generales, oscilaciones estacionales, debido a la influencia que ejerce la evaporación sobre estas aguas que se encuentran cerca de la superficie del terreno.

Los piezómetros del sector Núcleo presentan, en conformidad a lo esperado, un descenso influenciado por las extracciones de salmuera. Esta tendencia se vio interrumpida por el ascenso en los niveles producto de la precipitación de 2019. Para el periodo reportado, todavía se están registrando los descensos esperados de recuperación post lluvia.

De los niveles de agua superficial

En este sistema, el agua superficial corresponde a la surgencia del acuífero de agua dulce que, debido a que en esta zona se encuentra muy somero, producto del fuerte cambio en el relieve topográfico junto con la presencia de la interfaz salina que levanta hacia la superficie el agua dulce proveniente de la cordillera. Los niveles de estas reglillas, por tanto, muestran un comportamiento estacional controlado por la evaporación y una tendencia estable.

De la extracción de agua industrial

De la misma manera que en el sistema Soncor, los pozos de bombeo de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B, desde su puesta en marcha han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (60 y 65 L/s respectivamente). No obstante, el pozo Camar-2 sigue detenido también durante el presente semestre. La suspensión de la operación del pozo Camar 2 se realizó a contar del día 11 de enero de 2018 y en enero de 2019 se procedió a desmontar el equipo de bombeo desde el interior del pozo.

De la calidad química

Respecto al monitoreo fisicoquímico, la mayoría de los parámetros medidos durante el primer semestre de 2020 en los puntos de control de estas variables se encuentran dentro del rango histórico, presentando una tendencia estable.

1.1. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

El monitoreo de este sistema tiene como objetivo proteger las formaciones vegetales tipo Hidromorfa y Brea-Atriplex, las que se encuentran conectadas con el acuífero de agua que se encuentra en el borde este del Salar de Atacama. Con esta finalidad, el PC de este Sistema está dividido en tres subsistemas; Vegetación Hidromorfa, Vegetación Brea-Atriplex y Zona Alerta Temprana. En este último subsistema se sitúan los indicadores de estado entre la zona de vegetación y los pozos de bombeo de agua industrial.

Del plan de contingencias

En el marco del Plan de Contingencias cabe señalar que no se registraron activaciones en los subsistemas Zona Alerta Temprana, ni tampoco en los pozos adicionales del PAT.

Respecto el subsistema de vegetación Hidromorfa, en el presente periodo de reporte se activó la Fase I del indicador L1-17 en el mes de marzo (2020), y de forma natural y producto de su esperable oscilación estacional, se desactivó en el mes de mayo (2020). Respecto el L2-27 se evidenció en el mes de abril (2020) que se encontraba con la Fase II activada. De forma natural, en el mes de mayo (2020), el indicador desactivó la Fase II y Fase I, producto del ascenso estacional esperado.

En relación con el subsistema Brea-Atriplex conectada con el acuífero de agua, en el presente semestre reportado (primero de 2020), se ha producido la activación de la Fase I de los indicadores L3-3 y L2-28 en el mes de febrero (2020). Ambos se han mantenido activados durante todo el periodo. Por otro lado, los indicadores de estado L7-6, L2-7 y L1-3 continúan con Fase I activada respecto el semestre pasado. De los tres últimos, dado el comportamiento de los niveles y que se relacionan con el acuífero aluvial, no se prevé que desactiven dicha fase. Aunque, si se mantiene estable la tasa de descenso, tampoco se prevé que activen Fase II.

Cabe señalar que respecto el punto de control L7-6, éste se definió en la RCA como un indicador de estado del PC para el resguardo del Sistema Vegetación Borde Este - Brea Atriplex. Sin embargo, cuando se construyó, se pudo verificar que su ubicación no era idónea para el objetivo planteado. Se mantiene su monitoreo como parte del PSAH y se reporta como indicador de estado como compromiso, pero se incluye el piezómetro L7-14 en el PC como indicador de estado complementario, ya que se estima mejor indicador. En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Res. Ex. Nº1/Rol F-041-2016, SQM reincorpora dicho pozo (el L7-6) como parte del Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este, comunicando de forma pertinente a la autoridad de la activación de Fase I. Es conveniente indicar que este pozo siempre ha tenido mediciones de niveles desde su construcción.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

Los pozos pertenecientes al sistema Vegetación Borde Este se distribuyen sobre el acuífero aluvial y alrededor de la zona de la interfaz salina, de norte a sur del borde este del Salar. De manera que muestran comportamientos diversos en función de su ubicación.

Sobre el acuífero aluvial, para el primer semestre de 2020, los pozos han mantenido la tendencia descendiente histórica, a la vez que los puntos influenciados por los pozos de bombeo de agua industrial Allana y Mullay-1 han mostrado recuperación de los niveles debido posiblemente a la disminución de la extracción de éstos en febrero (2020) (Mullay-1 detuvo su operación). Los pozos que muestran niveles de transición entre el aluvial y la zona marginal mantienen el comportamiento esperado durante el periodo reportado.

Respecto a la zona marginal (comportamiento caracterizado por oscilaciones estacionales), se destacan los mínimos de los pozos L1-17 y L2-27 (indicadores de estado de vegetación Hidromorfa), que han alcanzado mínimos históricos y que han supuesto la activación de fase (Fase II en el caso del L2-27).

De la extracción de agua industrial

Los caudales subterráneos extraídos desde el pozo P2 y posteriormente de su pozo de reemplazo CA-2015, no han superado los derechos otorgados a partir del inicio del PSAH (35 L/s), también para el primer semestre de 2020.

De la calidad química

Los parámetros fisicoquímicos registrados el primer semestre de 2020 en el pozo de bombeo de agua industrial CA-2015 se encuentran dentro del mismo rango de variación que las mediciones previas.

1.2. SISTEMA PEINE

El PSAH implementado para el sistema Peine está orientado al resguardo de los sistemas lacustres Salada y Saladita. Adicionalmente, se incluye el monitoreo de la denominada laguna Interna, correspondiente a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna, cuya conformación depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde la laguna Saladita. Por esta misma razón, su forma y dimensión presenta una alta variabilidad, impidiendo un registro y seguimiento continuo de niveles y de la superficie que abarca.

Durante el presente semestre no fue posible obtener resultados en algunos puntos de control monitoreados debido a que la comunidad de Peine no ha autorizado el acceso al sector de ubicación de dichos puntos de control y a partir de marzo (2020), por restricciones debidas a la pandemia sanitaria producida por la COVID-19.

De los indicadores de estado

Los indicadores de estado definidos para el Sistema Peine son el 1028, L10-11 y el L10-4[6]. Ninguno ha presentado activación de ninguna de las fases para el primer semestre de 2020.

En relación con los indicadores de estado PN-05B y PN-08A del Proyecto "Modificación y mejoramiento del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama" de Albemarle (RCA Nº21/2016), no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II en dichos piezómetros durante este primer semestre de 2020.

De los niveles de agua/salmuera subterránea y superficial

Los niveles asociados al PSAH monitorean la zona aluvial (un solo punto), marginal y núcleo. De la misma forma que los otros sistemas, los pozos en el núcleo muestran una tendencia de descenso esperada producto de la extracción de salmuera. En el presente semestre reportado, los niveles registrados no muestran desviaciones respecto lo esperado.

De la zona marginal, se monitorean los niveles de agua superficial del sistema lagunar Salada-Saladita-Interna. Para el presente periodo de reporte, no se dispone de ninguna medida nueva en ninguna de estas reglillas, por lo que se desconoce la evolución en estos meses. Es necesario mencionar que esta infraestructura de control (así como también otros puntos de agua subterránea), no han podido medirse con la frecuencia estipulada desde el pasado mes de octubre de 2017; a partir de esta fecha se ha accedido a los puntos de forma esporádica y desde el mes de octubre de 2018 no se ha podido acceder a los puntos ninguna vez debido a restricciones de acceso al personal de SQM por parte de la Comunidad de Peine. Por lo indicado, el análisis descriptivo que se efectúa a continuación se basa en las mediciones disponibles.

[6] Estos indicadores fueron propuestos para el Sistema Peine en el Programa de Cumplimiento presentado en el procedimiento F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, organismo que a la fecha de presentación de este reporte ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

Los registros de la reglilla Laguna Salada se presentaron estables hasta el año 2013, evidenciándose una mayor oscilación desde entonces, con niveles levemente menores el 2017 y una recuperación en el primer semestre del año 2018, la cual se mantuvo hasta junio de 2018 y que corresponde a la última medición. Por su parte, la reglilla Saladita presenta un leve descenso entre los años 2009 y 2013, con niveles estables a partir de esa fecha. Finalmente, para la Laguna Interna no se dispone de ninguna medición desde 2016.

Los piezómetros presentes en la zona marginal muestran un comportamiento transicional entre el aluvial y el núcleo. El único punto que representa el acuífero aluvial en el sistema (L10-1) muestra históricamente un ascenso de su nivel junto con oscilaciones estacionales. En el presente semestre no se ha podido acceder a su medición.

Del caudal de agua superficial

Durante el semestre objeto del presente reporte no fue posible la realización de los aforos mensuales de caudal superficial en las estaciones Salada y Saladita, debido a que la Comunidad de Peine no concedió permiso al titular para ingresar al sector.

De la extensión lagunar

Para el primer semestre de 2020 se cuenta solo con el resultado del análisis a través de la imagen satelital de alta resolución correspondiente al mes de abril (2020). Cabe mencionar que, por restricciones de ingreso, no ha sido posible la toma de puntos de control en terreno. Por la misma restricción, tampoco han sido posible las mediciones con estacas perimetrales, que deben tener una frecuencia trimestral según la RCA Nº226/2006.

De la calidad química

En general, el monitoreo fisicoquímico efectuado el primer semestre de 2020 se encontró dentro de lo registrado históricamente. En las lagunas se observan fluctuaciones estacionales, ratificando el efecto que tendría la evaporación sobre estos cuerpos de agua.

1.3. SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

El objetivo del monitoreo de esta zona permite hacer el seguimiento de los niveles de agua subterránea en el entorno de las vegas y bofedales del sector de Tilopozo, para asegurar que su evolución se mantenga dentro de lo esperado, teniendo en consideración que, los caudales de bombeo de salmuera del proyecto fueron calculados de manera de garantizar que las extracciones no afectarían este sistema, motivo por el cual la RCA N°226/2006 no contempla un plan de contingencias asociado a este sector.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

Cabe destacar el comportamiento estable de los niveles de este sector en el largo plazo, con oscilaciones cíclicas de carácter estacional, sin un comportamiento de tendencia. La excepción corresponde al pozo L12-1 el cual presenta un comportamiento similar al de los pozos clasificados como núcleo salino, mostrando una fuerte influencia por las precipitaciones. Cabe indicar que este pozo se encuentra ubicado entre los afloramientos de agua superficial del sector y la zona productiva de salmuera.

Las mediciones realizadas en el primer semestre de 2020 (solo mayo y junio) muestran valores que se encuentran dentro del rango histórico esperable en cada caso. Por lo anterior, no se considera que exista un efecto en los niveles que pueda impactar el sistema.

De los niveles de agua superficial

En cuanto al nivel del agua superficial en el sector, esta variable se monitorea en la reglilla Tilopozo, la cual ha presentado una tasa de ascenso permanente a contar del año 2011.

1.4. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

El seguimiento hidrogeológico del núcleo del Salar tiene por objeto el monitoreo del nivel del acuífero de salmuera[7].

Este sistema corresponde a los pozos ubicados dentro del núcleo del Salar, observándose distintas respuestas a las extracciones de salmuera conforme la zona monitoreada. Así, y de acuerdo con lo esperado, se tiene que el nivel de los pozos en la zona desciende por la extracción de salmuera y por la tendencia natural previa a la implementación del proyecto, que ya era de descenso. Los niveles en este sector son altamente dependientes de las precipitaciones, lo que pudo corroborarse con las precipitaciones registradas en 2019; durante el primer semestre de 2020 los niveles se encuentran todavía recuperando hacia el comportamiento característico del núcleo, que es el escenario esperable y así evaluado para este sector.

De las variables meteorológicas

En relación a la estación KCL, la meteorología, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos en verano. Por su parte, la precipitación muestra un cambio de tendencias, diferenciándose dos etapas. Durante el primer periodo, entre el 2007 y el 2011, se registraron eventos de precipitación mayores a 5 mm, mientras que, posteriormente, se ha observado un incremento de éstas, con una frecuencia bianual y además con eventos que han superado la intensidad registrada anteriormente, como las lluvias de 2012 y 2019.

7 Este informe da cuenta del monitoreo del nivel del acuífero, mientras que el seguimiento del volumen bombeado y reinyectado se efectúa en el Informe Anual (considerando 10.2.7 RCA 226/2006)

1.5. CUÑA SALINA

La cuña salina corresponde a la zona de equilibrio entre el acuífero presente en la zona aluvial y el acuífero de salmuera del núcleo. Esta interfaz es controlada en tres perfiles, que buscan observar las posibles variaciones de profundidad y pendiente de la cuña salina.

De la interfaz salina

Los resultados de monitoreo en el periodo informado dan cuenta que la profundidad a la que se encuentra la cuña salina disminuye al aproximarse al núcleo del salar desde la Zona Marginal, con niveles estables en el tiempo, evidenciando un equilibrio espacial y temporal en la configuración de la interfaz para los 3 perfiles evaluados.

De la calidad química

El único punto de monitoreo cuya calidad química se mide periódicamente en la cuña salina corresponde al piezómetro L10-1 (agua subterránea). Este piezómetro también es parte del seguimiento del Sistema Peine e históricamente no ha presentado comportamientos de tendencia en los parámetros comprometidos, aunque en el primer semestre de 2020 no se ha podido acceder para su muestreo.

2. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°27 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (en adelante PSAH) y tiene por objeto reportar y analizar la información recolectada durante el primer semestre del año 2020 (periodo enero – junio del 2020), 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).

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, 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 de agua subterránea 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[8].

El Decreto Supremo N°38/2013 del Ministerio del Medio Ambiente establece que todas las actividades de muestreo, medición y/o análisis que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la SMA, deberán ser ejecutadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (en adelante ETFA) con autorización vigente. Para dar cumplimiento al decreto mencionado, y de acuerdo con la Res. Ex. Nº 127 de 2019, para el período objeto del presente reporte (primer semestre de 2020), las mediciones de nivel y caudal efectuadas con frecuencias menores a diarias han sido realizadas por la ETFA GP Consultores. Las mediciones diarias de nivel han sido realizadas por personal de SQM. Por su parte, los muestreos, mediciones y análisis

[8] 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.

de calidad del agua fueron realizadas por las ETFAS ALS Environmental, y Aquaexpert (Geobiota, Hidrolab y UCN).

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 una entidad ETFA.

Un antecedente relevante asociado a la ejecución del PSAH en el período del presente reporte es la restricción de acceso a las zonas que forman parte de la Reserva Nacional los Flamencos (en adelante RNF). Mediante Resolución N°56/2019, CONAF[9] 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 su vez, por motivos de la contingencia sanitaria producida por la COVID-19, el ingreso a las áreas silvestres protegidas, incluyendo la RNF, fue cerrado desde el mes de marzo de 2020 (Resolución Nº 162/2020). Esta medida de restricción de acceso se ha mantenido hasta el final del periodo reportado[10] y se ha traducido en un impacto importante sobre los compromisos del monitoreo del PSAH.

En la Tabla 2-1 se presentan los responsables de las actividades ejecutadas durante el primer semestre del año 2020 y que se reportan a través del presente informe. Adicionalmente en el Anexo 1, se listan las personas participantes e involucradas en cada actividad.

[9] 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.

[10] Asimismo, esta restricción subsiste a la fecha de presentación del presente informe.

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[11]
	Mantención y descarga de datos de estaciones meteorológicas
GP Consultores Ltda.	Mediciones de nivel freático y nivel de agua superficial (incluidos los puntos del ex convenio CONAF-SQM). Caudales superficiales.
ALS Environmental S.A.	Muestreo de aguas, medición de parámetros de campo y análisis de parámetros fisicoquímicos
AcquaExpert (Hidrolab y Universidad Católica del Norte, en el marco del antiguo convenio CONAF-SQM)	Muestreo de aguas, medición de parámetros de campo y análisis de parámetros fisicoquímicos
Geobiota	Área de superficies lacustres mediante estacas perimetrales (en el marco de ex convenio CONAF-SQM)
Linkapsis	Área de superficie lacustres mediante análisis de imagen satelital, recorrido RTK

Fuente: Elaboración propia.

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

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

Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Observaciones
6ta actualización del Modelo Numérico Ambiental	jun-20	feb-21	
Informe PSAH N° 28	dic-20	abr-21	
Informe PSAH N° 29	jun-21	oct-21	Revisión del Plan de Contingencia, según el Cons. 11.1 de RCA Nº226/2006
Informe PSAH N° 30	dic-21	abr-22	

Fuente: Elaboración propia.

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

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

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

El PSAH posee las siguientes características:

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

En particular, el presente informe tiene como objetivo presentar y analizar los resultados del PSAH durante el periodo enero – junio de 2020.

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 incertidumbres asociadas a los métodos utilizados.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Salar de Atacama se localiza en la Región de Antofagasta, a 55 km al sur de San Pedro de Atacama y 316 km al noreste de Antofagasta (capital regional). Se encuentra a una altura aproximada de 2.300 m.s.n.m., tiene unos 100 km de largo y 80 km de ancho aproximadamente, abarcando un área aproximada de 3.100 km^2. El núcleo del Salar, donde se ubican las faenas extractivas de salmuera, posee una superficie aproximada de 1.100 km^2, y está rodeado por una zona marginal de unos 2.000 km^2 de extensión aproximadamente. Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial que alberga un acuífero desde donde el titular extrae el agua industrial para el Proyecto.

4.1.2. 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 4-2 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, Saladita e Interna, alineadas en una dirección aproximada SE-NW. La laguna Interna corresponde a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna, y su extensión depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde la laguna Saladita en épocas de abundancia hídrica. Por esta misma razón, su forma y dimensión es errática, lo que impide un registro y seguimiento adecuado y continuo de niveles y superficie.

- **El Sector Vegas de Tilopozo** se encuentra al sur del núcleo del Salar de Atacama, En este sistema 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.

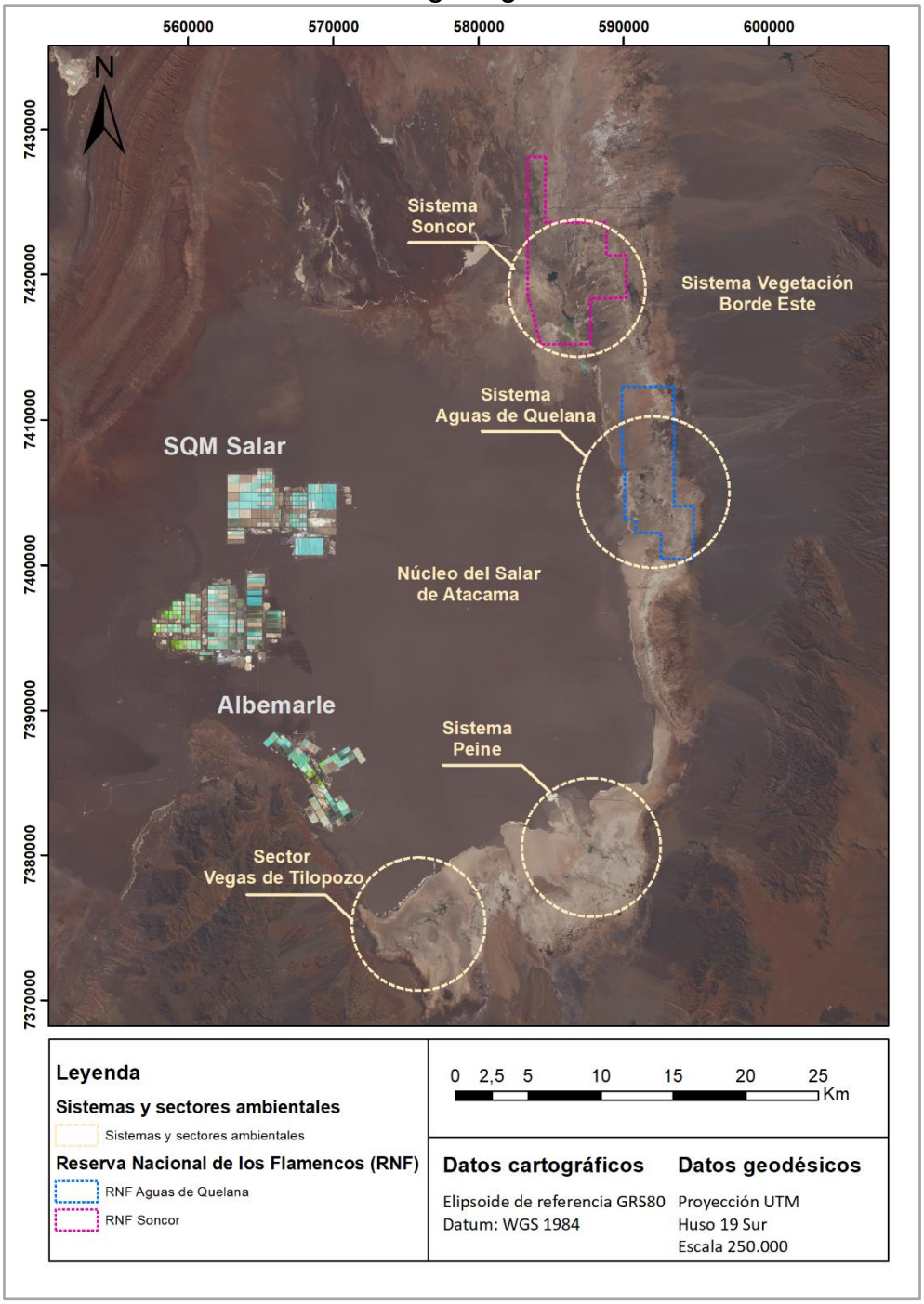
- **El Sistema Vegetación Borde Este** se extiende por gran parte de la zona marginal este del Salar de Atacama, y en él se concentra el contenido vegetacional del sector, destacándose los sectores caracterizados por la presencia de vegetación Hidromorfa y de Brea-Atriplex (ambos definidos como objeto de protección en la RCA). La zona de vegetación hidromorfa se ubica en el límite occidental del sistema y está compuesta por

especies que viven de la humedad que se genera por encontrarse el nivel somero del agua subterránea. La vegetación Brea-Atriplex se encuentra en los sectores donde sus raíces potencialmente pueden estar conectadas con el acuífero del Borde Este.

- **Núcleo del Salar de Atacama**; corresponde al punto más bajo de la cuenca del Salar de Atacama, compuesto principalmente por materiales evaporíticos donde se ha desarrollado un acuífero salino del cual SQM y otros titulares extraen salmuera.

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

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



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

En la Tabla 4-1 se indican los sistemas objeto de protección ambiental del PSAH asociados a la RCA 226/2006 y se indican además los objetos de protección definidos para cada uno de ellos. Cabe mencionar, además, que en la zona marginal se encuentra la Reserva Nacional Los Flamencos. En la anterior Figura 4-2 puede verse también los actuales polígonos que delimitan la Reserva Nacional los Flamencos, para Soncor y Aguas de Quelana.

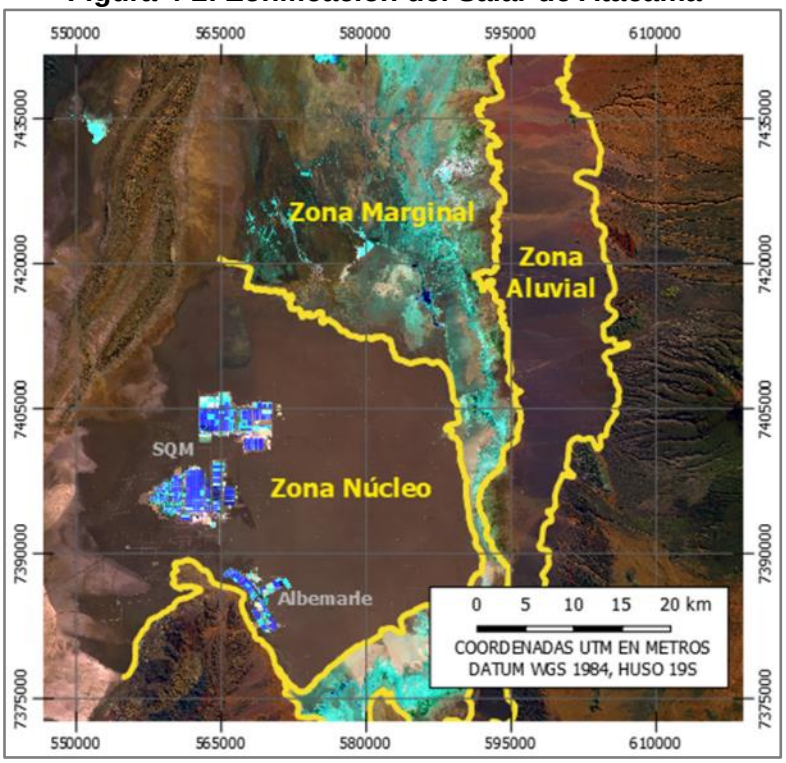
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección

Sistema	Objetos de protección
Soncor	Lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros
Aguas de Quelana	Sector lagunar errático en extensión
Peine	Lagunas Salada, Saladita e 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. Se deberá entender que esta zonificación es referencial y no considera singularidades como las que se observan en las inmediaciones y alrededores de las lagunas Chaxa y Barros Negros.

Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

4.2. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES

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

Si bien para la elaboración del presente informe se clasifican los monitoreos meteorológicos como componente Aire, su objetivo dice relación con el complemento de la hidrología del sistema y por

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

En la Tabla 4-2 se muestran las variables y los parámetros que se reportan en el presente informe y que parte del compromiso adquirido en la RCA Nº226/2006. Tal y como se ha descrito anteriormente, en la tabla se detalla la resolución que marca el formato de entrega de la data y, a modo resumen, se muestra también el anexo donde se encuentran los datos en el presente informe. Aunque en el capítulo de resultados (Capítulo 5), se describe con más detalle el contenido de cada anexo.

Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Formato de reportabilidad	ANEXO
Agua	Agua subterránea	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 6
			Caudal bombeo	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 8
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 7
	Agua superficial	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2020[12]	Anexo 6
			Superficie Lacustre	Propio	Anexo 10
			Caudal	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 9
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 7
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación Evaporación Velocidad del viento Temperatura	Propio	Anexo 11

Fuente: Elaboración propia.

[12] 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.

4.3. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO

El PSAH contempla un total de 225 puntos de monitoreo, de los cuales 74 corresponden a puntos de monitoreo existentes y con registros previos a la RCA Nº226/2006 y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se encontraban todos habilitados el 31 de octubre de 2007. Todos los puntos de monitoreo corresponden a puntos fijos en el tiempo y, en algunos casos, estos puntos forman parte de más de uno de los sistemas objeto de protección anteriormente indicados.

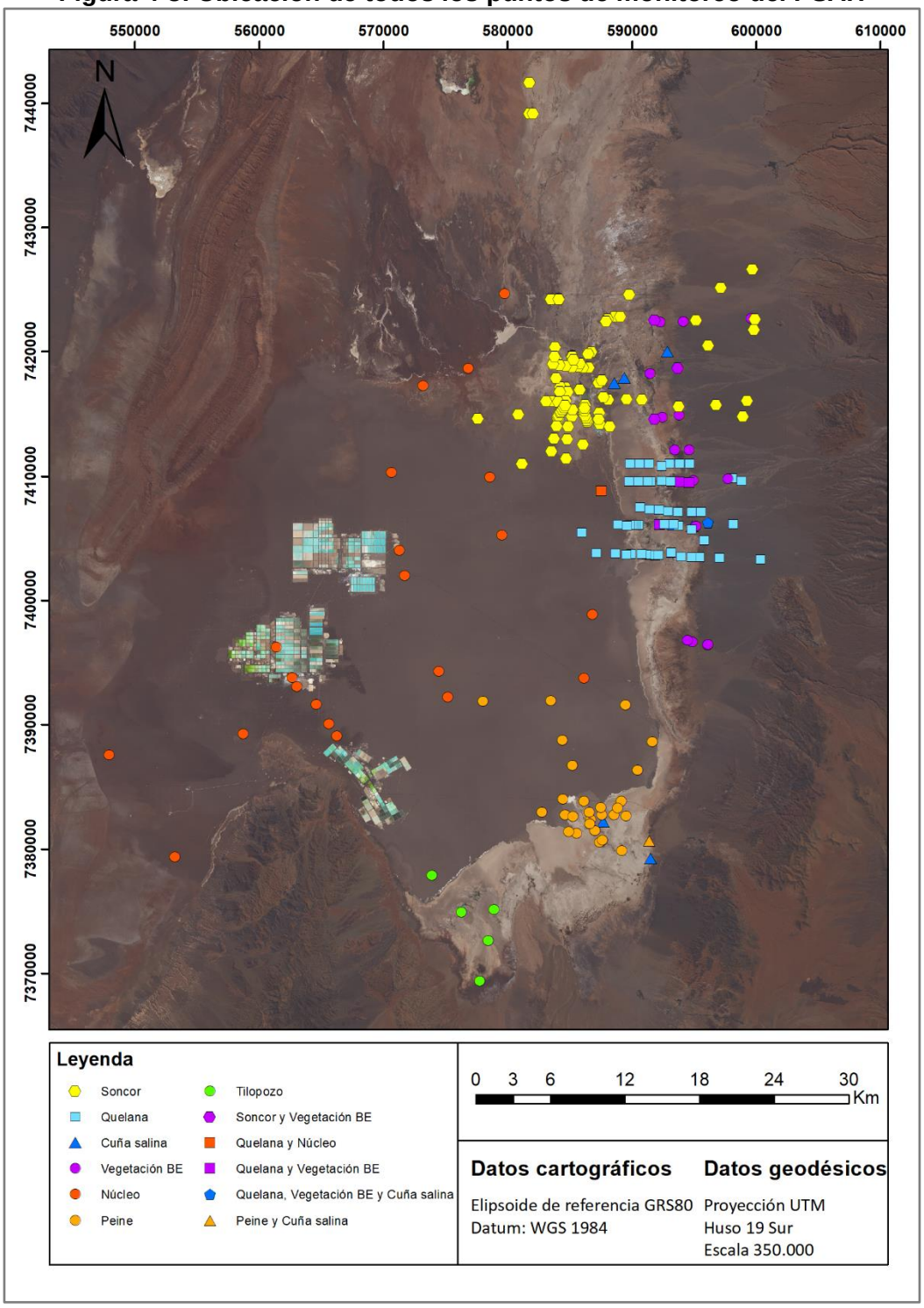
Los puntos de monitoreo del PSAH del proyecto se pueden clasificar en función de la variable ambiental objeto de monitoreo, de la siguiente manera:

- 196 pozos de monitoreo de nivel de agua/salmuera subterránea
- 5 pozos de bombeo de agua industrial
- 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.

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

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



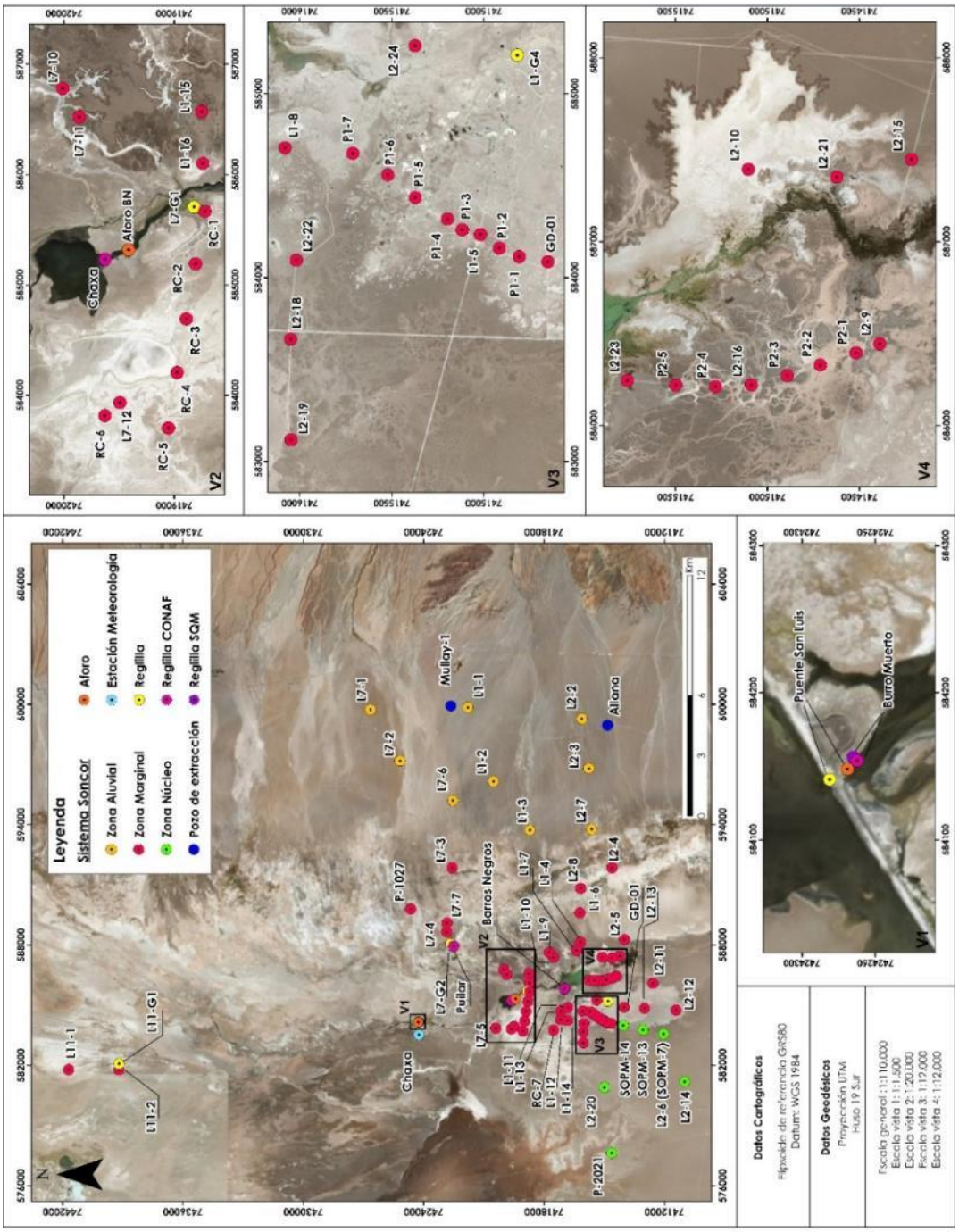
Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de abril de 2020.

4.3.1. SISTEMA SONCOR

Los puntos de monitoreo del PSAH del Sistema Soncor se ubican entre las coordenadas UTM 7.442.000 a 7.410.000 norte y 577.000 a 600.000 este. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector, las lagunas 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.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo del sistema Soncor se muestra en la Figura 4-4, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. En la Tabla 4-3 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

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



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor[13]

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

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L2-22	Pozo	7.416.018,440	584.095,060	Nivel	Mensual
L2-23	Pozo	7.415.762,070	586.243,780	Nivel	Continuo
L2-24	Pozo	7.415.372,730	585.261,400	Nivel	Mensual
L7-10	Pozo	7.420.010,680	586.780,320	Nivel	Mensual
L7-11	Pozo	7.419.861,280	586.521,820	Nivel	Mensual
L7-12	Pozo	7.419.493,440	583.933,510	Nivel	Mensual
L7-6	Pozo	7.422.551,970	595.207,430	Nivel	Mensual
L7-7	Pozo	7.422.842,990	589.093,500	Nivel	Mensual
L11-1	Pozo	7.441.707,880	581.776,790	Nivel	Mensual
L11-2	Pozo	7.439.199,350	581.780,850	Nivel	Mensual
P1-1	Pozo	7.414.806,510	584.113,590	Nivel	Continuo
P1-2	Pozo	7.414.914,370	584.160,130	Nivel	Continuo
P1-3	Pozo	7.415.116,900	584.260,370	Nivel	Continuo
P1-4	Pozo	7.415.196,070	584.319,070	Nivel	Continuo
P1-5	Pozo	7.415.371,580	584.435,040	Nivel	Continuo
P1-6	Pozo	7.415.521,190	584.560,000	Nivel	Continuo
P1-7	Pozo	7.415.711,360	584.675,850	Nivel	Continuo
P2-1	Pozo	7.414.518,190	586.394,920	Nivel	Continuo
P2-2	Pozo	7.414.712,530	586.329,180	Nivel	Continuo
P2-3	Pozo	7.414.892,180	586.271,530	Nivel	Continuo
P2-4	Pozo	7.415.282,240	586.212,910	Nivel	Continuo
P2-5	Pozo	7.415.498,330	586.219,670	Nivel	Continuo
1027	Pozo	7.424.644,590	589.797,120	Nivel	Mensual
L1-1	Pozo	7.421.793,680	599.847,360	Nivel	Mensual
L1-2	Pozo	7.420.524,990	596.153,540	Nivel	Mensual
L1-3[14]	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel	Mensual
L1-4	Pozo	7.416.184,620	588.137,910	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L1-5	Pozo	7.415.017,400	584.234,490	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L7-1	Pozo	7.426.657,160	599.732,770	Nivel	Mensual

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L7-2	Pozo	7.425.182,290	597.177,200	Nivel	Mensual
L7-3	Pozo	7.422.583,150	591.858,280	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L7-4	Pozo	7.422.857,860	588.645,260	Nivel	Continuo
L7-5	Pozo	7.420.404,720	583.851,590	Nivel	Mensual
L2-2	Pozo	7.416.112,700	599.286,650	Nivel	Mensual
L2-3	Pozo	7.415.774,080	596.808,820	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L2-4	Pozo	7.414.608,960	591.850,740	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L2-5	Pozo	7.414.004,440	588.272,060	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
(L2-6 (SOPM-7	Pozo	7.412.045,650	583.567,770	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
SOPM-13	Pozo	7.413.064,810	583.766,440	Nivel	Mensual
SOPM-14	Pozo	7.414.053,450	583.989,190	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
GD-01	Pozo	7.414.650,920	584.086,180	Nivel	Mensual
2021	Pozo	7.414.638,580	577.629,340	Nivel	Continuo
Reglilla L1-G4	Reglilla	7.414.816,880	585.209,910	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L7-G2	Reglilla	7.422.647,339	588.065,183	Nivel	Continuo[15]
Barros Negros	Reglilla	7.416.975,777	585.802,725	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Chaxa	Reglilla	7.419.630,863	585.209,976	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Puilar	Reglilla	7.422.497,026	587.947,438	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
Burro Muerto	Reglilla	7.424.265,027	584.156,079	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
L11-G1	Reglilla	7.439.198,280	582.072,080	Nivel	Mensual
L7-G1	Reglilla	7.418.821,780	585.706,580	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
Puente San Luis	Reglilla	7.424.281,174	584.141,109	Nivel	Mensual
RC-1[16]	Pozo	7.418.722,684	585.667,119	Nivel	Mensual
RC-2	Pozo	7.418.806,692	585.190,752	Nivel	Mensual

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

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / Parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
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[17]	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años[18] Anual
Laguna Chaxa	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Puilar	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual

Fuente: Elaboración propia.

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

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

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

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

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

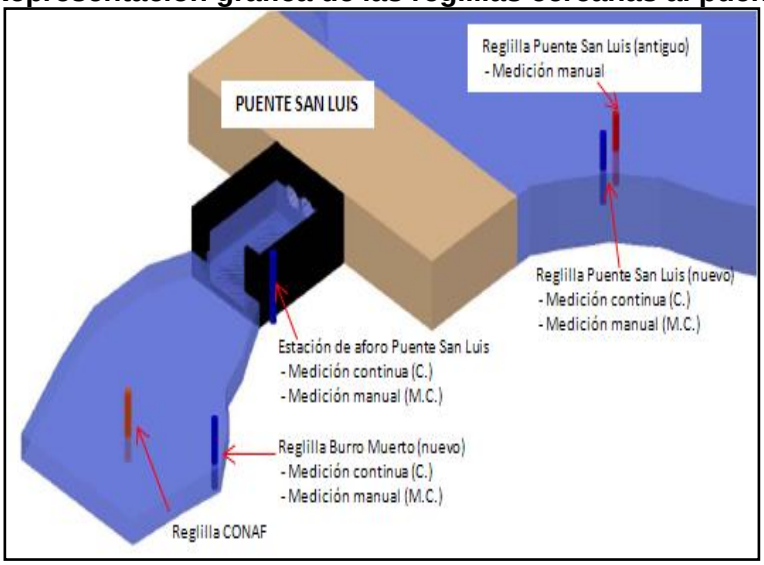
Fuente: Elaboración propia.

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

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

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



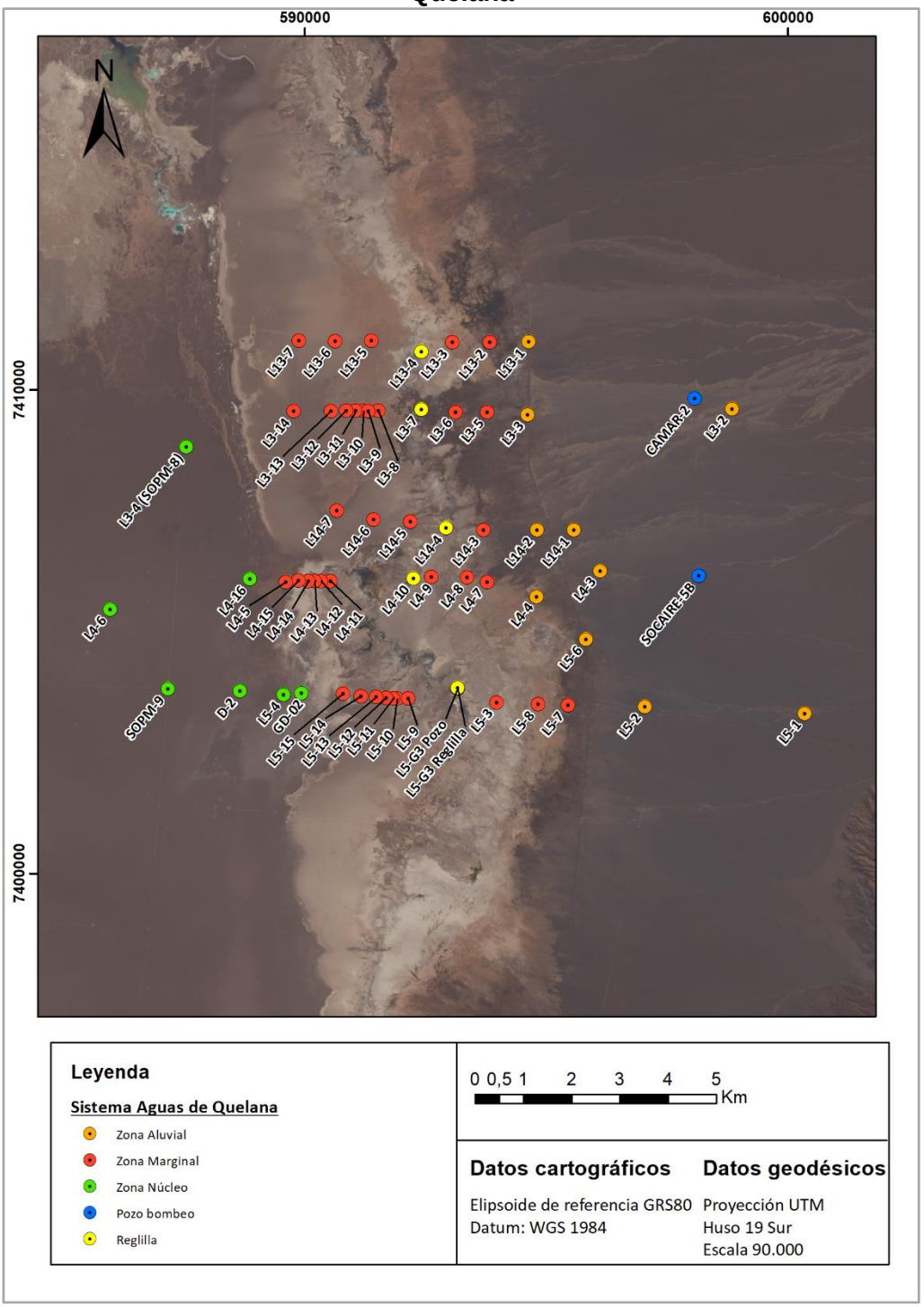
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

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

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-6, 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 4-5 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 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana



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

Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana[19]

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

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L14-5	Pozo	7.407.286,220	592.186,920	Nivel	Mensual
L14-6	Pozo	7.407.328,430	591.425,980	Nivel	Mensual
L14-7	Pozo	7.407.519,580	590.655,990	Nivel	Mensual
L5-6	Pozo	7.404.843,410	595.818,480	Nivel	Continuo
L5-7	Pozo	7.403.481,350	595.448,970	Nivel	Continuo
L5-8	Pozo	7.403.503,250	594.827,120	Nivel	Continuo
L5-9	Pozo	7.403.630,730	592.139,000	Nivel	Mensual
L5-10	Pozo	7.403.629,280	591.910,900	Nivel	Continuo
L5-11	Pozo	7.403.629,660	591.830,740	Nivel	Mensual
L5-12	Pozo	7.403.639,730	591.686,420	Nivel	Mensual
L5-13	Pozo	7.403.659,850	591.481,590	Nivel	Mensual
L5-14	Pozo	7.403.675,640	591.163,340	Nivel	Continuo
L5-15	Pozo	7.403.723,310	590.791,180	Nivel	Mensual
L3-2	Pozo	7.409.615,430	598.844,960	Nivel	Mensual
L3-3	Pozo	7.409.496,340	594.614,770	Nivel	Mensual
L3-4 (SOPM-8)	Pozo	7.408.833,140	587.551,700	Nivel	Mensual
L4-3	Pozo	7.406.265,010	596.113,200	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L4-4	Pozo	7.405.733,370	594.797,860	Nivel	Mensual
L4-5	Pozo	7.406.037,022	589.607,694	Nivel	Mensual
L4-6	Pozo	7.405.467,670	585.967,230	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L5-1	Pozo	7.403.308,440	600.351,660	Nivel	Mensual
L5-2	Pozo	7.403.455,330	597.045,650	Nivel	Mensual
L5-3	Pozo	7.403.543,670	593.971,420	Nivel Calidad 1	Continuo Trimestral
L5-4	Pozo	7.403.702,590	589.565,670	Nivel	Mensual
SOPM-9	Pozo	7.403.823,460	587.169,690	Nivel	Mensual
GD-02	Pozo	7.403.739,160	589.933,790	Nivel	Mensual
D-2	Pozo	7.403.779,680	588.662,620	Nivel	Mensual
L4-10[20]	Reglilla	7.406.210,740	592.251,599	Nivel Calidad 3	Mensual 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

[20] Con fecha 26 de septiembre de 2019, se efectúa una campaña topográfica de verificación en algunos puntos del PSAH, para este punto se encontró una diferencia en su ubicación de 95,74m. Esto fue debidamente reportado en el Informe PSAH número 25.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L5-G3	Reglilla	7.403.843,512	593.160,262	Nivel	Continuo
CAMAR-2	Pozo Bombeo	7.409.831,330	598.072,110	Nivel Volumen Calidad 4	Mensual Mensual Trimestral
SOCAIRE-5B	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 4-5, 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. De la misma forma que se ha detallado para el sistema Soncor, se muestra de nuevo para el sistema Aguas de Quelana (Tabla 4-6):

Tabla 4-6: 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 3	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad y Oxígeno Disuelto.
Calidad 4	Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc

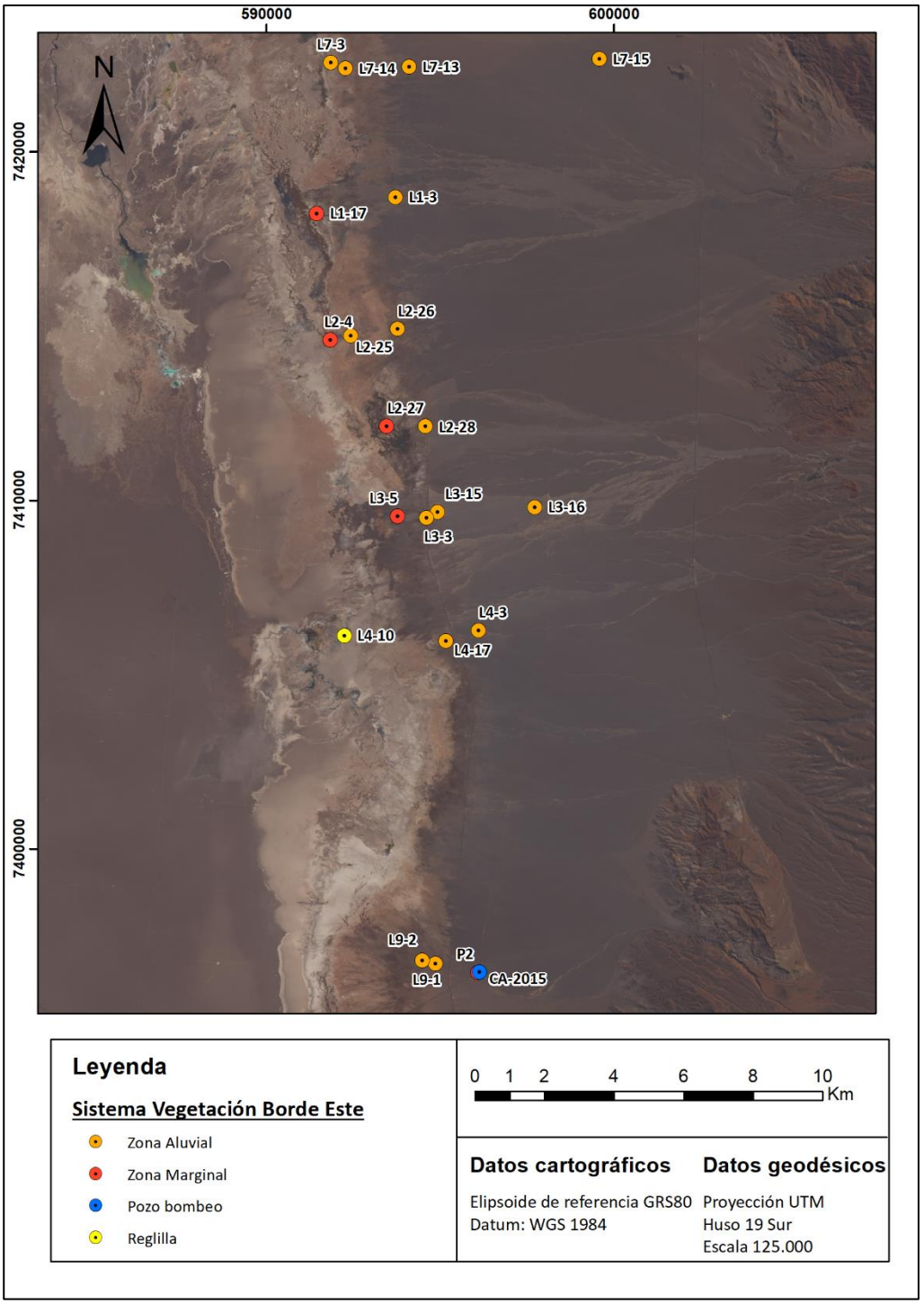
Fuente: Elaboración propia

4.3.3. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

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

En la siguiente Figura 4-7 se muestra la distribución geográfica de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema, en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. A continuación, en la Tabla 4-7, se detallan las coordenadas de ubicación de dichos puntos, su tipología y se indica además las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y su frecuencia de medición.

Figura 4-7: 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[21]

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
L2-25	Pozo	7.414.726,680	592.439,510	Nivel	Mensual
L3-5	Pozo	7.409.547,430	593.776,020	Nivel	Continuo
L7-14	Pozo	7.422.403,410	592.286,510	Nivel	Mensual
L9-1	Pozo	7.396.682,170	594.862,350	Nivel	Mensual
L9-2	Pozo	7.396.786,420	594.486,720	Nivel	Mensual
L7-13	Pozo	7.422.455,200	594.116,420	Nivel	Mensual
L2-26	Pozo	7.414.918,140	593.786,540	Nivel	Mensual
L3-15	Pozo	7.409.664,060	594.922,470	Nivel	Mensual
L1-17	Pozo	7.418.238,880	591.453,180	Nivel	Mensual
L2-27	Pozo	7.412.130,850	593.470,530	Nivel	Mensual
L2-28	Pozo	7.412.131,550	594.586,000	Nivel	Mensual
L4-17	Pozo	7.405.962,950	595.169,370	Nivel	Mensual
L4-10	Reglilla	7.406.115,110	592.247,070	Nivel	Mensual
L3-16	Pozo	7.409.802,830	597.731,310	Nivel	Mensual
L7-15	Pozo	7.422.678,150	599.594,220	Nivel	Mensual
L2-4	Pozo	7.414.608,960	591.850,740	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L3-3	Pozo	7.409.496,340	594.614,770	Nivel	Mensual
L7-3	Pozo	7.422.583,150	591.858,280	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
L1-3[22]	Pozo	7.418.707,925	593.724,574	Nivel	Mensual
L4-3	Pozo	7.406.265,010	596.113,200	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral

[21] 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.

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
CA-2015[23]	Pozo Bombeo	7.396.451,888	596.135,704	Nivel Calidad 4 Volumen	Mensual Trimestral Mensual

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-7, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados Calidad 1, Calidad 3 y Calidad 4. De la misma forma que se ha detallado para el sistema Soncor, se muestra de nuevo para el sistema Vegetación Borde Este (Tabla 4-8):

Tabla 4-8: 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 3	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad y Oxígeno Disuelto.
Calidad 4	Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc

Fuente: Elaboración propia.

El pozo de extracción de agua industrial P2 fue reemplazado por el CA-2015, en febrero de 2017 (según Res. 296/2016 de la DGA). La medición mensual de nivel en este punto se ha mantenido y se incluye en el presente reporte de forma complementaria.

4.3.4. SISTEMA PEINE

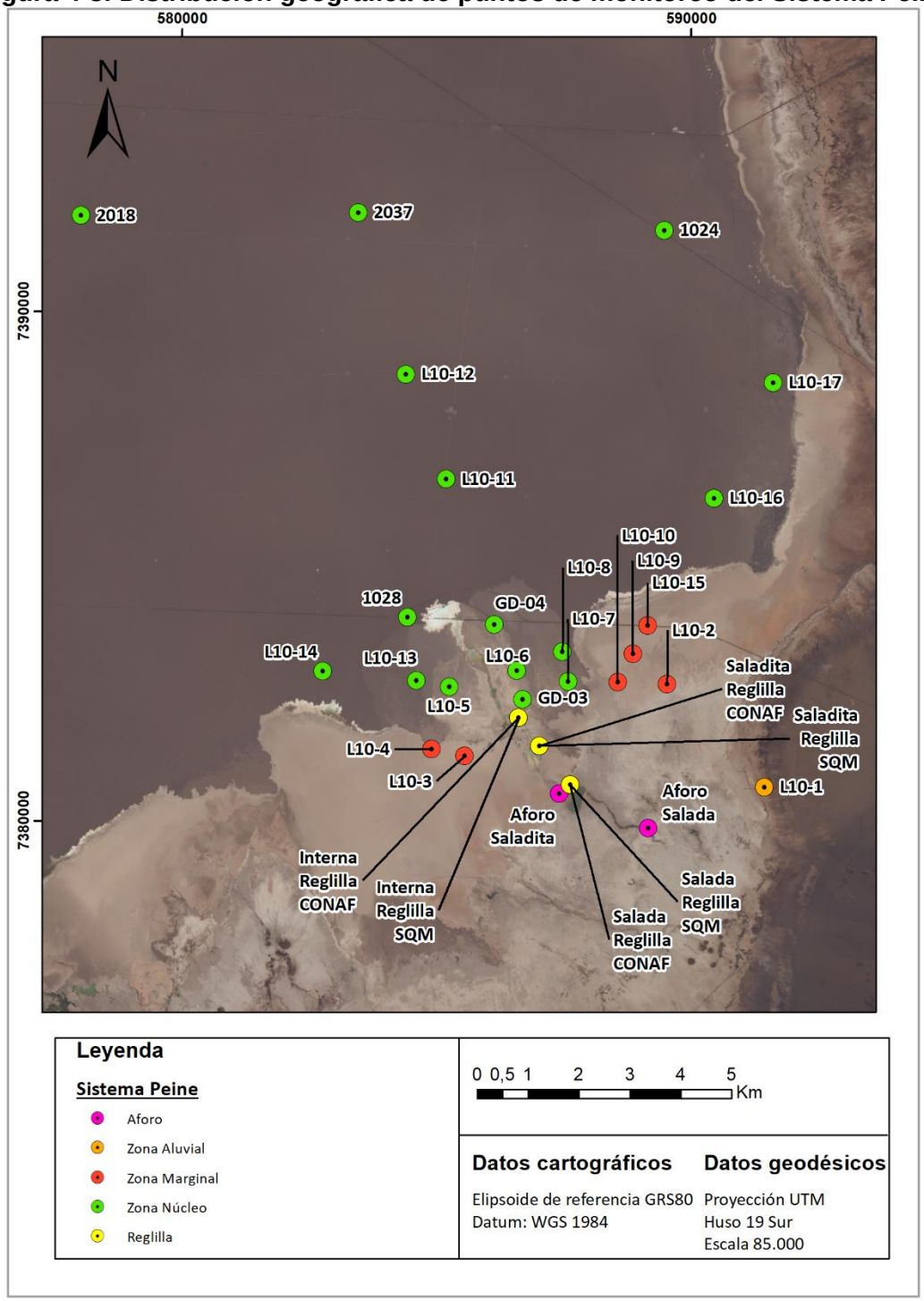
Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector y las lagunas

[23] 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.

de Salada, Saladita e Interna, donde se incluyen las secciones de aforo de las lagunas Salada y Saladita.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-8, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. A continuación, en la Tabla 4-9 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine



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

Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del Sistema Peine[24]

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

[24] Para los indicadores de estado asociados al Sistema Peine, pozos 1028, L10-11 y L10-4, definidos en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto a la SMA en el procedimiento F-041-2016, si bien cuentan con una frecuencia mensual para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), están sujetos al compromiso de incremento en la frecuencia de monitoreo, pasando a ser diaria, aplicable a los indicadores de estado del PC.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable / parámetro	Frecuencia
		Norte	Este		
Aforo Saladita [A-1 (S)]	E. Aforo	7.380.535,230	587.408,430	Caudal	Mensual
Laguna Salada[25]	Laguna	7.380.706,645	587.624,464	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Saladita	Laguna	7.381.471,227	587.023,022	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Interna	Laguna	7.382.021,412	586.614,799	Superficie Estacas Superficie Topográfica (RTK) Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-9, 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. De la misma forma que se ha detallado para el sistema Soncor, se muestra de nuevo para el sistema Vegetación Borde Este (Tabla 4-10):

Tabla 4-10: 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 3	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad y Oxígeno Disuelto.

Fuente: Elaboración propia.

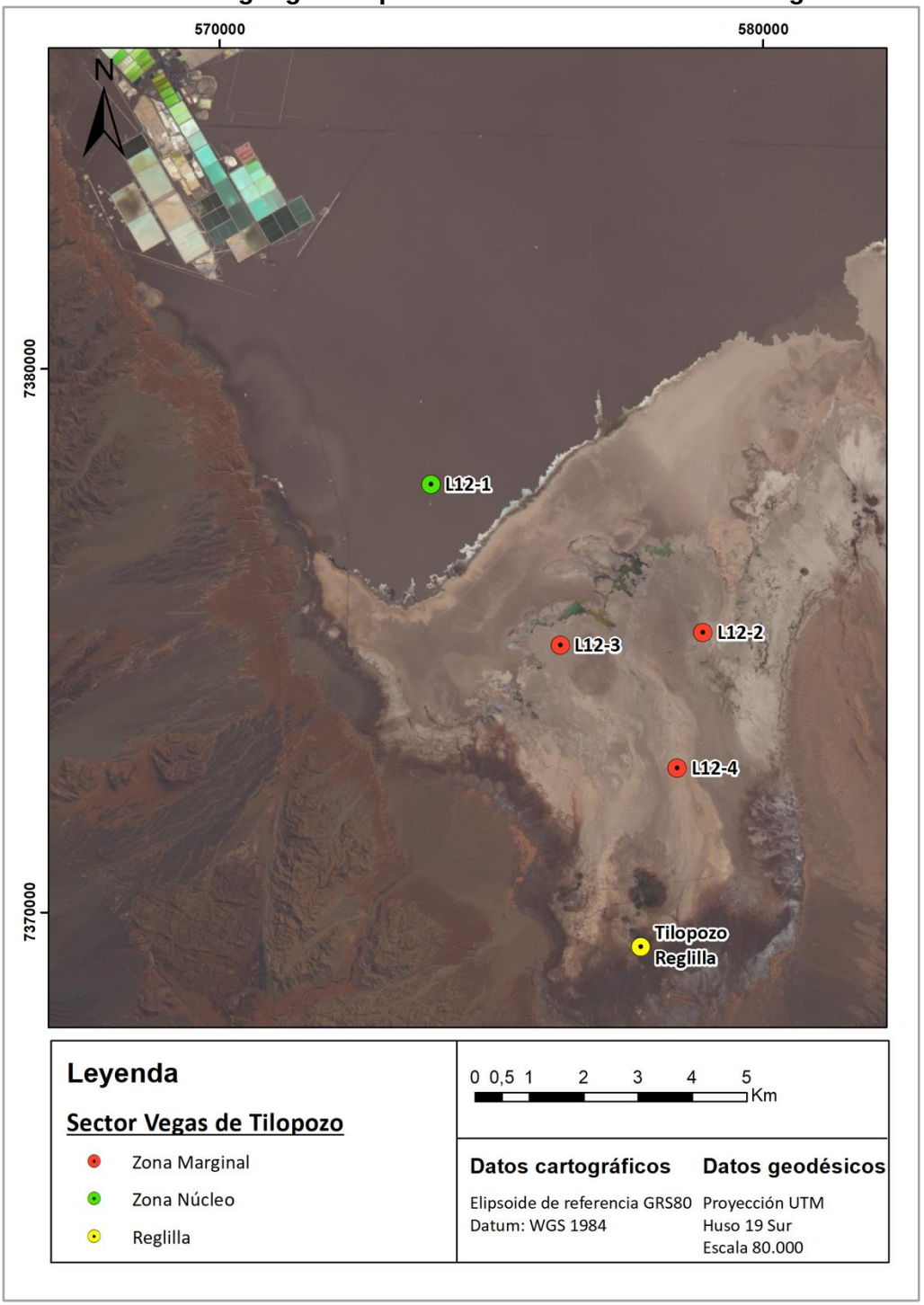
4.3.5. SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

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

[25] En el presente periodo corresponde el monitoreo de superficie lacustre en base a estacas e imágenes satelitales.

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de este sistema se muestra en la Figura 4-9, donde se ha diferenciado con un código de colores las infraestructuras en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. A continuación, en la Tabla 4-11 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 4-9: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo



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

Tabla 4-11: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	Frecuencia
		Norte	Este		
L12-1[26]	Pozo	7.377.872,510	573.891,040	Nivel	Mensual
L12-2	Pozo	7.375.144,820	578.896,150	Nivel	Mensual
L12-3	Pozo	7.374.917,350	576.268,700	Nivel	Mensual
L12-4	Pozo	7.372.652,700	578.423,070	Nivel	Mensual
Tilopozo	Reglilla	7.369.363,760	577.756,460	Nivel	Mensual

Fuente: Elaboración propia.

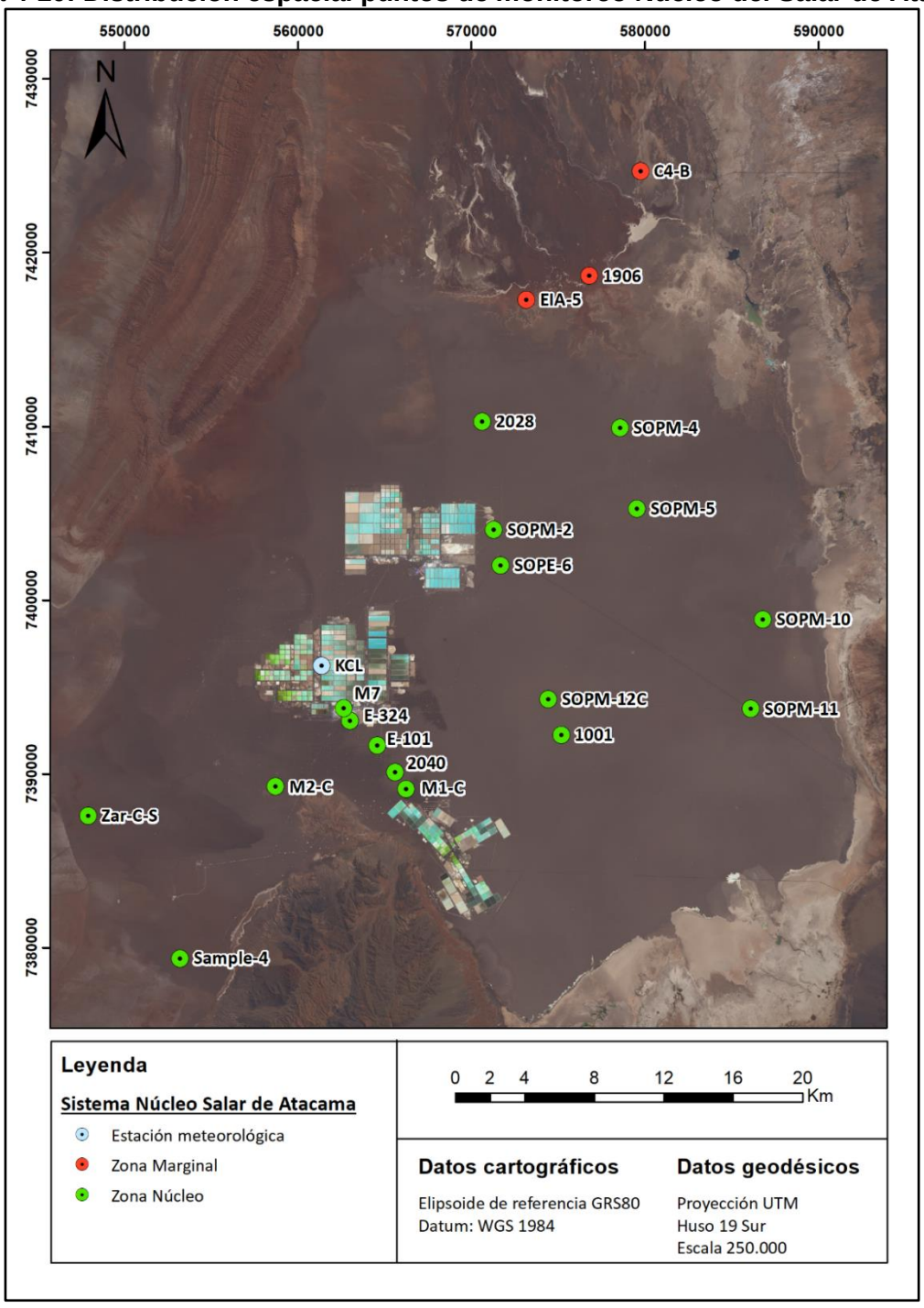
4.3.6. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

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

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 4-12 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.

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

Figura 4-10: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama



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

Tabla 4-12: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama[27]

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 4-12, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, todos ellos corresponden al grupo denominado Calidad 5 (Tabla 4-13).

[27] 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 4-13: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua

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

Fuente: Elaboración propia.

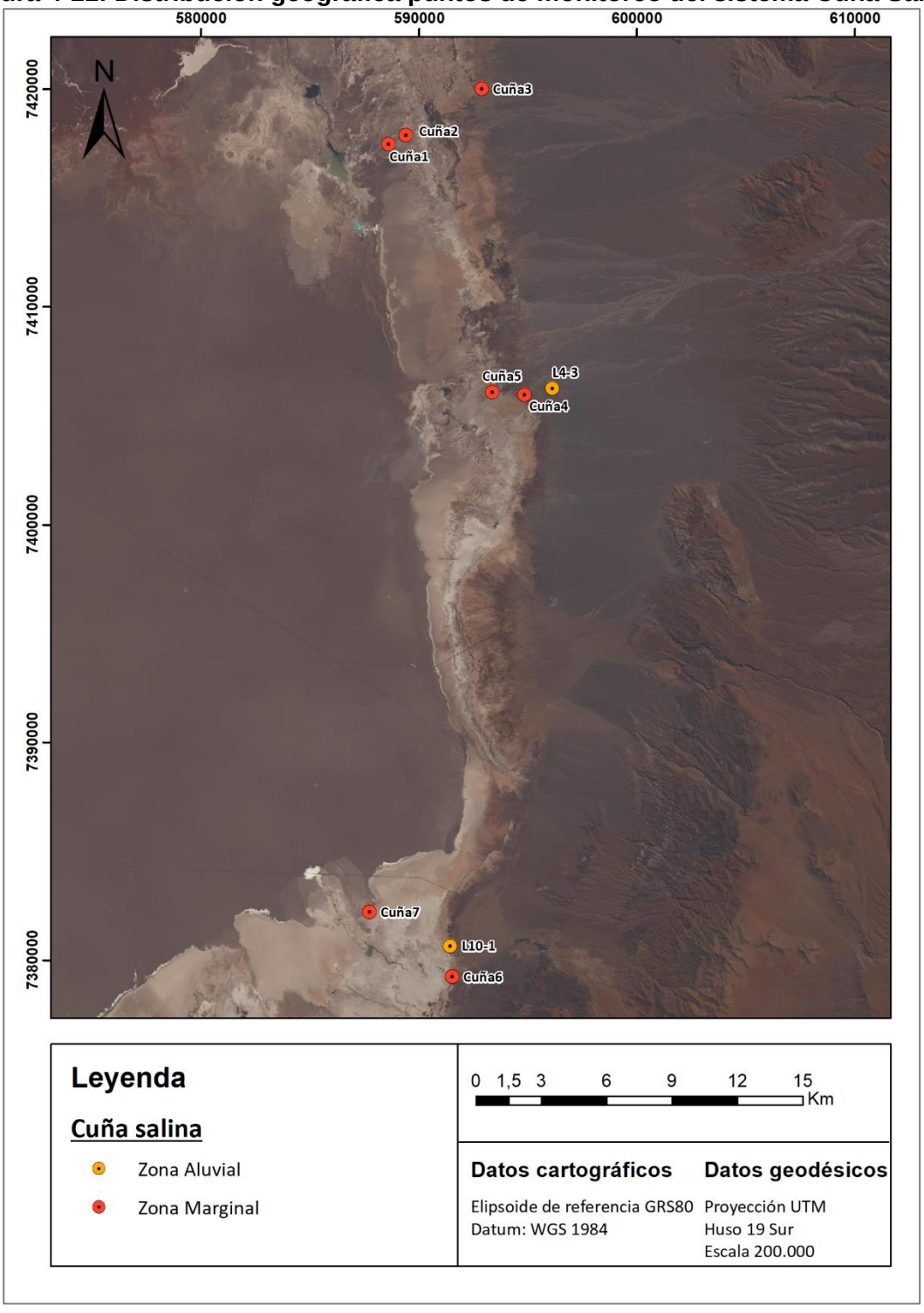
Para el caso de la Estación Meteorológica de KCL, se considera la medición de los parámetros Precipitación (mm), Evaporación (mm), Velocidad del Viento (m/s) y Temperatura (ºC).

4.3.7. CUÑA SALINA

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

La ubicación de los puntos que conforman la red de monitoreo de la cuña salina se muestra en la Figura 4-11. A continuación, en la Tabla 4-14 se detallan las coordenadas UTM y tipología de los puntos de monitoreo, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-11: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina



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

Tabla 4-14: 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[28]	Pozo	7.380.660,660	591.440,070	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-14, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, todos ellos corresponden al grupo denominado Calidad 5 (Tabla 4-15).

Tabla 4-15: 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

Fuente: Elaboración propia.

4.3.8. PLAN DE CONTINGENCIAS

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

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

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 de medidas correctivas (Fases I y II)[29].

Cabe mencionar que, adicionalmente, se ha asumido en forma provisoria la adopción de medidas de contingencia en caso de activación de los pozos PN-05B y PN-08A del sector Alerta Núcleo del Plan de Alerta Temprana del considerando 10.18 de la RCA Nº21/16, una vez que la Superintendencia del Medio Ambiente notifique a SQM Salar S.A. tal activación[30].

Además, SQM ha asumido como compromiso voluntario considerar 6 indicadores de estado adicionales a los definidos en la RCA Nº226/2006, que se identifican como Pozos Adicionales y que se distribuyen en el Sistema de Vegetación Borde Este; cuatro en el sistema Brea-Atriplex L2-25, L7-14, L4-17 y L9-2) y dos en el sistema Alerta Temprana (L2-26 y 3-15). Para todos se definieron los umbrales respectivos bajo los mismos criterios que en la RCA vigente.

De acuerdo con lo anterior, los Indicadores de Estado del Plan de Contingencias, que además forman parte de los puntos de control del PSAH señalados en las secciones anteriores, se identifican en la Tabla 4-16, y su ubicación espacial se presentan en los mapas de la Figura 4-12 y Figura 4-13.

[29] Estos indicadores fueron propuestos para el Sistema Peine en el Programa de Cumplimiento presentado en el procedimiento F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, organismo que a la fecha de presentación de este reporte ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

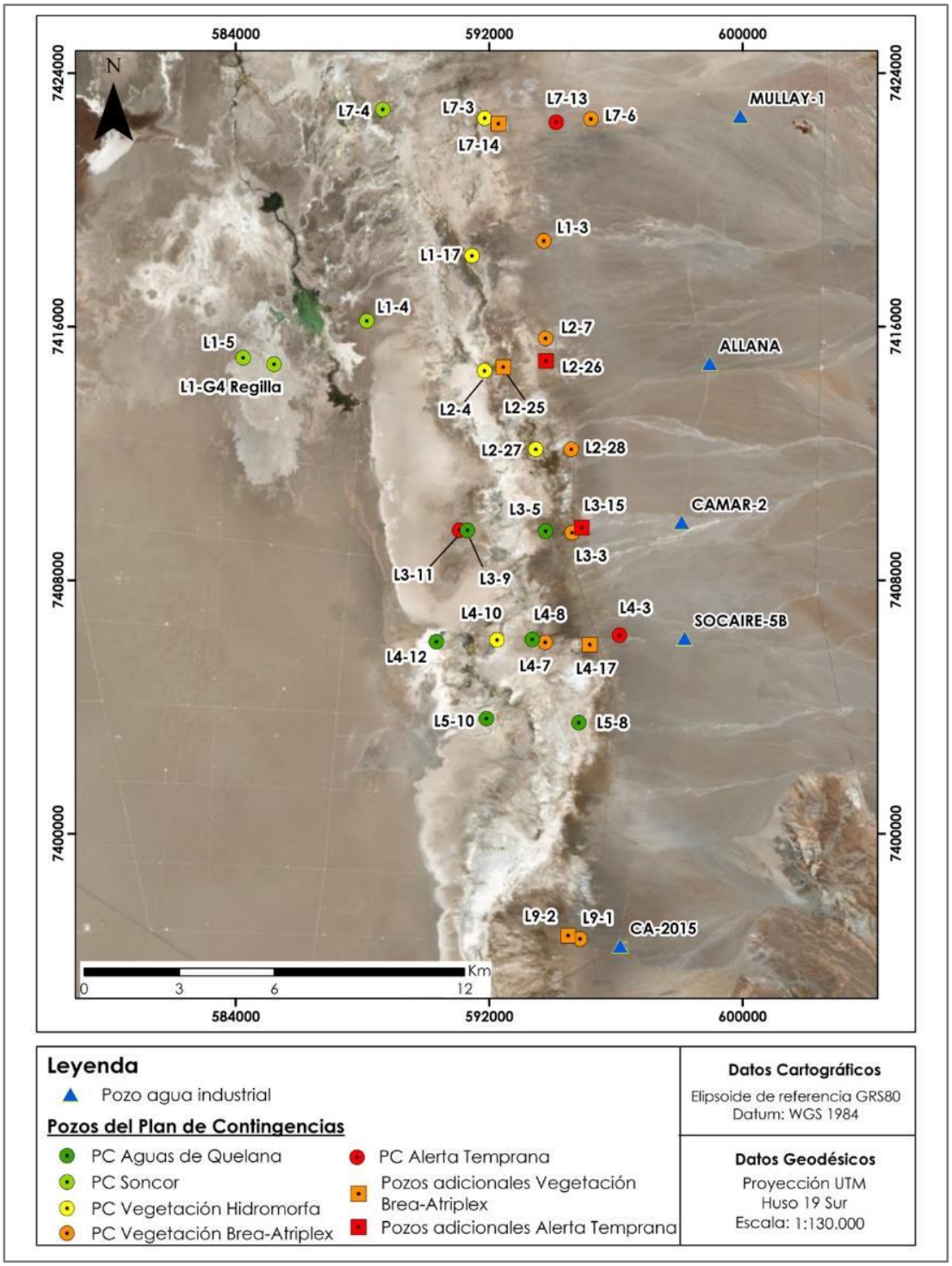
[30] Este compromiso forma parte del Programa de Cumplimiento propuesto a la Superintendencia del Medio Ambiente en el marco del procedimiento F-041-2016. Cabe mencionar que las medidas provisionales decretadas a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, y renovadas mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020, disponen la continuidad de esta acción.

Tabla 4-16: 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 y Res. Ex. 2141/2020 de la SMA
Pozos adicionales	Vegetación Brea-Atriplex	L2-25 L7-14 L4-17 L9-2	Pozos adicionales SQM
	Alerta Temprana	L2-26 L3-15	

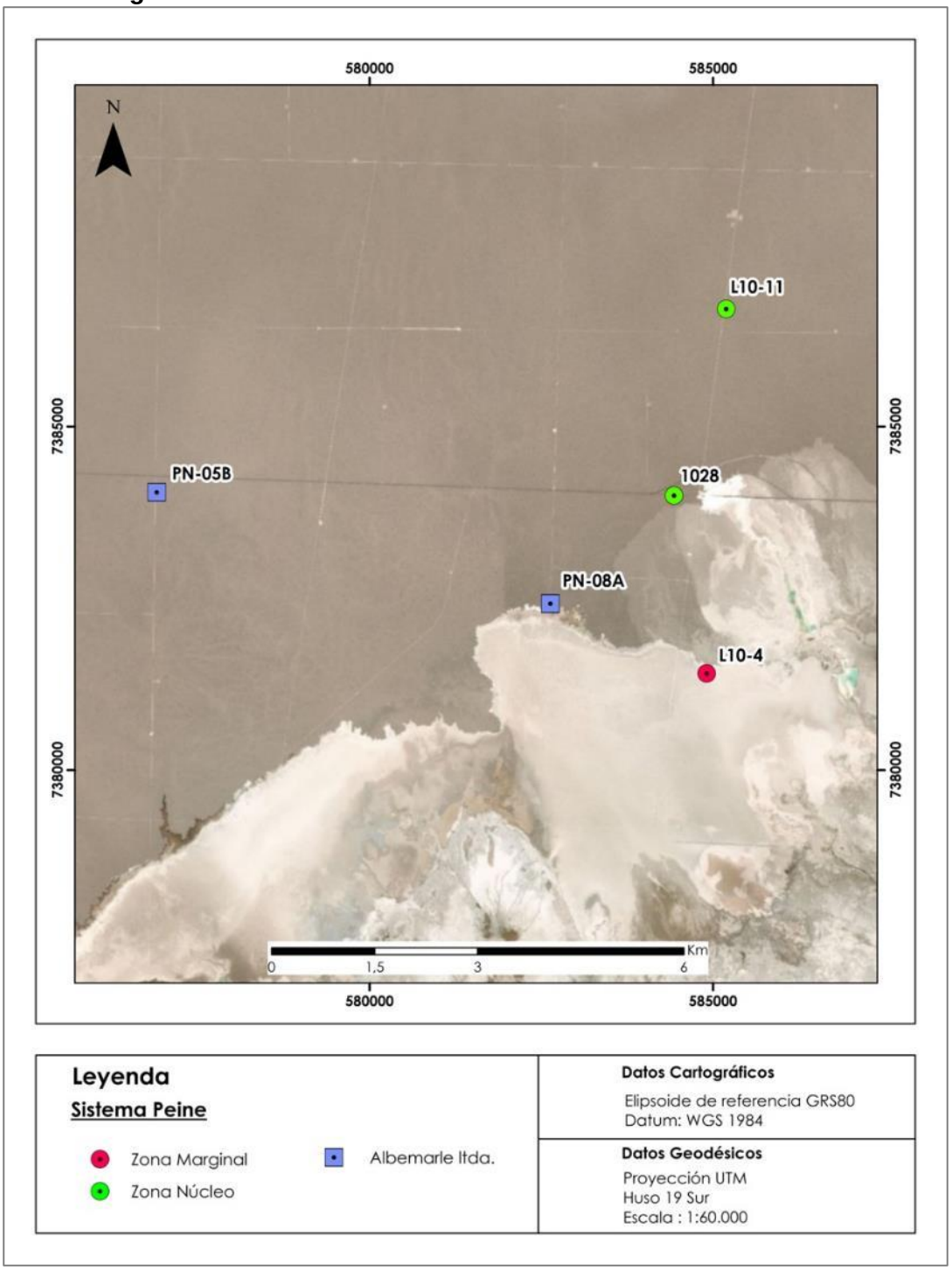
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-12: Ubicación puntos del PC de los sistemas Soncor, Quelana y Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-13: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

4.4. MATERIALES, EQUIPOS Y METODOLOGÍAS DE MONITOREO

A continuación, se expone un listado general de las metodologías y consideraciones utilizadas para el muestreo, medición y análisis que se llevan a cabo para la caracterización de las distintas variables ambientales incluidas en el PSAH, en adición a los materiales y equipos utilizados. En el Anexo 3 se entrega un mayor detalle sobre los procedimientos e instructivos.

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

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

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

Metodología de medición

El monitoreo manual de nivel en pozos es efectuado por SQM (mediciones diarias) y el resto de las mediciones con frecuencia mayor a diaria, por la ETFA (ver Anexo 3.1).

Para el caso de las mediciones ETFA, estas se realizan de acuerdo con el procedimiento PE04-GP-PT, cuyos principales pasos se detallan a continuación:

1) Encender el pozómetro y realizar la medición de nivel según lo que se indica en el instructivo IT-GP-PE04-01.
2) Bajar la cinta métrica por el centro del pozo evitando que este toque las paredes.
3) Observar y registrar la profundidad a la cual se detectó la superficie a la que se encuentra el agua subterránea. Dicha profundidad se mide en la huincha graduada del cable y estará

referida al borde del tubo (metros bajo el nivel del brocal). Para pozos con aguas someras (<10m), o donde se requiera una precisión de 0,5 mm, se recomienda cruzar un vástago sobre la superficie del brocal y hacer la lectura en el centro del pozo.

4) Enrollar la huincha del pozómetro en su carrete. Limpiar huincha usada y sonda, apagar y guardar adecuadamente.

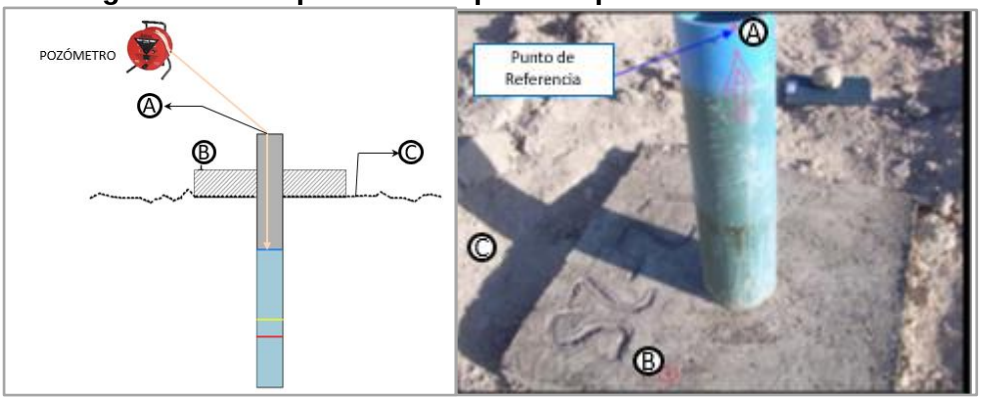
Las mediciones efectuadas directamente por SQM se realizan sobre la base de la siguiente metodología:

1) Verificar estado de pozómetro de acuerdo con el instructivo interno Operaciones I-009 (adjunto en Anexo 3.1).
2) Registrar fecha y hora de visita.
3) Medir con pozómetro el nivel (estático o dinámico) en el pozo desde el punto de referencia establecido o desde el centro del pozo a través de un vástago cruzado sobre la superficie del brocal.
4) Registrar el nivel estático obtenido.
5) Realizar limpieza del pozómetro con agua destilada una vez realizada la medición.
6) Registrar observaciones (cuando corresponda).

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 4-14 muestra la nomenclatura estandarizada para este informe de la siguiente forma:

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

Figura 4-14: Esquema conceptual de pozos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

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

4.4.2. MONITOREO MANUAL DE NIVEL DE AGUA SUPERFICIAL

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

Materiales y/o equipos

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

Metodología de medición

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).

4.4.3. MONITOREO CONTINUO DE NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA

Materiales y/o equipos

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500 o similar
- Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 y 150 metros
- Palm Win Situ, cable conector RS232, cargador para camioneta (según corresponda)
- Piseta con agua destilada
- Flexómetro
- Densímetros
- Tablet y/o planilla de pozos a monitorear

Metodología de medición

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

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

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

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 4-17 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al equipo de Level Troll, relacionado con la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (primer semestre de 2020). Los certificados de calibración de cada Level Troll (identificado por el número se serial) está disponible en el Anexo 3.3. Es necesario destacar que, debido al cierre de RNF a partir de marzo (2020) producto de la pandemia, algunos de los equipos instalados dentro de la reserva podrían estar sin el certificado de calibración vigente.

Tabla 4-17: Relación número serial de Level Troll con el nombre de infraestructura y el periodo instalado

Infraestructura	Periodo de instalación	Serial
2021	27/06/2019 10:15 - Vigente al cierre del periodo	650725
L13-1	17/12/2018 08:06 - 16/03/2020 10:00	593898
	16/03/2020 10:01 - Vigente al cierre del periodo	685612
L13-2	17/12/2018 08:41 - 16/05/2020 13:36	621851
	16/05/2020 13:37 - Vigente al cierre del periodo	685824
L13-3	17/12/2018 09:21 - Vigente al cierre del periodo	621857
L13-4	17/12/2018 10:06 - Vigente al cierre del periodo	620201
L14-4	16/01/2018 14:00 - Vigente al cierre del periodo	548031
L1-G4 POZO	15/03/2019 17:15 - Vigente al cierre del periodo	396408
L2-16	15/11/2018 14:25 - 15/04/2020 15:50	615296
	15/04/2020 15:51 - Vigente al cierre del periodo	711693
L2-23	28/08/2019 15:45 - Vigente al cierre del periodo	153017
L2-9	15/03/2019 17:54 - Vigente al cierre del periodo	389513
L3-10	16/03/2019 11:59 - Vigente al cierre del periodo	638539
L3-13	15/11/2018 17:29 - Vigente al cierre del periodo	614294
L3-5	17/06/2019 10:40 - 16/08/2020 12:17	645267
L3-6	17/06/2019 11:10 - Vigente al cierre del periodo	651775
L3-7	17/06/2019 11:30 - Vigente al cierre del periodo	637860
L3-9	15/11/2018 16:20 - 15/04/2020 16:40	491952
	15/04/2020 16:41 - Vigente al cierre del periodo	650515
L4-12	16/03/2019 12:57 - 16/04/2020 10:50	638562
	16/04/2020 10:51 - Vigente al cierre del periodo	713330
L4-13	15/11/2018 17:55 - Vigente al cierre del periodo	613466
L4-7	16/06/2019 13:55 - Vigente al cierre del periodo	645274
L4-8	16/01/2018 12:59 - Vigente al cierre del periodo	553068

Infraestructura	Periodo de instalación	Serial
L4-9	16/01/2018 13:00 - Vigente al cierre del periodo	553082
L5-10	16/06/2019 10:10 - 16/04/2020 11:50	651777
	16/04/2020 11:51 - Vigente al cierre del periodo	712948
L5-14	16/11/2018 08:45 - Vigente al cierre del periodo	613464
L5-3	16/03/2019 16:51 - Vigente al cierre del periodo	637817
L5-6	16/06/2019 12:25 - 16/06/2020 11:01	638025
	16/06/2020 11:02 - Vigente al cierre del periodo	685598
L5-7	16/12/2018 09:36 - 16/05/2020 09:00	622367
	16/05/2020 09:01 - Vigente al cierre del periodo	685815
L5-8	19/12/2019 11:15 - Vigente al cierre del periodo	680316
L5-G3 POZO	16/01/2018 10:59 - Vigente al cierre del periodo	446778
L7-4	28/06/2019 09:50 - Vigente al cierre del periodo	650738
L7-G2 POZO	17/10/2018 11:15 - Vigente al cierre del periodo	593903
P1-1	09/10/2019 12:46 - 23/04/2020 12:00	670997
	23/04/2020 12:01 - 15/06/2020 10:01	534163
	15/06/2020 10:02 - Vigente al cierre del periodo	685601
P1-2	06/09/2019 10:11 - Vigente al cierre del periodo	670606
P1-3	31/12/2019 12:20 - Vigente al cierre del periodo	548042
P1-4	17/10/2019 13:09 - Vigente al cierre del periodo	535930
P1-5	17/10/2019 13:36 - Vigente al cierre del periodo	548471
P1-6	17/10/2019 14:06 - Vigente al cierre del periodo	675834
P1-7	17/10/2019 14:41 - Vigente al cierre del periodo	675845
P2-1	15/11/2018 12:55 - 15/03/2020 11:00	613468
	15/03/2020 11:01 - Vigente al cierre del periodo	685343
P2-2	15/03/2019 19:04 - 16/01/2020 14:00	396410
	16/01/2020 14:03 - Vigente al cierre del periodo	553243
P2-3	21/11/2019 12:20 - 15/03/2020 11:00	671128
	15/03/2020 11:01 - Vigente al cierre del periodo	685602
P2-4	28/08/2019 16:45 - Vigente al cierre del periodo	670994
P2-5	28/08/2019 16:20 - Vigente al cierre del periodo	409352
PUENTE SAN LUIS POZO	28/06/2019 13:50 - 27/05/2020 11:45	651782
	27/05/2020 11:46 - Vigente al cierre del periodo	685833
REGLILLA BARROS NEGROS SQM	26/02/2019 13:01 - Vigente al cierre del periodo	405897
	17/10/2018 13:10 - 27/05/2020 13:14	592964
REGLILLA BURRO MUERTO SQM	27/05/2020 13:15 - Vigente al cierre del periodo	685812
REGLILLA CHAXAS SQM	15/06/2018 11:00 - Vigente al cierre del periodo	583551
REGLILLA PUILAR SQM	28/06/2019 10:50 - Vigente al cierre del periodo	651111

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE

Para el seguimiento de esta variable se cuenta con varias técnicas y la frecuencia en que se lleva a cabo fue ajustada mediante la Resolución Exenta Nº 244/2010 de la COREMA de la Región de Antofagasta.Para el presente informe Nº 27 correspondería la medición mediante las tres metodologías previstas (ver Tabla 4-15).

Figura 4-15: Métodos y frecuencia para la medición de la superficie lagunar en el PSAH

Tipo de mediciones	Frecuencia de monitoreo según RCA Nº226/2006 y Res. Ex. 244/2010	Monitoreo a reportar en el presente informe PSAH	Próximo informe PSAH en que se reportará
Medición mediante imágenes satelitales	Anual (meses de abril)	Sí	Informe 29 (Primer semestre 2021)
Medición mediante recorrido a pie (RTK)	Cada 5 años	Sí	Informe 37 (Primer semestre 2025)
Medición mediante estacas perimetrales	Trimestral	Sí	Informe 28 (Segundo semestre 2021)

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.

Medición mediante imágenes satelitales

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

Materiales y/o equipos

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

Metodología de medición

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

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

Medición mediante recorrido a pie (RTK)

Para las mediciones de los perímetros y áreas de las lagunas se realiza un levantamiento topográfico con GPS y con la técnica de levantamiento GNSS-RTK.

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

Materiales y/o equipos

- 4 receptores GNSS, modelo Trimble R10 o equivalente

- 1 radio UHF externa de 30W de potencia, que permite enviar el mensaje de corrección en un radio no inferior a los 25 km

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

Medición mediante estacas perimetrales

Para obtener los datos de área de superficie lacustre, se realizan mediciones en los 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 de la consultora Geobiota, contratada por SQM para la ejecución de estas mediciones desde 2019.

Materiales y/o equipos

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

Metodología de medición

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

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

4.4.5. MONITOREO DE CAUDAL DE POZOS DE BOMBEO DE AGUA INDUSTRIAL

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

Materiales y/o equipos

- Flujómetro (Totalizadores): Endress+Hauser Flowtec o similar

Metodología de medición

- Registrar fecha y hora de visita.
- Registrar caudal instantáneo obtenido de flujómetro.
- Registrar volumen acumulado a la fecha de la visita obtenido de flujómetro totalizador.
- Verificar y registrar apertura de válvula (cuando corresponda).
- Registrar observaciones (cuando corresponda).

Para la determinación del volumen mensual se obtiene a partir de la lectura del flujómetro del primer día del mes (t) y 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.

4.4.6. 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.

Materiales y/o equipos

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

Metodología de medición

La medición del caudal pasante por las distintas secciones de aforo es realizada por la ETFA GP Consultores 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 la sección (m) y la altura de agua en el centro (de la 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.

4.4.7. 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.

Materiales y/o equipos

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500 o silimar

Metodología de medición

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

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

En la Tabla 4-18 se muestra la relación de los números de serial correspondiente al equipo de Level Troll, relacionado con la infraestructura en la que ha estado instalado durante el periodo reportado (primer semestre de 2020). Los certificados de calibración de cada Level Troll (identificado por el número serial) está disponible en el Anexo 3.3.

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

Infraestructura	Periodo de instalación	Serial
PUENTE SAN LUIS AFORO	17/03/2019 17:26 - 27/05/2020 12:44	634991
	27/05/2020 12:45 - Vigente al cierre del periodo	685841

Fuente: Elaboración propia.

4.4.8. 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 distinto) y la medición in situ de los parámetros fisicoquímicos. En las siguientes secciones de describe cada caso.

Las muestras recogidas en terreno son luego enviadas al laboratorio. Las muestras son analizadas por ETFAS, que para el periodo reportado en el presente informe son: ALS Life Sciences Chile S.A. (Sede Antofagasta), Universidad Católica del Norte (LSA) (Antofagasta) e Hidrolab S.A (Santiago). 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 10.1.

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

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.

Materiales y/o equipos

En la Tabla 4-19 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 4-19: 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.

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 4-20, según sea agua subterránea o superficial.

Tabla 4-20: 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 4-21: 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 [31])	•	
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.

Medición de parámetros fisicoquímicos en terreno

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

[31] 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.

- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno
- Guantes desechables (especialmente para medición de parámetros orgánicos)
- Agua destilada/desionizada

Metodología de medición

Para la correcta medición de parámetros fisicoquímicos en terreno, se deben efectuar las labores indicadas en la Tabla 4-21 que permitan contar con una muestra representativa del cuerpo de agua. Cabe señalar que las mediciones en terreno son realizadas en forma paralela tanto por una ETFA autorizada por la SMA, como por SQM. La metodología que se sigue en terreno para la medición de los parámetros fisicoquímicos se detalla a continuación:

- Calibración de equipos (sonda multiparámetro).
- Purgado de pozos en caso de aguas subterráneas (cuando corresponda).
- Toma de muestra (Tabla 4-21).
- Vaciar muestra en probeta u otro recipiente (volumen según sea el caso) para medición de parámetros de terreno.
- Medición con equipo multiparámetro y posterior registro de datos.
- Registrar profundidad de la bomba (cuando corresponda).
- Registrar datos, condiciones ambientales y observaciones.
- Limpieza del material utilizado con agua destilada.

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 no validadas.

- **Balance iónico**. Para aquellas muestras que se analizan los iones mayoritarios se verifica el error de cargas entre cationes totales (cat) y aniones (an). Por lo general se suele admitir un valor de 5% con cationes disueltos según la bibliografía existente (Custodio & Llamas, 2001). Dadas las elevadas concentraciones que se encuentran en la salmuera, de acuerdo con la literatura disponible 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 un máximo de 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, este dato se mantiene como no validado y se sugiere que para los futuros análisis no sea considerado.

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

$$[X_{Punto,analito}] \leq Validado\ [X]$$
$$Validado\ [X] = \bar{x} + 2\,\sigma$$

  , “Validado [X]” representa la concentración empleada como valor para detectar valores que pueden considerarse outlayers, “$\bar{x}$” representa el valor promedio de todas las mediciones existentes y “σ” la desviación estándar de las concentraciones para un punto y analito. Los valores que superan este valor son revisados y si procede, se solicita la revisión del análisis al laboratorio. Si después de la revisión por parte del laboratorio se

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

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

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

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

4.4.9. 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.

Materiales y/o equipos

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

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.

4.4.10. MEDICIÓN METEOROLOGÍA

La medición de los parámetros meteorológicos se realiza a partir de las estaciones que SQM dispone en el Salar (KCL y Chaxa). Las estaciones se encuentran equipados con los sensores que se detalla a continuación:

Materiales y/o equipos

- Evaporímetro: NOVALYNX 255-100
- Pluviómetro: Texas Electronics 525 M
- Barómetro: PTB 110 Vaisala
- Monitoreo del viento: Young 05103-5 WS
- Temperatura: T° HR HMP45C Vaisala
- Piranómetro CMP3

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.

4.5. FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS

Las fechas de muestreo, medición y/o análisis que se reportan en este informe corresponden al primer semestre de 2020, que comprende el período de entre el 01 de enero y el 30 de junio, de 2020.

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

4.6. INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS

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

- Habilidad y el conocimiento de la persona que realiza el muestreo y/o la medición.
- Precisión de los equipos.

- Calibración de equipos.
- Representatividad de las muestras.
- Condiciones ambientales.

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

En la obtención de la cota piezométrica las incertidumbres se concentran en la precisión de los equipos de medición como son el pozómetro (± 5 mm[32]), 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 30 minutos y, mediante un valor de densidad de referencia ingresado por el usuario, calcula y reporta el nivel de salmuera en profundidad desde el punto de referencia. Dado que los valores de densidad de referencia para los cálculos son obtenidos por mediciones de terreno efectuadas con frecuencia mensual, los valores de nivel reportados por los transductores cada 30 minutos 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

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

disminuir durante los eventos de precipitación. Los puntos de este tipo son la minoría de los de medición continua.

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

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

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

En la obtención de la superficie de las lagunas mediante el procesamiento de imágenes satelitales que se realiza en abril de cada año, la incertidumbre se asocia a la resolución de dichas imágenes, esta resolución se mide en función del tamaño del píxel de la imagen. A cada píxel de las imágenes se le asigna un valor, correspondiente a la longitud de onda registrada por el satélite que integra toda la información del área del píxel. Como consecuencia, a mayor tamaño de píxel, menor precisión. Las imágenes satelitales utilizadas para la medición de superficies lacustres presentadas en este documento tienen alta resolución espacial (pixeles pequeños), la que se presenta a continuación:

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

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

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

Por otro lado, la superficie de las lagunas se mide mediante estacas perimetrales, en los meses de enero, abril, julio y octubre. Este método es aproximado ya que utiliza la presencia de agua en ciertos puntos prefijados (estacas) para generar polígonos y así estimar la superficie cubierta con agua, por lo que es menos exacto que el método de las imágenes satelitales y que la medición mediante topografía.

Finalmente, los caudales medidos mediante flujómetro Endress+Hauser Flowtec y Yokogawa tienen un error de ± 0,5 % del flujo medido.

4.7. EVENTOS POSTERIORES AL PERÍODO REPORTADO

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

i. Con fecha 27 de mayo de 2020, SQM Salar S.A. presentó ante el Servicio de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto “Actualización Plan de Alerta Temprana y Seguimiento Ambiental, Salar de Atacama”. El proyecto sometido al SEIA considera la evaluación de los siguientes aspectos: i) Actualización de los Planes de Contingencias (Plan de Alerta Temprana) de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este; (ii) Desarrollo de Plan de Contingencias (Plan de Alerta

Temprana) para el Sistema Peine, acorde a las características de los planes de contingencias de los demás sistemas ambientales.

El Proyecto fue admitido a trámite mediante Resolución Exenta N° 133, de 02 de julio de 2020, del Director Regional del SEA de la Región de Antofagasta, no obstante, a la fecha de presentación de este reporte, no se ha iniciado su evaluación por haberse suspendido el procedimiento por parte del SEA por estimarse que la situación de contingencia sanitaria derivada del brote de COVID-19 puede imposibilitar la reanudación de las actividades de participación ciudadana y reuniones a que se refiere el artículo 86 del Reglamento del SEIA.

ii. La Res. Ex. N°24/Rol F-041-2016, de 7 de enero de 2019, que había aprobado el PdC propuesto por SQM Salar S.A., fue dejada sin efecto mediante Res. Ex. N°28/Rol F-041-2016, de 30 de julio de 2020, en cumplimiento de la sentencia dictada por el Primer Tribunal Ambiental de Antofagasta de 26 de diciembre de 2019 (R-17-2019).

iii. Mediante Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales que incluyen la aplicación de los umbrales de activación de fase I y II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto calificado mediante RCA N° 226/2006, como en los pozos PN-05B y PN-08A del sector Alerta Núcleo del Plan de Alerta Temprana del considerando 10.18 de la RCA N°21/2016, y las correspondientes medidas de control, cuando corresponda, dando continuidad a las respectivas acciones que contempla el PdC propuesto.

Es oportuno señalar que, con fecha 28 de mayo de 2020, SQM Salar S.A. ya había declarado a la Superintendencia que continuaría considerando los indicadores, umbrales y medidas de control para el sistema Peine como plenamente exigibles y aplicables hasta que se cuente con resolución de calificación ambiental favorable que establezca un nuevo instrumento aplicable a este sistema lacustre.

Por otra parte, mediante la Res. Ex. Nº 2141 del 28 de octubre de 2020, la SMA ha renovado las medidas provisionales ordenadas mediante la Res. Ex. Nº 1367/2020 por un

plazo de 30 días corridos y en las condiciones indicadas en la resolución y ha solicitado a SQM Salar S.A. la elaboración y envío de un informe de cumplimiento de medidas, que incorpore los medios de verificación indicados en la resolución.

iv. Con fecha 26 de octubre de 2020, la SMA mediante la Res. Ex. N° 29/Rol F-041-2016, de 26 de octubre de 2020, formuló observaciones al Programa de Cumplimiento Refundido, Coordinado y Sistematizado presentado por SQM Salar de 14 de septiembre de 2018 y complementado, mediante presentación de fecha 20 de noviembre de 2018. Ante ello, con fecha 30 de noviembre de 2020, SQM Salar presentó en la forma y oportunidad exigida, una nueva versión del Programa de Cumplimiento Refundido, Coordinado y Sistematizado y sus Anexos, que incorpora las observaciones consignadas en el Resuelvo I de la Resolución Exenta N°29/Rol F-041-2016.

v. Durante el segundo semestre de 2020, se han producido las siguientes activaciones de Fase II:

a) L1-5 y L1-G4: estos puntos activaron la Fase II los días 1 y 4 de agosto de 2020 respectivamente. Este hecho fue informado a la SMA mediante la carta conductora Nº GMPL 124/2020. En medición de 27 de agosto de 2020 se registraron niveles sobre el umbral de Fase II para ambos indicadores, condición de desactivación del Plan de Contingencias. El informe de investigación se entregó el día 1 de septiembre de 2020, mediante la carta Nº159/2020. Esta activación pertenece al segundo semestre de 2020, por lo que será abordada en el Informe del PSAH Nº28.

5. RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE DE 2020

En esta sección se presentan los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico y del Plan de Contingencias (PC), en este orden, obtenidos durante el primer semestre del año 2020.

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 en evaluación 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.
- 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.

Cabe mencionar que, de acuerdo a las instrucciones impartidas por la SMA, las mediciones de los indicadores de estado que se realizan de forma diaria son efectuadas por SQM. No obstante, a partir de este semestre reportado, SQM solicitó a la ETFA que realizara mediciones adicionales, con el objetivo de validar las mediciones realizadas por SQM por un tercero.

5.1. MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO

En el presente capítulo se exponen los registros de los monitoreos, mediciones y/o análisis efectuados en el marco del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico desde enero hasta junio de 2020, agrupados según los siguientes sistemas y áreas de control (ver apartado 4.1.2):

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

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

- Nivel del agua (subterránea y superficial)
- Meteorología
- Caudal bombeado
- Calidad química
- 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 ha optado por presentar mediante gráficos todos los resultados obtenidos en el período, ya sean éstos puntuales, continuos o efectuados por alguna entidad externa (si fuere el caso), junto con las tablas que detallan la fecha y la medición puntual correspondiente. En el caso de los pozos pertenecientes al PC, que disponen de una medida diaria, en las tablas se exponen los máximos y mínimos mensuales a modo de referencia.

En el caso de los niveles, para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo como el nivel del agua subterránea o superficial (según corresponda) expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 6.1 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período objeto del presente informe de agua subterránea y superficial, con el formato de acuerdo a la Res. 894/2020, que incluye las mediciones en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm), mestros bajo el punto de referencia (mbpr) y metros bajo el nivel del terreno (mbnt).

En el Anexo 4 se adjuntan los informes elaborados por parte de la ETFA de niveles y medición de caudal de agua subterránea, donde además se respalda y justifica en el caso que los puntos no hayan podido ser visitados.

Los resultados de los aforos (caudal de agua superficial) se encuentra en el Anexo 9[33] y el caudal medio mensual resultante de las extracciones de los pozos de agua industrial para este semestre se entrega en el Anexo 8. En el Anexo 10.3 se entregan los resultados obtenidos en el análisis

[33] En la elaboración del presente reporte, se observó que el anexo correspondiente a los caudales de agua superficial del Informe Nº26 del PSAH no reportó adecuadamente los campos “RangoInferiorMedicion” y “RangoSuperiorMedicion”; se reportaron en unidades de velocidad (m/s), que es el valor que el fabricante emite. Se observó que la SMA menciona que estos campos deben ser reportados en unidades de caudal (m^3/s o L/s). En el Anexo 9 del presente reporte se entregan de nuevo los registros correspondientes al Informe Nº26, con dichos campos adecuadamente calculados.

de la imagen satelital de alta resolución y en el Anexo 11.2 las mediciones recopiladas de las estaciones meteorológicas.

En el Anexo 7 se agrupa toda la información referente al parámetro de calidad: en el Anexo 7.1 se entregan todos los informes entregados por las ETFAs, donde también se indican los puntos que no pudieron ser muestreados. En el Anexo 7.2 se entregan todas las comunicaciones que se ha intercambiado con los diferentes laboratorios. Finalmente, en el Anexo 7.3 se entregan todos los resultados de calidad obtenidos para este primer semestre de 2020, esto incluye también los perfiles de conductividad eléctrica[34].

Por otro lado, en el Anexo 5 se presentan todas las comunicaciones y resoluciones que afectan al actual periodo reportado; en el Anexo 5.1 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 5.2 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). Finalmente, en el Anexo 5.4 se presentan las cartas emitidas por SQM para informar de las incidencias que hayan podido causar que las mediciones y muestreos no se hayan podido llevar con normalidad.

Por último, en el Anexo 12 se entrega de forma tabulado el detalle de la estratigrafía y habilitación de los piezómetros y pozos que forman parte de la red del PSAH que se está presentando en este reporte.

[34] Se ha detectado, durante la elaboración del presente informe, que no se llegaron a entregar los valores de los perfiles de conductividad eléctrica corregidos para el mes de diciembre 2018. Esta corrección fue explicada con detalle en el Informe Nº 25 del PSAH; aplicaba al periodo diciembre 2018-junio 2019 y en dicho informe, por error, solo se entregó lo correspondiente al semestre de reporte (enero-junio 2019). En el Anexo 7.3 se hace entrega de los datos faltantes de forma tabulada (diciembre 2018) y en el Anexo 7.4, con el fin de facilitar la revisión, se adjunta de nuevo el informe técnico que respalda y describe dicha corrección (este informe ya fue entregado en el Informe Nº 25 del PSAH).

5.1.1. RESUMEN DE PUNTOS NO VISITADOS

Este es el segundo semestre que el "Protocolo de monitoreo ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la Reserva Nacional Los Flamencos" se encuentra en funcionando y que ha restringido el acceso a las zonas de la Reserva Nacional Los Flamencos (RNF). Este protocolo entró en vigor a contar del 14 de junio de 2019 de forma permanente según Resolución Nº 56/2019 de la Región de Antofagasta, que se encuentra adjunta en Anexo 5.1. El área que comprende la Reserva[35] fue modificada el 9 noviembre de 2019[36], quedando fuera de la zona restringida 7 puntos del PSAH (uno de ellos indicador de estado; L1-G4 Reglilla) de RNF Soncor y 1 punto de RNF Aguas de Quelana (L13-7), por el contrario, pasó a estar dentro del polígono un punto (L2-27), que es además indicador de estado.

Casi la mitad de los puntos de control que dispone SQM en estos sistemas se encuentran dentro de esta área, ya que precisamente tienen por objetivo el monitoreo de los objetos de protección, por lo que ha supuesto que muchos de los puntos no hayan podido medirse o muestrearse; si bien CONAF había informado fechas para la ejecución de actividades para el primer trimestre de 2020, estas actividades no pudieron concretarse. El día 17 de marzo de 2020 SQM hizo entrega a la SMA de la carta GMPL 040/2020 (Anexo 5.4) que informa sobre la imposibilidad de realizar las actividades de monitoreo durante los meses de enero y febrero en RNF debido a las limitaciones de acceso impuestas por el mismo protocolo. Además de los puntos que no han sido posible visitar para mediciones y muestreos de calidad, que se detallan a continuación, tampoco ha sido posible la realización de levantamiento de las superficies lagunares mediante estacas perimetrales, que debía ser ejecutado en el mes de enero (con una frecuencia trimestral), según está establecido en la RCA Nº226/2006.

[35] La cobertura oficial es el plano II-3-3232-C-R, Sectores 4 y 5, cartografía oficial de acuerdo al D.S. 50/1990, dónde corresponde aplicar las coordenadas (convertidas al sistema de referencia actual, Datum WGS 84 UTM Zona 19S) especificadas en el plano del D.S. 50/1990

[36] Este hecho fue descrito en el Informe del PSAH Nº 26.

En los meses de enero y febrero se ingresó a RNF Aguas de Quelana a partir de indicación recibida por vía telefónica en los días 10 y 28 de enero y 27 y 28 del mes de febrero. Entre estos días, se consiguió medir la totalidad de niveles y reglillas (34 puntos), en ambos meses. No obstante, cabe mencionar que, conforme al compromiso asumido en PdC, los puntos del PC debieran haber contado con una medición diaria, mientras que solo fueron medidos en los días señalados.

En el caso de RNF Soncor, la carta Nº1/2020 emitida por CONAF (se encuentra adjunta en Anexo 5.1) concedía el ingreso para enero en el día 10 para el sector del Canal Burro Muerto y el día 28 para el sector del Centro turístico Chaxa y Canal Burro Muerto. En total fueron visitados 10 puntos, de entre los cuales se encuentra la medición del aforo del Puente San Luís. Por el contrario, no se pudieron muestrear 3 de los puntos del sistema Soncor durante la campaña trimestral de química del mes de enero. Para febrero, la misma carta Nº1/2020 concedía ingreso el día 17 en el sector del Canal de Burro Muerto y se visitaron 9 puntos. Se destaca que los puntos L7-7 y 1027 no se encuentran ubicados dentro del área restringida de RNF, pero su acceso sí[37], por lo que cuando no se obtiene el permiso de ingreso para el paso por el Centro turístico de Chaxa, estos puntos no pueden ser visitados.

Para el mes de marzo también la carta de CONAF Nº1/2020 concedía permiso de ingreso a RNF Soncor varios días. No obstante, debido a la contingencia sanitaria del COVID-2019, a través de la Resolución Nº162/2020 (Anexo 5.1) se procedió al cierre preventivo de todas las Áreas Silvestres Protegidas del Estado administradas por CONAF a partir del 18 de marzo y hasta nuevo aviso[38]. Esto implicó que, durante el mes de marzo, y en los meses siguientes, no se visitó ninguno de los puntos dentro de las reservas, incluyendo los dos puntos del sistema Soncor con el acceso a través de RNF. En el mes de abril tampoco se pudo ingresar para las mediciones de nivel y aforos ni para tampoco el muestreo químico de la campaña de ese mes. Respecto al mes de mayo, el día 27 se logró ingresar al sector del Canal Burro Muerto y Centro turístico Chaxa

[37] El acceso a estos puntos está controlado mediante la barrera que permite el ingreso al centro turístico, cuando éste esta cerrado, la barrera se mantiene bajada y por tanto no se puede acceder.

[38] En el momento de la elaboración del presente reporte, se mantiene el cierre.

acompañados de personal de CONAF y la Comunidad de Toconao. En esta instancia se pudo medir el nivel en 4 puntos, descargar los datos continuos para los 3 puntos allí ubicados, realizar el aforo en el Puente San Luís y tomar una muestra química para el Canal Burro Muerto. De nuevo, en el mes de junio no fue posible ingresar a RNF Soncor.

En el caso de RNF de Aguas de Quelana se ingresó entre los días 15 y 16 de abril de 2020, donde se priorizó la medida en los puntos del PC, visitando entonces 7 puntos. En este mismo mes y con autorización otorgada por vía telefónica por parte de CONAF, se empezó a medir de forma diaria el punto L2-27, atendido que los antecedentes daban cuenta de una potencial activación de la Fase II y no se disponía de ninguna medición desde febrero de 2020. Además, se consideró que la visita al punto del personal de SQM no suponía un riesgo de afectación a la Reserva al encontrarse a unos 20 m del límite de la misma. La frecuencia diaria de medición de este punto se ha mantenido durante todo el periodo reportado, ya que el punto efectivamente se encontró con un nivel inferior al umbral de Fase II (ver más detalle en el apartado 5.2), por lo que se estimó prudente mantener la frecuencia de monitoreo.

Tabla 5-1: Resumen de autorizaciones a RNF

	Áreas de acceso	Días de acceso a RNF	Número de puntos visitados	Identificador de la resolución emitida por CONAF
Ene-20	**RNF Aguas de Quelana**	21 y 25/01/2020	34	Autorización otorgada por vía telefónica
	RNF Soncor	10 y 28/01/2020	10	Nº 1/2020
Feb-20	**RNF Aguas de Quelana**	27 y 28/02/2020	34	Autorización otorgada por vía telefónica
	RNF Soncor	17/02/2020	9	Nº 1/2020
Mar-20	**RNF Aguas de Quelana**	-	0	-
	RNF Soncor	11, 12, 16 y 24/03/2020	0	Nº 1/2020
Abr-20	**RNF Aguas de Quelana**	15 y 16/04/2020	7	Autorización otorgada por vía telefónica
	RNF Soncor	-	0	-
May-20	**RNF Aguas de Quelana**	-	1	Autorización otorgada por vía telefónica
	RNF Soncor	27/05/2020	4	Autorización otorgada por vía telefónica
Jun-20	**RNF Aguas de Quelana**	-	1	Autorización otorgada por vía telefónica
	RNF Soncor	-	0	-

Fuente: Elaboración propia.

Además del cierre de RNF, otro de los efectos de la pandemia fue que entre los días 22 y 28 de abril SQM no pudo ofrecer alojamiento al personal de la ETFA, ya que el campamento Andino redujo la capacidad por seguridad. Esto implicó que para el mes de abril no se pudieran visitar un total de 28 puntos del PSAH. La forma en que éstos se distribuyen en las áreas de monitoreo se muestra en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Puntos no visitados por la ETFA en abril 2020 por los efectos de la pandemia

Área de monitoreo	Número total de puntos no visitados	Descripción
Sistema Soncor	7	L1-1, L1-2, L2-8, L7-1, L7-2, Mullay-1, Aforo Barros Negros
Sistema Aguas de Quelana	-	-
Sistema Vegetación Borde Este	1	L7-15
Sistema Peine	6	1024, 2018, 2037, L10-12, L10-16, L10-17
Sector Vegas de Tilopozo	-	-
Núcleo del Salar de Atacama	13	1001, 2028, 2040, E-101, E-324, M1-C, M2-C, M7, Sample-4, SOPE-6, SOPM-12C, SOPM-2, ZAR-C-S
Cuña salina	1	Cuña 3

Fuente: Elaboración propia.

Además de las restricciones de acceso a la Reserva Nacional antes descrito, otro factor que ha impedido realizar el levantamiento de información para enero, febrero, marzo, abril y mayo es la negativa por parte de la Comunidad de Peine al ingreso del personal de SQM (o personal subcontratado por SQM) a parte del Sistema Peine. Esto impide poder visitar dentro de este sistema 2 pozos tipo cuña, 13 pozos para medida de nivel (1 de ellos se muestrea para calidad trimestralmente), 3 reglillas para medida de nivel agua superficial, 2 puntos de aforo y el acceso a las 3 lagunas para medidas de superficie lagunar (estacas perimetrales) y muestreo químico. En los meses de enero y febrero de 2020 se solicitó formalmente acceso a través de las caretas GMPL 005/2020 y GMPL 014/2020 (Anexo 5.2), las que no obtuvieron respuesta de parte de la Comunidad. Con posterioridad, ante el brote epidémico de COVID-19, la adopción de medidas por parte de las autoridades y las complejidades que ha supuesto esta emergencia sanitaria para las comunidades del Salar de Atacama, se decidió suspender temporalmente las gestiones para obtener el ingreso a los sectores involucrados. En el mes de junio se recibió comunicación de la Comunidad de Peine (carta Nº 42/2020 enviada a SQM el día 15 de junio de 2020, Anexo 5.2), por medio de la cual se informó que se mantenía la suspensión de todas las actividades de monitoreo, producto de la contingencia sanitaria.

En igual situación se encuentran los puntos del PSAH ubicados en el sector de Vegas de Tilopozo, los que han estado sin poder visitarse desde el pasado mes de octubre de 2019, ya que la Comunidad de Peine mantenía el acceso restringido. Esta restricción se ha mantenido durante los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2020, por lo que para estos meses no se dispone de mediciones en los 5 puntos del PSAH. A partir de mayo ya se pudo acceder a éstos.

Finalmente, los 3 puntos ubicados en el sector de Tambillo, al norte del sistema Soncor, siguen sin poderse visitar debido a la existencia de pretiles que cortan el camino de acceso e impiden llegar a los puntos de medición. Esta situación se reporta en cada uno de los reportes mensuales que efectúa la ETFA y que se encuentran en el Anexo 4.

En otra línea, para este primer semestre de 2020 estaba previsto el recorrido a pie de las lagunas (RTK) (actividad comprometida en la RCA 226/2006 con una frecuencia de 5 años), junto con la toma de los puntos de control en terreno para el análisis de la imagen satelital de abril (frecuencia anual, según RCA 226/2006). Ninguna de las dos actividades, previstas para realizar en el mes de abril, se han podido ejecutar hasta el momento de la elaboración de este reporte. Tal y como se ha descrito, la Reserva Nacional Los Flamencos cerró su acceso en el mes de marzo producto la pandemia (Res. Nº162/2020 de CONAF), situación que se mantiene hasta la fecha de presentación de este reporte. En el caso de las lagunas del Sistema Peine, durante los meses de abril y mayo la Comunidad de Peine no ha permitido ninguna actividad en esta zona al personal asociado a SQM, y en junio el acceso se mantuvo cerrado producto también de la pandemia. De esta forma, la realización del RTK queda pospuesto para el momento en que se pueda ingresar de nuevo a estas áreas.

Por otro lado, tal y como se acaba de mencionar, tampoco se han podido tomar los puntos de control en terreno que permiten mejorar el resultado para el cálculo de la superficie lagunar a través de la imagen satelital del mes de abril, por los mismos motivos que los descritos para el caso del RTK. Esta actividad ya no se prevé realizar hasta el mes de abril de 2021 y que se integrará en el informe del PSAH Nº 29, que es el siguiente reporte que incluye este análisis. Por lo que, tal y como se describirá con más detalle, el actual reporte de la superficie lagunar mediante imágenes satelitales no incluye este input.

Los siguientes apartados describen el resultado del muestreo para el primer semestre de 2020, para cada sistema, o área de muestreo. Como se puede extraer de lo antes descrito, existe un gran número de puntos que no han podido visitarse, por lo que al inicio de cada apartado se expone una tabla resumen de toda la infraestructura con el detalle los puntos no han podido visitarse para cada mes, junto con el motivo principal que lleva a esa situación. El respaldo de los puntos no visitados se encuentra en el anexo respectivo a cada variable (nivel, calidad, aforo y superficie lagunar), y que ha sido reportado por la ETFA correspondiente[39].

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 (87 puntos), meteorología (1 estación), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (17 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (3 lagunas). Los resultados para el primer semestre de 2020 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-3 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

[39] A excepción de la extensión lagunar que no es medido por una ETFA, en este caso, por la empresa especialista contratada para esta medición.

Tabla 5-3: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor por una ETFA

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
E. Barros Negros	E. Aforo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
E. Puente San Luis	E. Aforo			x	x		x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
1027	Pozo		x	x	x		x	No se encuentra dentro de RNF, pero el camino para su acceso sí, a través de la carretera del centro turístico de Chaxa
L1-1	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L1-10	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L11-1	Pozo	x	x	x	x	x		Pretil corta acceso
L1-11	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L11-2	Pozo	x	x	x	x	x	x	Pretil corta acceso
L1-12	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-13	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-14	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-15	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-16	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-2	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L1-7	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-8	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L1-9	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L2-10	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L2-16	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L2-22	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L2-23	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L2-24	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L2-8	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L7-1	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L7-10	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L7-11	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L7-12	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L7-2	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L7-4	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L7-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L7-7	Pozo	x	x	x	x	x	x	No se encuentra dentro de RNF, pero el camino para su acceso sí, a través de la carretera del centro turístico de Chaxa
L7-G2 Pozo	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P1-3	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P1-4	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P1-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P1-6	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P1-7	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P2-3	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P2-4	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
P2-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
RC-1	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor

RC-2	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
RC-3	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
RC-4	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
RC-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
RC-6	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
RC-7	Pozo	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
MULLAY-1	Pozo Bombeo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
Reglilla Barros Negros SQM	Reglilla	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
Reglilla Burro Muerto SQM	Reglilla			x	x		x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
Reglilla Chaxas SQM	Reglilla	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L11-G1	Reglilla	x	x	x	x	x		Pretil corta acceso
L7-G1	Reglilla	xx	x	x	x	xx	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
L7-G2 Reglilla	Reglilla	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
Puente San Luis Reglilla	Reglilla			x	x		x	Restricción de ingreso a RNF Soncor
Reglilla Puilar	Reglilla	x	x	x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Soncor

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado; xx: punto no muestreado en la campaña de calidad; 1: punto con mediciones de nivel con una frecuencia menor a la comprometida.

Nivel del agua subterránea y superficial

Se presentan los niveles de todos los pozos y reglillas que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Soncor, tal como se muestra en la Figura 4-4 y en la Tabla 4-3. Los resultados de las mediciones del presente apartado no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH solo define umbrales para aquellos puntos que pertenecen al PC y éstos se muestran junto con sus umbrales en el apartado 5.2.

Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 forman parte tanto del monitoreo de niveles del sistema Soncor como del sistema Vegetación Borde Este, pero para mayor claridad de su presentación, solo serán presentados en esta sección.

Pozos en zona aluvial

En la Tabla 5-4 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el primer semestre del año 2020 en los 11 puntos de control de nivel del acuífero de la zona aluvial del Sistema Soncor. Para el caso de los pozos L1-3, L7-6 y L2-7 se muestran las medidas mínimas y máximas mensuales ya que esto puntos pertenecen al Plan de Contingencias y por tanto son monitoreados de forma diaria. Los resultados gráficos de niveles se muestran en la Figura 5-1, mientras que los niveles dinámicos de los pozos de extracción de agua industrial se muestran en la Figura 5-2.

Las medidas diarias de los indicadores del PC son responsabilidad de SQM, no obstante, se solicitó que la ETFA midiera adicionalmente estos puntos. Por lo que, los puntos L1-3, L7-6 y L2-7 disponen de medidas por parte de GP Consultores en el mes de abril. Éstas se muestran, junto con el resto de las mediciones de SQM, en la Figura 5-1, y se encuentran tabuladas en el Anexo 6.1.

Tal y como se ha descrito en el apartado 5.1.1 Resumen de puntos no visitados, en abril la ETFA no pudo medir los puntos L1-1, L1-2, L7-1, L7-2 y Mullay-1. SQM midió el nivel en los 3 últimos puntos descritos con el fin de no perder información.

Por otro lado, como puede verse en la Figura 5-1, además de los indicadores de estado que disponen de medidas con frecuencia diaria, los puntos L1-1, L1-2, L2-2, L2-3 y L7-15 (este último se presenta en el Sistema Vegetación Borde Este) se midieron de forma diaria por SQM para el semestre reportado, ya que en previsión de potenciales activaciones de Fase II de los indicadores L1-17 y L2-27 (el primero no llegó a activar, el segundo sí lo hizo en abril 2020, ver apartado 5.2) se consideró necesario aumentar el volumen de información en estos sectores.

Tabla 5-4: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor

L1-1		L1-2		L2-2		L2-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/01/2020 12:24	2.327,976	22/01/2020 10:34	2.324,430	20/01/2020 15:29	2.323,545	20/01/2020 16:14	2.322,551
20/02/2020 16:34	2.328,112	21/02/2020 11:13	2.324,430	19/02/2020 12:47	2.323,538	19/02/2020 13:08	2.322,532
20/03/2020 9:41	2328,176 (1)	20/03/2020 12:37	2.324,436	19/03/2020 16:32	2.323,586	19/03/2020 16:47	2.322,552
24/04/2020 10:33	2328,177 (1)	21/04/2020 10:37	2324,423 (1)	21/04/2020 13:29	2.323,585	21/04/2020 13:44	2.322,553
21/05/2020 10:54	2328,204 (1)	21/05/2020 13:08	2.324,436	21/05/2020 11:21	2.323,579	21/05/2020 11:33	2.322,536
20/06/2020 17:13	2.328,276	20/06/2020 14:35	2.323,610	20/06/2020 14:35	2.323,610	20/06/2020 14:49	2.322,560

L7-1		L7-2		Mullay-1		Allana	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/01/2020 11:56	2.332,659	22/01/2020 11:10	2.329,714	20/01/2020 15:51	2.323,707	20/01/2020 15:14	2317,809
21/02/2020 12:09	2.332,664	21/02/2020 11:50	2.329,721	20/02/2020 16:08	2.328,816	19/02/2020 12:25	2320,601
24/03/2020 12:35	2.332,686	20/03/2020 15:37	2.329,748	20/03/2020 16:26	2.329,034	20/02/2020 17:06	2320,624
22/04/2020 16:22	2332,714 (1)	22/04/2020 16:07	2329,746 (1)	24/03/2020 13:17	2329,014 (2)	19/03/2020 16:07	2320,75
21/05/2020 13:46	2.332,733	21/05/2020 13:33	2.329,749	22/04/2020 16:48	2328,908 (1)	21/04/2020 13:13	2320,774
20/06/2020 16:52	2.332,744	20/06/2020 16:36	2.324,431	21/05/2020 12:18	2.329,143	21/05/2020 11:08	2320,769
				26/05/2020 11:00	2329,131 (2)	20/06/2020 13:21	2320,798
				20/06/2020 17:21	2.329,198		

L1-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2.319,887	2.319,903
feb-20	2.319,877	2.319,888
mar-20	2.319,864	2.319,878
abr-20	2.319,855	2.319,864
may-20	2.319,849	2.319,856
jun-20	2.319,849	2.319,868

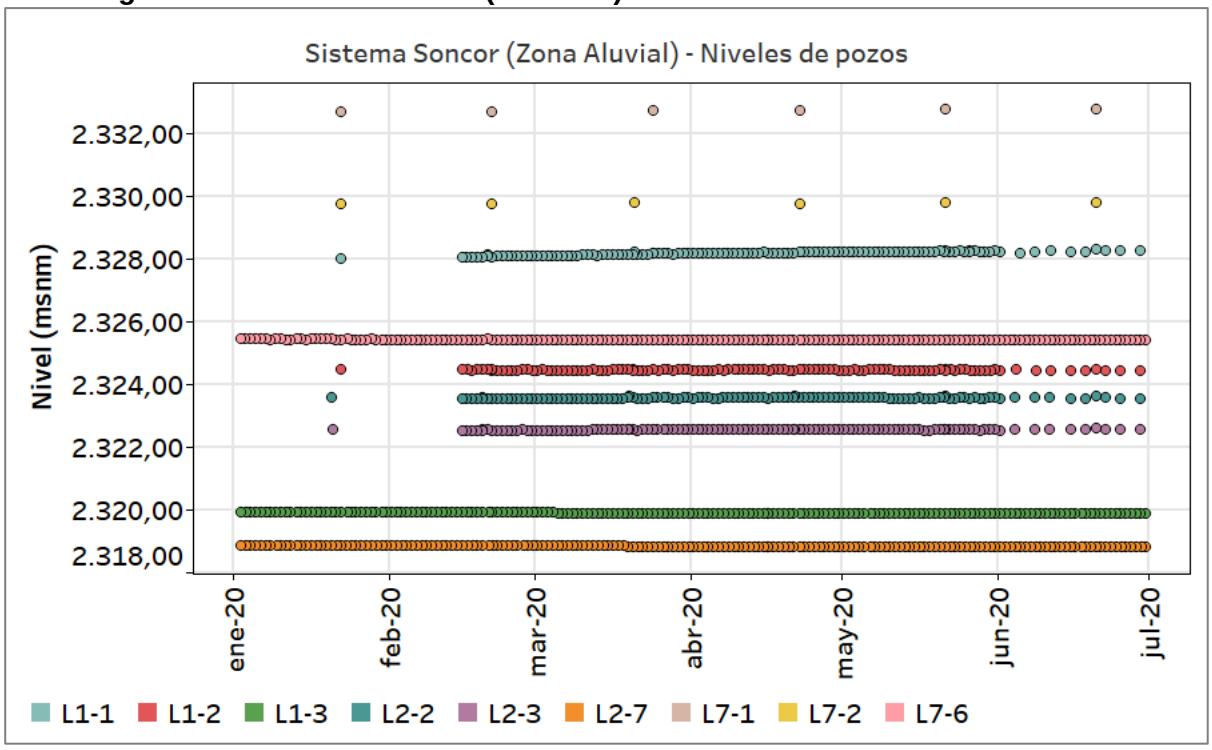
L7-6		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2.325,400	2.325,419
feb-20	2.325,397	2.325,409
mar-20	2.325,389	2.325,400
abr-20	2.325,385	2.325,398
may-20	2.325,382	2.325,396
jun-20	2.325,381	2.325,405

L2-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2.318,830	2.318,844
feb-20	2.318,818	2.318,829
mar-20	2.318,807	2.318,818

abr-20	2.318,800	2.318,807
may-20	2.318,794	2.318,801
jun-20	2.318,793	2.318,809

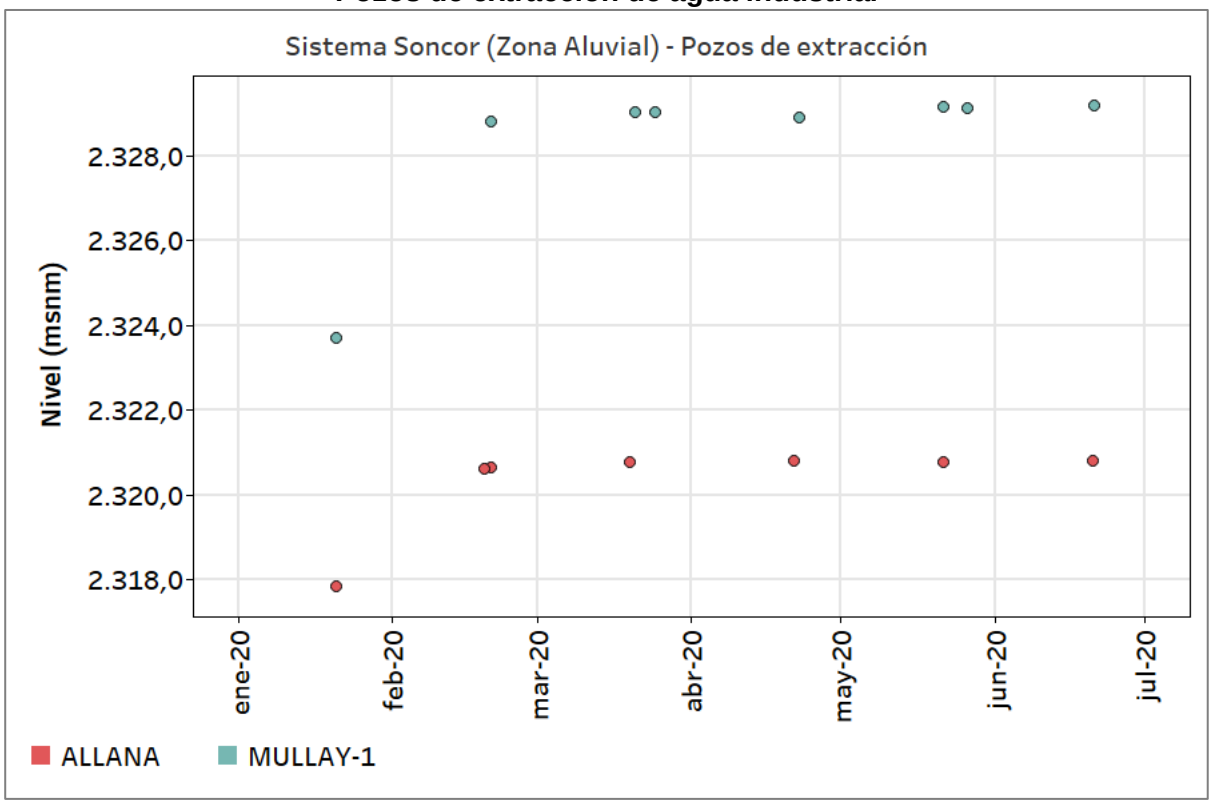
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

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.

Pozos en zona marginal

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo efectuado durante el primer semestre del año 2020 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 obtenidos de acuerdo con la ubicación geográfica, dando como resultado seis subgrupos: subsector Puilar, subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros, subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa, subsector Descarga Cola de Pez, subsector Desborde Sur de la Laguna Barros Negros y Sector Norte de Laguna Chaxa. A continuación, se muestran los resultados para cada grupo.

Subsector Puilar

En la Tabla 5-5 se presentan las mediciones manuales de nivel de los 4 piezómetros del subsector Puilar y en la Figura 5-3 se muestran los resultados gráficamente.

El pozo L7-4 forma parte del Plan de Contingencias, por lo que se debe medir a diario, pero durante el periodo a reportar (primer semestre de 2020), no se ha podido visitar el punto (se encuentra dentro de RNF), por lo que no se dispone de ninguna medida manual. Tampoco se dispone de las medidas continuas, ya que este punto lleva sin poderse visitar desde el pasado mes de septiembre de 2019.

Por otro lado, el L7-3 también es indicador de estado, por lo que las medidas tienen frecuencia diaria. Estas mediciones son ejecutadas por SQM, no obstante, se solicitó a la ETFA que tomara mediciones adicionales. Éstas se muestran, junto al resto de las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-3 y los valores se encuentran tabulados en el Anexo 6.1.

Los puntos L7-7 y 1027 no se encuentran dentro de RNF, pero como ya se ha mencionado anteriormente, el acceso a éstos sí. Por lo que la visita a estas puntas queda supeditada a los permisos de traspaso de la barrera del centro turístico de Chaxa, de manera que solo se dispone de dos medidas en el caso del 1027 y ninguna para el L7-7.

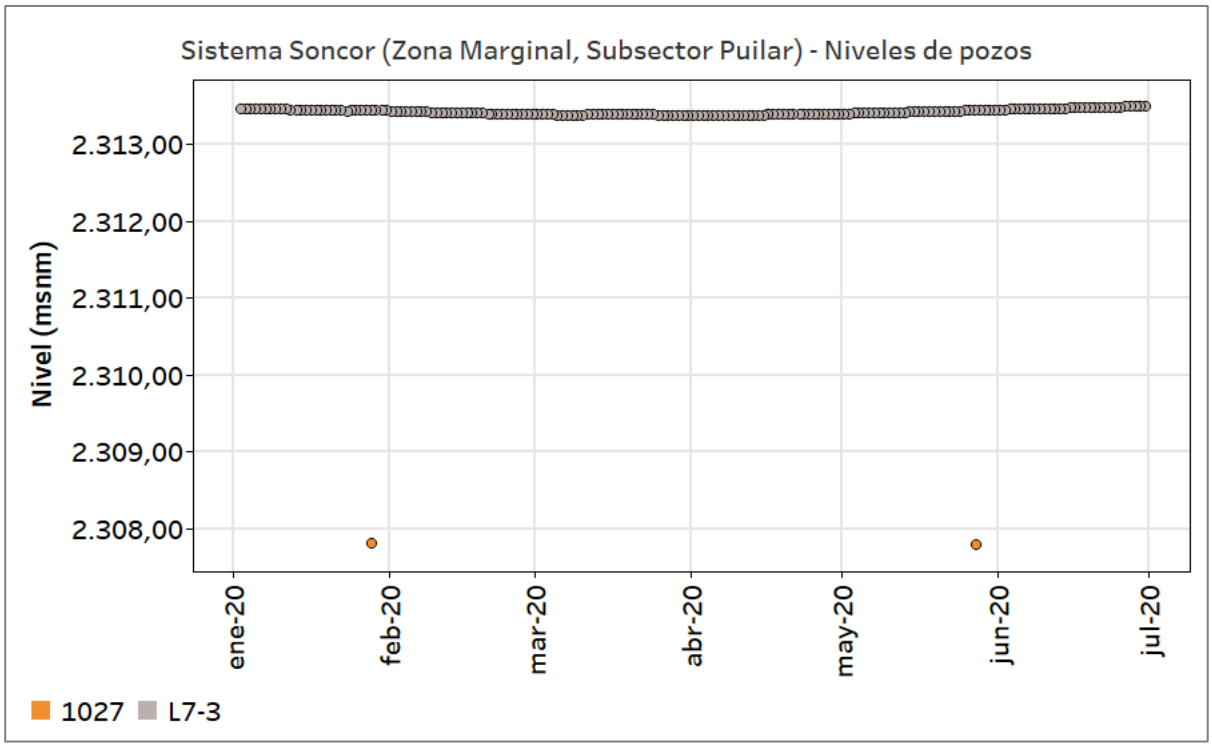
Tabla 5-5: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar

L7-4		L7-7		1027	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
ene-20	S/I	**20/01/2020 12:00**	S/I	**28/01/2020 14:37**	2.307,810
feb-20	S/I	**20/02/2020 12:00**	S/I	**20/02/2020 12:00**	S/I
mar-20	S/I	**20/03/2020 12:00**	S/I	**20/03/2020 12:00**	S/I
abr-20	S/I	**20/04/2020 12:00**	S/I	**20/04/2020 12:00**	S/I
may-20	S/I	**20/05/2020 12:00**	S/I	**27/05/2020 15:15**	2.307,789
jun-20	S/I	**20/06/2020 12:00**	S/I	**20/06/2020 12:00**	S/I

L7-3		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**	
	mínimo	**máximo**
ene-20	2.313,425	2.313,455
feb-20	2.313,381	2.313,425
mar-20	2.313,368	2.313,389
abr-20	2.313,366	2.313,388
may-20	2.313,389	2.313,436
jun-20	2.313,440	2.313,485

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

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector este de lagunas Chaxa y Barros Negros

Para el subsector ubicado al este de las lagunas de Chaxa y Barros Negros, en la Tabla 5-6 se presentan los niveles medidos para los 11 piezómetros ubicados en esta zona. Los piezómetros L1-4 y L2-4 pertenecen al PC. En la Figura 5-4 se muestra gráficamente el resultado de las mediciones para este subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros.

El punto L2-8, como ya se ha comentado (ver apartado 5.1.1 Resumen de puntos no visitados), no tiene medida realizada por la ETFA, pero sí dispone de una medida realizada por SQM. Por otro lado, los puntos L2-4 y L1-4 disponen de medidas adicionales realizadas por la ETFA en el mes de abril. Se hace recordar que las mediciones de los puntos con frecuencia diaria, los puntos indicadores de estado del PC, son tomadas por SQM. Estas mediciones se muestran, junto todas las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-4 y los valores se encuentran tabulados en el Anexo 6.1.

Tabla 5-6: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector este de las lagunas Chaxa y Barros Negros

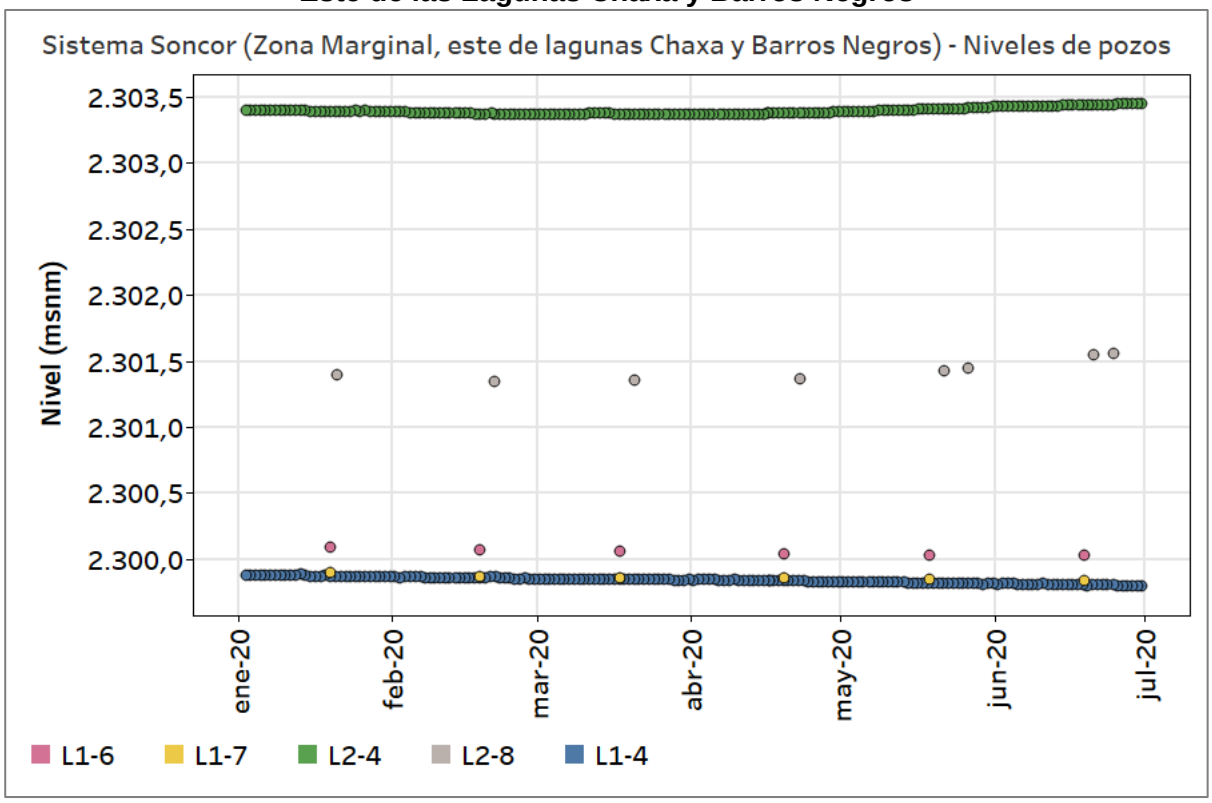
L1-6		L1-7		L1-9		L1-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/01/2020 11:33	2.300,092	19/01/2020 10:41	2.299,898	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I
18/02/2020 11:31	2.300,071	18/02/2020 10:58	2.299,871	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I
17/03/2020 16:58	2.300,059	17/03/2020 16:04	2.299,861	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I
19/04/2020 11:47	2.300,040	19/04/2020 11:32	2.299,853	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I
18/05/2020 15:45	2.300,032	18/05/2020 15:36	2.299,845	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I
18/06/2020 16:52	2.300,031	18/06/2020 15:44	2.299,837	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I

L1-15		L1-16		L7-10		L7-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/01/2020 12:00	S/I	19/01/2020 12:00	S/I	19/01/2020 12:00	S/I	19/01/2020 12:00	S/I
19/02/2020 12:00	S/I	19/02/2020 12:00	S/I	19/02/2020 12:00	S/I	19/02/2020 12:00	S/I
19/03/2020 12:00	S/I	19/03/2020 12:00	S/I	19/03/2020 12:00	S/I	19/03/2020 12:00	S/I
19/04/2020 12:00	S/I	19/04/2020 12:00	S/I	19/04/2020 12:00	S/I	19/04/2020 12:00	S/I
19/05/2020 12:00	S/I	19/05/2020 12:00	S/I	19/05/2020 12:00	S/I	19/05/2020 12:00	S/I
19/06/2020 12:00	S/I	19/06/2020 12:00	S/I	19/06/2020 12:00	S/I	19/06/2020 12:00	S/I

L2-8		L1-4			L2-4		
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo
20/01/2020 16:37	2.301,392						
21/02/2020 10:09	2.301,342	ene-20	2.299,863	2.299,884	ene-20	2.303,386	2.303,403
20/03/2020 15:08	2.301,352	feb-20	2.299,848	2.299,872	feb-20	2.303,365	2.303,384
22/04/2020 15:12	2301,368 (1)	mar-20	2.299,840	2.299,850	mar-20	2.303,362	2.303,378
21/05/2020 16:07	2.301,425	abr-20	2.299,826	2.299,845	abr-20	2.303,364	2.303,385
26/05/2020 12:18	2301,440 (2)	may-20	2.299,811	2.299,830	may-20	2.303,386	2.303,423
20/06/2020 15:23	2.301,542	jun-20	2.299,796	2.299,819	jun-20	2.303,423	2.303,448
24/06/2020 14:57	2301,559 (2)						

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector al oeste y sur de la laguna Chaxa

Para el subsector ubicado al oeste y sur de la laguna Chaxa, en la Tabla 5-7 se presentan los niveles medidos para los 9 piezómetros, que como puede verse, ninguno pudo ser medido por las restricciones de acceso a RNF, tal y como se ha descrito anteriormente.

Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa

RC-1		RC-2		RC-3		RC-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I
18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I
18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I
18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I
18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I
18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I

RC-5		RC-6		RC-7		L7-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I
18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I
18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I
18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I
18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I
18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I

L7-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 12:00	S/I
18/02/2020 12:00	S/I
18/03/2020 12:00	S/I
18/04/2020 12:00	S/I
18/05/2020 12:00	S/I
18/06/2020 12:00	S/I

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

Subsector descarga oeste de Barros Negros

Respecto el subsector de la descarga oeste de la laguna Barros Negros, en el área conocida como Cola de Pez, en la Tabla 5-8 se muestran los resultados del monitoreo de los 22 puntos de

control. Los puntos L2-12 y L2-17 tienen una mayor frecuencia de medición por lo que en la Tabla 5-8 también se muestran los niveles máximos y mínimos mensuales. En la Figura 5-5 se muestran gráficamente los resultados de este primer semestre de 2020 de los puntos que solo son medidos de forma manual y en la Figura 5-6 se muestra el registro continuo de los puntos que conforman el perfil P1, junto con las medidas manuales.

De este sector, los puntos que no tienen ninguna medida para este semestre son los que se encuentran dentro del área de RNF (ver Tabla 5-3).

Con respecto los datos continuos del punto P1-1, el periodo entre el 15 de marzo y el 15 de junio se ha invalidado, ya que los datos medidos muestran oscilaciones y saltos que no se consideran representativos de efectos que hayan ocurrido en el medio, sino anomalías producidas por el equipo. Aunque los datos se encuentran disponibles en el Anexo 6.1.

Por otro lado, el L1-5 dispone de dos medidas adicionales realizadas por la ETFA en el mes de abril. Se hace recordar que las mediciones de los puntos con frecuencia diaria, los puntos indicadores de estado del PC, son tomadas por SQM, según el compromiso tomado en el PdC. Estas mediciones se muestran, junto todas las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-5 y los valores se encuentran tabulados en el Anexo 6.1.

Tabla 5-8: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez

L1-8		L1-11		L1-12		L1-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I
18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I
18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I
18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I
18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I
18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I

L1-14		GD-01		L2-11		L2-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 12:00	S/I	20/01/2020 9:55	2.299,072	18/01/2020 16:27	2.299,089	18/01/2020 16:14	2.299,048
18/02/2020 12:00	S/I	20/02/2020 10:40	2.299,034	17/02/2020 16:24	2.299,047	17/02/2020 16:09	2.299,007
18/03/2020 12:00	S/I	20/03/2020 9:30	2.298,997	17/03/2020 12:24	2.299,009	17/03/2020 12:08	2.298,966
18/04/2020 12:00	S/I	20/04/2020 10:52	2.298,958	18/04/2020 16:05	2.298,973	18/04/2020 15:32	2.298,925
18/05/2020 12:00	S/I	20/05/2020 12:09	2.298,910	18/05/2020 12:39	2.298,930	18/05/2020 12:00	2.298,876
18/06/2020 12:00	S/I	20/06/2020 9:49	2.298,870	18/06/2020 11:22	2.298,883	18/06/2020 11:03	2.298,833

L2-18		L2-19		L2-22		L2-24	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/06/2020 16:30	2.299,203	18/01/2020 14:45	2.299,088	18/01/2020 12:00	S/I	18/01/2020 12:00	S/I
18/05/2020 10:28	2.299,180	16/02/2020 17:03	2.299,062	18/02/2020 12:00	S/I	18/02/2020 12:00	S/I
18/04/2020 13:43	2.299,149	17/03/2020 10:18	2.299,026	18/03/2020 12:00	S/I	18/03/2020 12:00	S/I
17/03/2020 10:25	2.299,121	18/04/2020 13:03	2.298,998	18/04/2020 12:00	S/I	18/04/2020 12:00	S/I
16/02/2020 17:09	2.299,079	18/05/2020 10:06	2.298,955	18/05/2020 12:00	S/I	18/05/2020 12:00	S/I
18/01/2020 14:52	2.299,040	17/06/2020 16:15	2.298,916	18/06/2020 12:00	S/I	18/06/2020 12:00	S/I

P1-1		P1-2		P1-3		P1-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/06/2020 16:30	2.299,406	15/01/2020 12:10	2.299,320	15/01/2020 12:44	2.299,432	15/01/2020 14:05	2.299,535
18/05/2020 10:28	2.299,368	15/02/2020 11:33	2.299,286	15/02/2020 11:49	2.299,400	15/02/2020 12:19	2.299,501
18/04/2020 13:43	2.299,337	15/03/2020 13:20	2.299,254	15/03/2020 13:36	2.299,364	15/03/2020 13:50	2.299,474

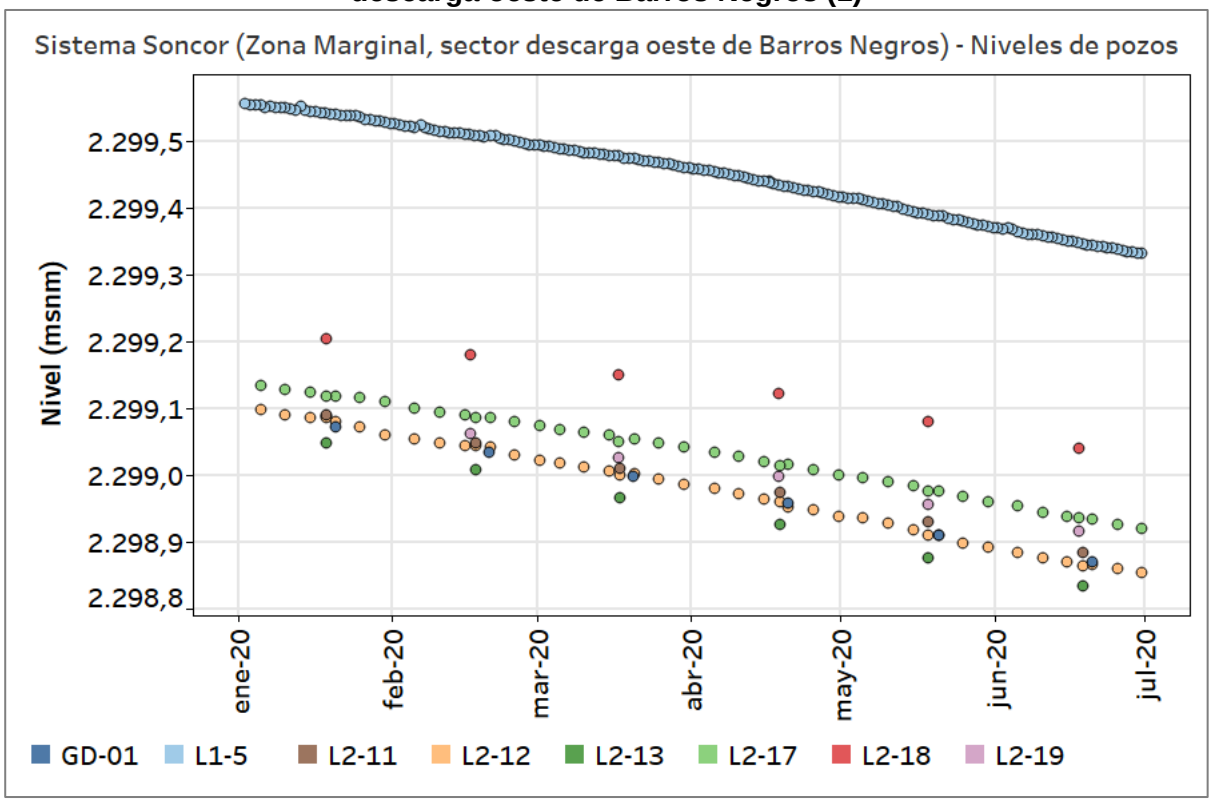
17/03/2020 10:25	2.299,292	**15/04/2020 12:10**	2.299,213	**15/04/2020 12:28**	2.299,329	**15/04/2020 12:49**	2.299,439
16/02/2020 17:09	2.299,259	**15/05/2020 11:55**	2.299,177	**15/05/2020 12:18**	2.299,286	**15/05/2020 12:34**	2.299,406
18/01/2020 14:52	2.299,216	**15/06/2020 12:06**	2.299,135	**15/06/2020 12:26**	2.299,245	**15/06/2020 12:44**	2.299,360

P1-5		**P1-6**		**P1-7**	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
15/01/2020 12:00	S/I	**15/01/2020 12:00**	S/I	**15/01/2020 12:00**	S/I
15/02/2020 12:00	S/I	**15/02/2020 12:00**	S/I	**15/02/2020 12:00**	S/I
15/03/2020 12:00	S/I	**15/03/2020 12:00**	S/I	**15/03/2020 12:00**	S/I
15/04/2020 12:00	S/I	**15/04/2020 12:00**	S/I	**15/04/2020 12:00**	S/I
15/05/2020 12:00	S/I	**15/05/2020 12:00**	S/I	**15/05/2020 12:00**	S/I
15/06/2020 12:00	S/I	**15/06/2020 12:00**	S/I	**15/06/2020 12:00**	S/I

L1-5			**L2-12**			**L2-17**		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**		**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**		**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
	mínimo	**máximo**		**mínimo**	**máximo**		**mínimo**	**máximo**
ene-20	2.299,526	2.299,557	**ene-20**	2.299,060	2.299,098	**ene-20**	2.299,110	2.299,133
feb-20	2.299,494	2.299,525	**feb-20**	2.299,030	2.299,054	**feb-20**	2.299,079	2.299,100
mar-20	2.299,460	2.299,493	**mar-20**	2.298,986	2.299,022	**mar-20**	2.299,041	2.299,073
abr-20	2.299,416	2.299,458	**abr-20**	2.298,938	2.298,979	**abr-20**	2.299,000	2.299,034
may-20	2.299,370	2.299,416	**may-20**	2.298,892	2.298,935	**may-20**	2.298,959	2.298,996
jun-20	2.299,331	2.299,369	**jun-20**	2.298,853	2.298,884	**jun-20**	2.298,920	2.298,953

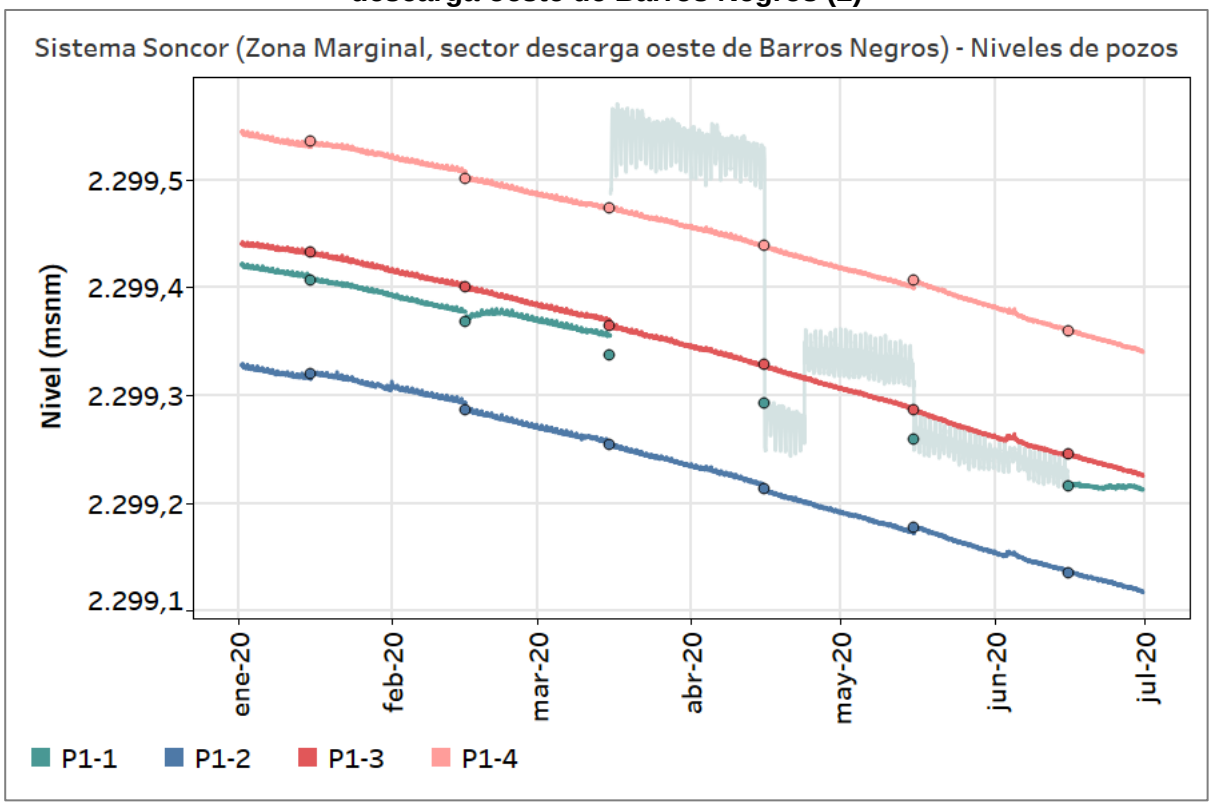
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Figura 5-5: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros (1)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga oeste de Barros Negros (2)



Fuente: Elaboración propia. En opaco se muestran los valores continuos no validados. Sistema referencia WGS-84.

Subsector descarga sur de Barros Negros

Para la otra zona de descarga de Barros Negros, Descarga Sur, se presentan los resultados del monitoreo en la Tabla 5-9 de los 12 puntos que se encuentran en este subsector. De forma gráfica se presentan en la Figura 5-7 los piezómetros que disponen de medidas en continuo y en la Figura 5-8 los que disponen solo de medidas manuales.

Los puntos L2-23, P2-4 y P2-5 se encuentran dentro de RNF y, por lo tanto, no se han podido visitar en este primer semestre de 2020. Por consiguiente, tampoco se han podido descargar los datos continuos; desde el pasado octubre de 2019 y hasta el momento de la elaboración de este informe no se ha podido acceder para su descarga.

Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros

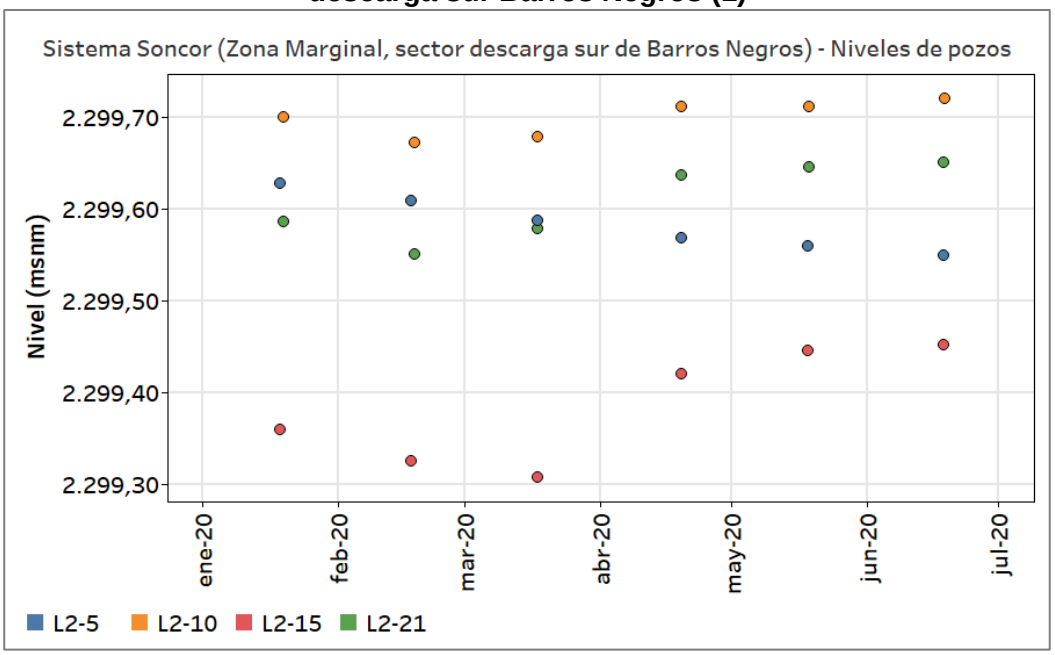
L2-5		L2-9		L2-10		L2-21	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 16:46	2.299,628	16/01/2020 12:18	2.299,164	19/01/2020 10:29	2.299,701	19/01/2020 10:04	2.299,586
17/02/2020 17:15	2.299,609	15/02/2020 13:22	2.299,125	18/02/2020 10:43	2.299,672	18/02/2020 10:11	2.299,551
17/03/2020 14:55	2.299,588	15/03/2020 15:14	2.299,092	17/03/2020 15:44	2.299,679	17/03/2020 15:19	2.299,579
19/04/2020 10:22	2.299,569	15/04/2020 13:37	2.299,117	19/04/2020 11:17	2.299,712	19/04/2020 10:51	2.299,637
18/05/2020 12:56	2.299,560	15/05/2020 14:40	2.299,115	18/05/2020 15:27	2.299,712	18/05/2020 13:18	2.299,646
18/06/2020 11:47	2.299,549	15/06/2020 13:35	2.299,094	18/06/2020 15:30	2.299,721	18/06/2020 12:25	2.299,651

L2-15		L2-16		L2-23		P2-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/01/2020 16:55	2.299,359	16/01/2020 15:00	2.299,503	15/01/2020 12:00	S/I	16/01/2020 12:51	2.299,210
17/02/2020 17:23	2.299,325	15/02/2020 14:21	2.299,528	15/02/2020 12:00	S/I	15/02/2020 13:36	2.299,173
17/03/2020 15:03	2.299,307	15/03/2020 16:38	2.299,571	15/03/2020 12:00	S/I	15/03/2020 15:25	2.299,145
19/04/2020 10:34	2.299,420	15/04/2020 15:48	2.299,584	15/04/2020 12:00	S/I	15/04/2020 14:55	2.299,177
18/05/2020 13:02	2.299,446	15/05/2020 16:06	2.299,584	15/05/2020 12:00	S/I	15/05/2020 14:57	2.299,173
18/06/2020 12:08	2.299,452	15/06/2020 15:52	2.299,593	15/06/2020 12:00	S/I	15/06/2020 14:46	2.299,155

P2-2		P2-3		P2-4		P2-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/01/2020 14:03	2.299,331	16/01/2020 14:42	2.299,435	15/01/2020 12:00	S/I	15/01/2020 12:00	S/I
15/02/2020 13:58	2.299,304	15/02/2020 14:08	2.299,425	15/02/2020 12:00	S/I	15/02/2020 12:00	S/I
15/03/2020 15:57	2.299,292	15/03/2020 16:14	2.299,432	15/03/2020 12:00	S/I	15/03/2020 12:00	S/I
15/04/2020 15:16	2.299,307	15/04/2020 15:29	2.299,437	15/04/2020 12:00	S/I	15/04/2020 12:00	S/I
15/05/2020 15:22	2.299,305	15/05/2020 15:36	2.299,433	15/05/2020 12:00	S/I	15/05/2020 12:00	S/I
15/06/2020 15:06	2.299,288	15/06/2020 15:18	2.299,420	15/06/2020 12:00	S/I	15/06/2020 12:00	S/I

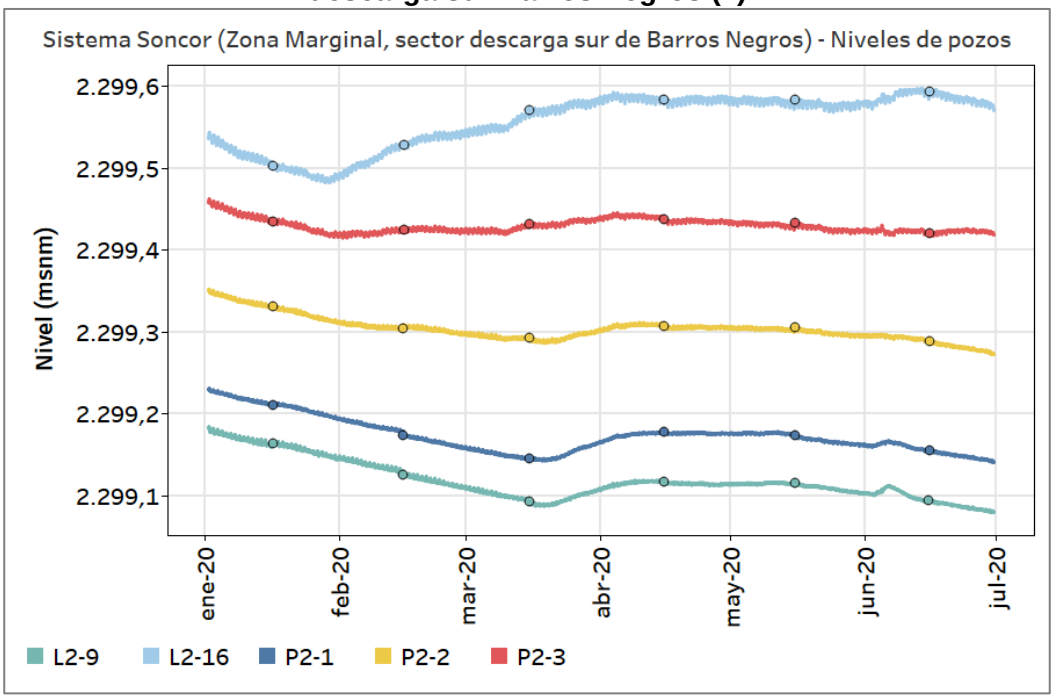
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información.

Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros (1)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-8: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga sur Barros Negros (2)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Subsector norte del Salar

Para el subsector ubicado al norte del Salar, puede verse de la Tabla 5-10 que no han podido ser visitados en todo el periodo reportado. Como ya se ha mencionado, unos pretiles impiden el acceso a la zona desde el pasado noviembre de 2019.

Tabla 5-10: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector norte

L11-1		L11-2	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
17/01/2020 12:00	S/I	**17/01/2020 12:00**	S/I
17/02/2020 12:00	S/I	**17/02/2020 12:00**	S/I
17/03/2020 12:00	S/I	**17/03/2020 12:00**	S/I
17/04/2020 12:00	S/I	**17/04/2020 12:00**	S/I
17/05/2020 12:00	S/I	**17/05/2020 12:00**	S/I
17/06/2020 12:00	S/I	**17/06/2020 12:00**	S/I

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

Pozos en zona Núcleo

En la Tabla 5-11 se presenta el resultado del monitoreo efectuado a los piezómetros del sistema Soncor ubicados en el núcleo del Salar. Se trata de un total 6 puntos que se pudieron medir sin ninguna dificultad. En la Figura 5-9 se muestran gráficamente todas las medidas.

Respecto de lo datos continuos del punto 2021, para los periodos de entre enero-febrero y entre marzo-abril los niveles reproducen variaciones que no corresponden con el medio, sino que se relacionan con alteraciones en la medición por parte de los equipos, por este motivo se proponen como no validados. De todas formas, estos valores se pueden encontrar junto con los otros datos continuos en el Anexo 6.1.

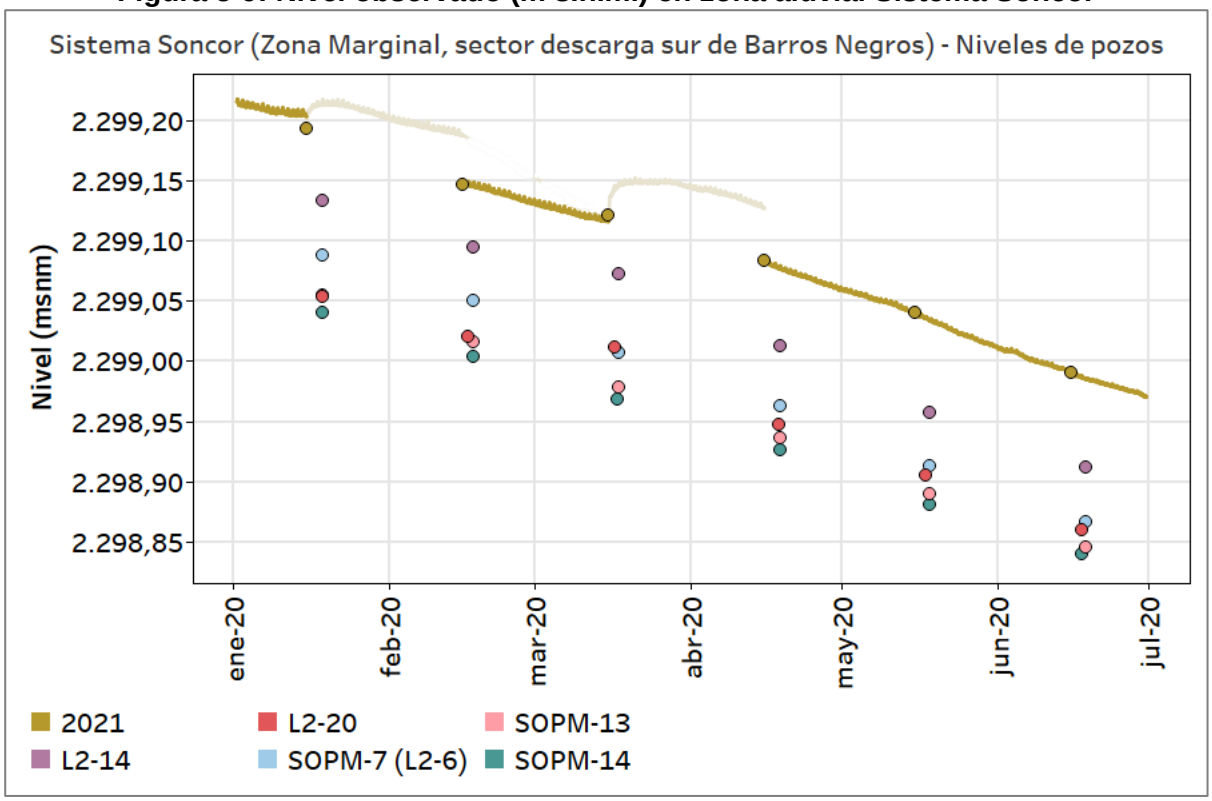
Tabla 5-11: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor

SOPM-07 (L2-6)		SOPM-13		SOPM-14	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
18/01/2020 15:57	2.299,088	**18/01/2020 15:20**	2.299,055	**18/01/2020 15:01**	2.299,040
17/02/2020 15:40	2.299,050	**17/02/2020 15:07**	2.299,016	**17/02/2020 14:49**	2.299,004
17/03/2020 11:47	2.299,007	**17/03/2020 11:02**	2.298,978	**17/03/2020 10:38**	2.298,968
18/04/2020 15:14	2.298,963	**18/04/2020 14:46**	2.298,936	**18/04/2020 14:25**	2.298,926
18/05/2020 11:45	2.298,913	**18/05/2020 11:17**	2.298,889	**18/05/2020 10:40**	2.298,881
18/06/2020 10:41	2.298,866	**18/06/2020 10:05**	2.298,845	**17/06/2020 16:52**	2.298,839

L2-14		L2-20		2021	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
18/01/2020 15:37	2.299,134	**18/01/2020 13:14**	2.299,054	**15/01/2020 10:19**	2.299,194
17/02/2020 15:25	2.299,095	**16/02/2020 16:40**	2.299,020	**15/02/2020 10:43**	2.299,147
17/03/2020 11:31	2.299,073	**16/03/2020 17:23**	2.299,012	**15/03/2020 11:31**	2.299,122
18/04/2020 15:01	2.299,013	**18/04/2020 12:46**	2.298,947	**15/04/2020 11:08**	2.299,084
18/05/2020 11:32	2.298,957	**17/05/2020 15:29**	2.298,905	**15/05/2020 10:39**	2.299,040
18/06/2020 10:24	2.298,912	**17/06/2020 15:44**	2.298,859	**15/06/2020 10:22**	2.298,990

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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



Fuente: Elaboración propia. En opaco se muestran los valores continuos no validados. Sistema referencia WGS-84.

Nivel de agua superficial

En este apartado se presentan los niveles de agua superficial medidos de forma manual y continua en las reglillas L1-G4 (ubicada al sur de la laguna Barros Negros), L7-G1 (ubicada al oeste del canal Burro Muerto), L7-G2 (ubicada al este de la laguna Puilar) y L11-G1 (ubicada en el sector norte del Salar). En la Tabla 5-12 se muestran las mediciones que se han podido llevar a cabo y en la Figura 5-10 se muestran las medidas del punto L1-G4 (Reglilla y Pozo)[40], que es

[40] Indicar que en el L1-G4 Pozo es donde se encuentra instalado el transductor de presión, ya que en el L1-G4 Reglilla no es factible su instalación debido al esquema cosntructivo del mismo (ver Anexo XX). Aclarar por tanto que las mediciones de ambas infraestructuras están representando la misma área del acuífero.

la única infraestructura correspondiente a agua superficial que ha podido ser medida en este periodo.

La reglilla L7-G2 dispone de transductor de presiones para medición de nivel en continuo, pero no ha podido visitarse desde junio de 2019, por lo que no se dispone de estos datos en el momento de la realización del informe.

Por otro lado, el L1-G4 Reglilla dispone de dos medidas adicionales realizadas por la ETFA en el mes de abril. Se hace recordar que las mediciones de los puntos con frecuencia diaria, los puntos indicadores de estado del PC, son tomadas por SQM según el compromiso tomado en el PdC. Estas mediciones se muestran, junto todas las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-5 y los valores se encuentran tabulados en el Anexo 6.1.

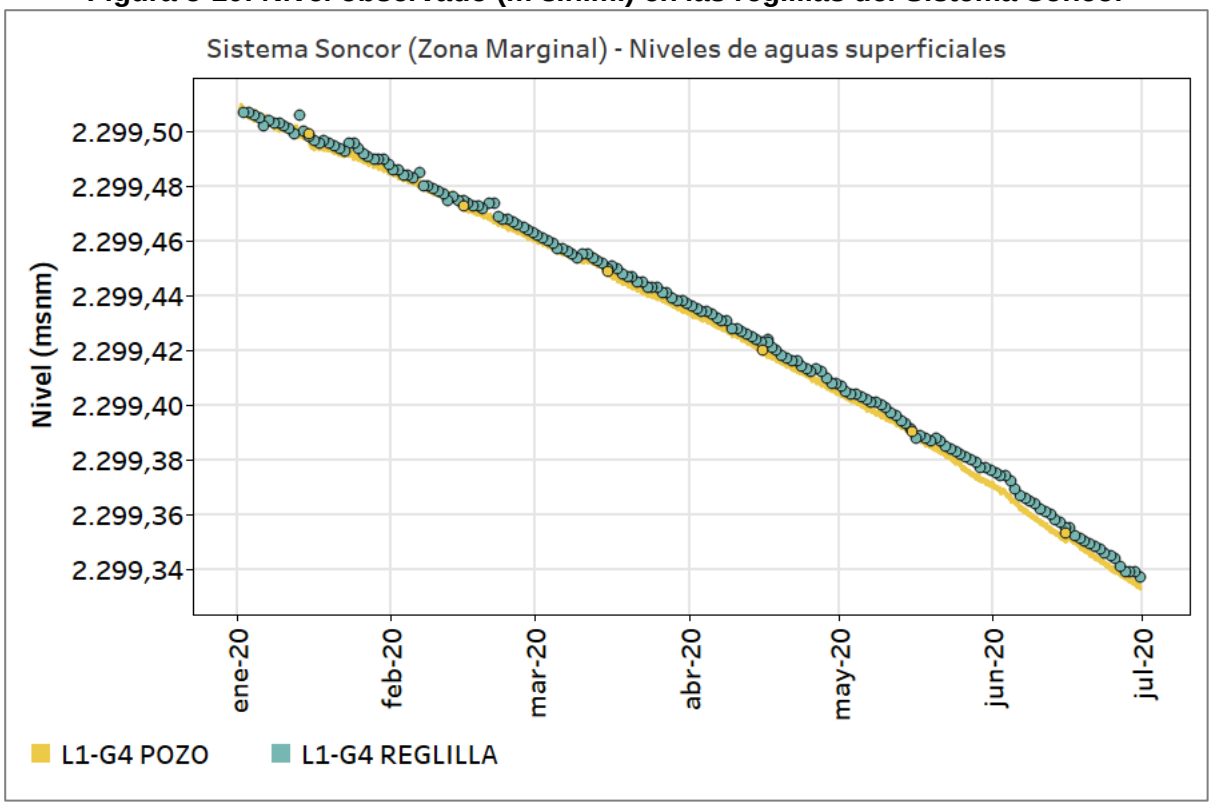
Tabla 5-12: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor

L11-G1		L1-G4 POZO		L7-G1		L7-G2 POZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
17/01/2020 12:00	S/I	**15/01/2020 13:16**	2.299,499	**18/01/2020 12:00**	S/I	**17/01/2020 12:00**	S/I
17/02/2020 12:00	S/I	**15/02/2020 12:37**	2.299,473	**18/02/2020 12:00**	S/I	**17/02/2020 12:00**	S/I
17/03/2020 12:00	S/I	**15/03/2020 14:59**	2.299,449	**18/03/2020 12:00**	S/I	**17/03/2020 12:00**	S/I
17/04/2020 12:00	S/I	**15/04/2020 13:09**	2.299,420	**18/04/2020 12:00**	S/I	**17/04/2020 12:00**	S/I
17/05/2020 12:00	S/I	**15/05/2020 13:14**	2.299,390	**18/05/2020 12:00**	S/I	**17/05/2020 12:00**	S/I
17/06/2020 12:00	S/I	**15/06/2020 13:04**	2.299,353	**18/06/2020 12:00**	S/I	**17/06/2020 12:00**	S/I

L7-G2 REGLILLA		L1-G4 REGLILLA		
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
			mínimo	**máximo**
17/01/2020 12:00	S/I			
17/02/2020 12:00	S/I	**ene-20**	2.299,488	2.299,508
17/03/2020 12:00	S/I	**feb-20**	2.299,463	2.299,486
17/04/2020 12:00	S/I	**mar-20**	2.299,437	2.299,462
17/05/2020 12:00	S/I	**abr-20**	2.299,408	2.299,436
17/06/2020 12:00	S/I	**may-20**	2.299,376	2.299,407
		jun-20	2.299,337	2.299,375

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

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Nivel sector Puente San Luis

En el sector del Puente San Luis, se encuentran 4 puntos de medición de agua superficial (reglillas). En la Tabla 5-13 se presenta los datos recogidos del monitoreo efectuado para este primer semestre de 2020 y en la Figura 5-11 el registro gráfico. Los puntos Reglilla Puente San Luis y Reglilla Burro Muerto SQM disponen de medición en continuo además de mediciones manuales. En el caso de la infraestructura Puente San Luis, está conformado por dos puntos medición (denominados Pozo y Reglilla), el transductor de presión se encuentra en el Pozo[41].

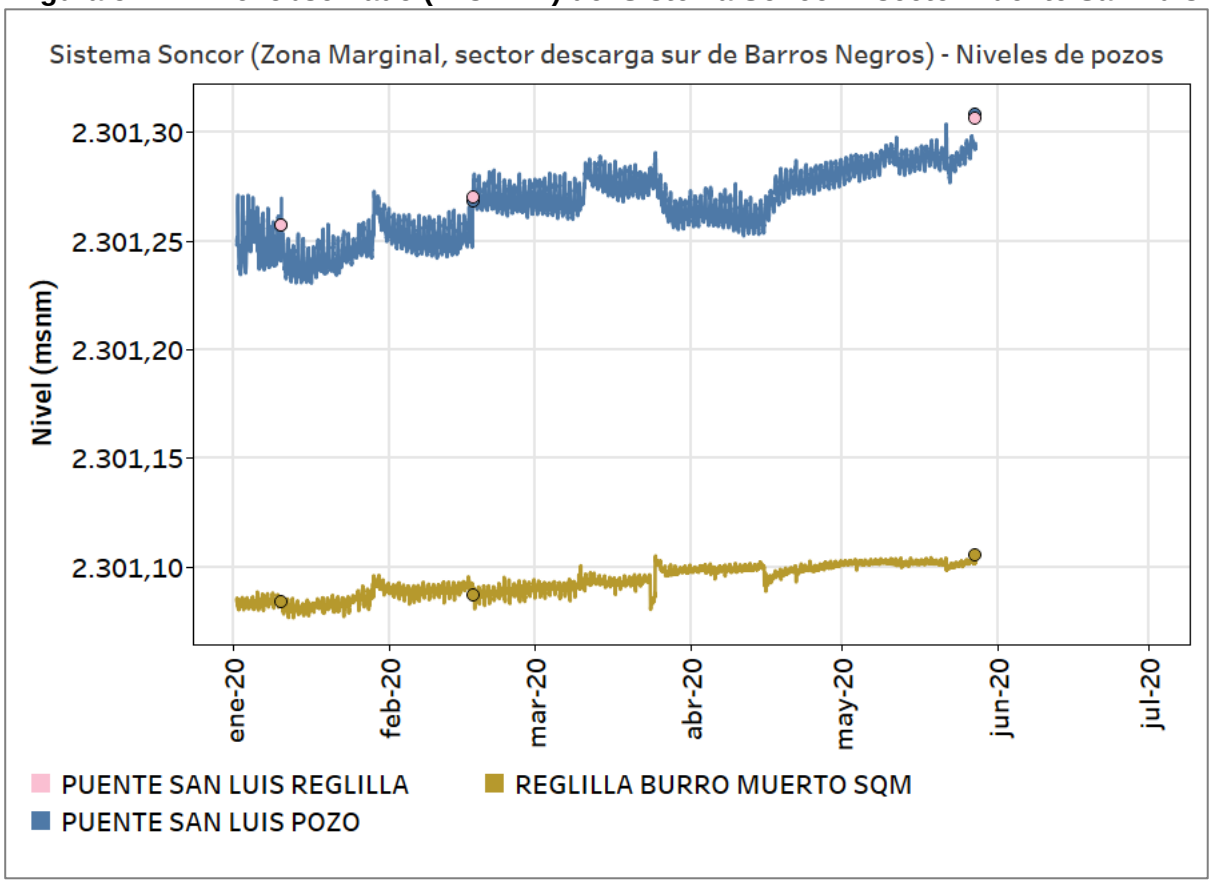
[41] Indicar que en el Puente San Luis Pozo es donde se encuentra instalado el transductor de presión, ya que en el Puente San Luis Reglilla no es factible su instalación debido al esquema cosntructivo del mismo (ver Anexo 12). Aclarar por tanto que las mediciones de ambas infraestructuras están representando la misma sección del canal.

Tabla 5-13: Registro de niveles en reglillas del Sistema Soncor – subsector del Puente San Luis

PUENTE SAN LUIS POZO		PUENTE SAN LUIS REGLILLA		REGLILLA BURRO MUERTO SQM		REGLILLA BURRO MUERTO CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
10/01/2020 10:39	2.301,257	10/01/2020 13:43	2.301,257	10/01/2020 12:15	2.301,084	17/01/2020 12:00	S/I
17/02/2020 12:50	2.301,268	17/02/2020 12:57	2.301,270	17/02/2020 13:14	2.301,087	17/02/2020 12:00	S/I
17/03/2020 12:00	S/I	17/03/2020 12:00	S/I	17/03/2020 12:00	S/I	17/03/2020 12:00	S/I
17/04/2020 12:00	S/I	17/04/2020 12:00	S/I	17/04/2020 12:00	S/I	17/04/2020 12:00	S/I
27/05/2020 11:35	2.301,308	27/05/2020 12:26	2.301,306	27/05/2020 13:14	2.301,105	17/05/2020 12:00	S/I
17/06/2020 12:00	S/I	17/06/2020 12:00	S/I	17/06/2020 12:00	S/I	17/06/2020 12:00	S/I

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

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Nivel lacustre

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

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

En la Tabla 5-14 se puede ver como ninguna de estas infraestructuras ha podido ser visitada durante el primer semestre de 2020. Tampoco se ha podido acceder a la descarga de los datos en continuo; la Reglilla Barros Negros SQM fue visitada por última vez en octubre de 2019 y las reglillas Chaxa y Puilar SQM en junio de 2019, por lo que desde entonces que no se dispone de los datos continuos.

Tabla 5-14: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor

BARROS NEGROS REGLILLA SQM		PUILAR REGLILLA SQM		CHAXA REGLILLA SQM	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
15/01/2020 12:00	S/I	**17/01/2020 12:00**	S/I	**15/01/2020 12:00**	S/I
15/02/2020 12:00	S/I	**17/02/2020 12:00**	S/I	**15/02/2020 12:00**	S/I
15/03/2020 12:00	S/I	**17/03/2020 12:00**	S/I	**15/03/2020 12:00**	S/I
15/04/2020 12:00	S/I	**17/04/2020 12:00**	S/I	**15/04/2020 12:00**	S/I
15/05/2020 12:00	S/I	**17/05/2020 12:00**	S/I	**15/05/2020 12:00**	S/I
15/06/2020 12:00	S/I	**17/06/2020 12:00**	S/I	**15/06/2020 12:00**	S/I

BARROS NEGROS REGLILLA CONAF		PUILAR REGLILLA CONAF		CHAXA REGLILLA CONAF	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
17/01/2020 12:00	S/I	**15/01/2020 12:00**	S/I	**15/01/2020 12:00**	S/I
17/02/2020 12:00	S/I	**15/02/2020 12:00**	S/I	**15/02/2020 12:00**	S/I
17/03/2020 12:00	S/I	**15/03/2020 12:00**	S/I	**15/03/2020 12:00**	S/I
17/04/2020 12:00	S/I	**15/04/2020 12:00**	S/I	**15/04/2020 12:00**	S/I
17/05/2020 12:00	S/I	**15/05/2020 12:00**	S/I	**15/05/2020 12:00**	S/I
17/06/2020 12:00	S/I	**15/06/2020 12:00**	S/I	**15/06/2020 12:00**	S/I

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

Meteorología

En la Tabla 5-15 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de los parámetros registrados en la estación meteorológica Chaxa: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, a nivel diario, para el período comprendido entre enero y junio de 2020. Los resultados gráficos se exponen en la Figura 5-16.

Para más información sobre las series de datos meteorológicos de la estación Chaxa, ver Anexo 11.2, donde se presentan en forma tabulada los registros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel medio diario para el período de reporte.

Tabla 5-15: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa

Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación[42]	**mm/día**	0,00	11,40	0,10	0,89
Evaporación[43]	**mm/día**	0,93	14,28	7,21	3,33
Velocidad del viento[44]	**m/s**	0,78	6,55	2,61	0,93
Temperatura media diaria[45]	**ºC**	7,32	25,16	16,58	4,25

Fuente: Elaboración propia.

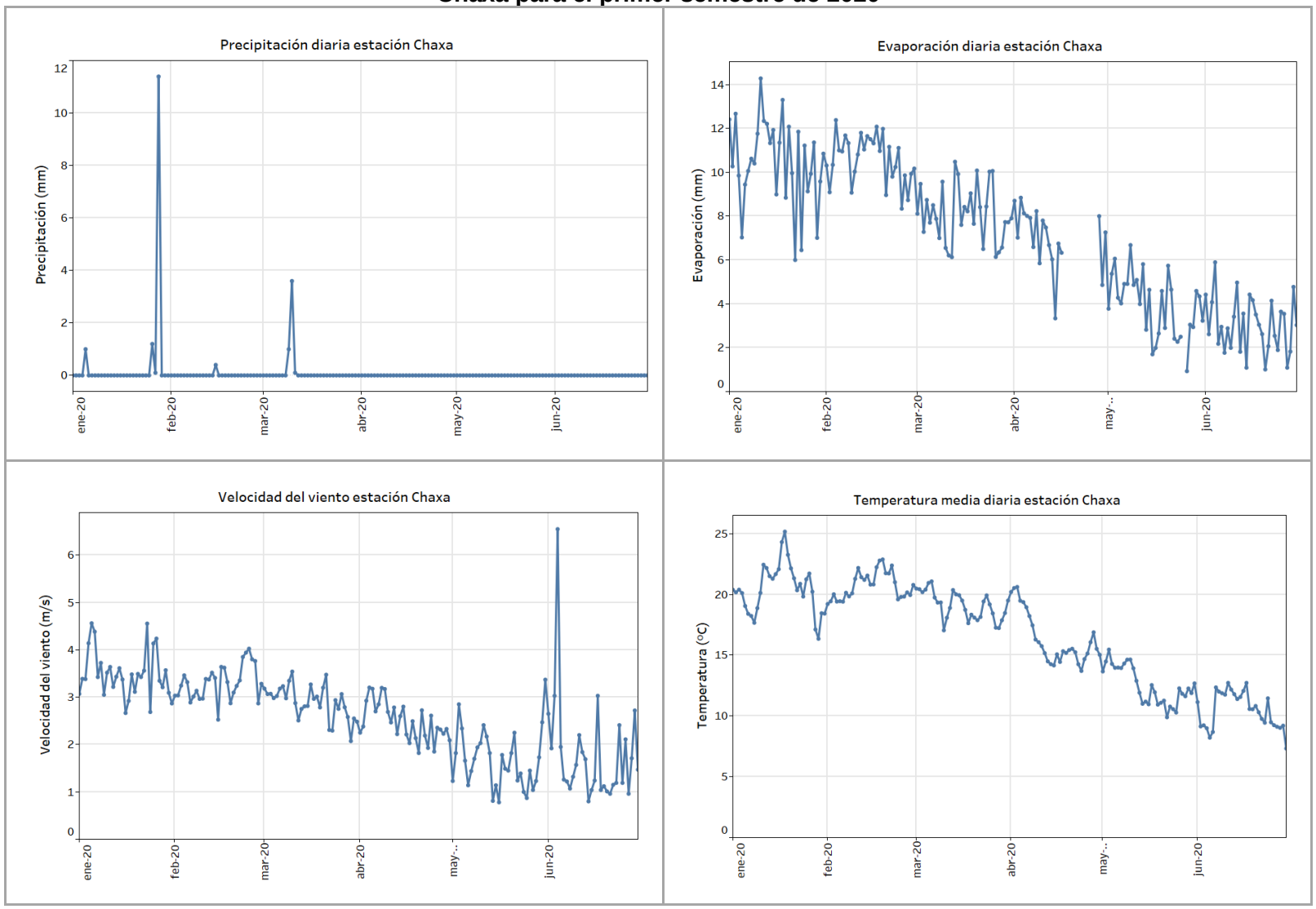
[42] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de precipitación del periodo comprendido entre el 29-04-2020 y el 30-06-2020 debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 11.1).

[43] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de evaporación en todo el periodo (entre el 01-01-2020 y el 30-06-2020) debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 11.1).

[44] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de velocidad del viento del periodo comprendido entre el 29-04-2020 y el 30-06-2020 debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 11.1).

[45] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de temperatura del periodo comprendido entre el 29-04-2020 y el 30-06-2020 debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 11.1).

Figura 5-12: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el primer semestre de 2020



Fuente: Elaboración propia.

Caudal bombeado

Los pozos de extracción ubicados en el Sistema Soncor corresponden a los denominados Mullay-1 y Allana. A continuación, en la Tabla 5-16 se presentan los caudales de extracción registrados en cada uno de ellos, como flujo medio mensual durante el período enero a junio de 2020. A modo de respaldo, se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Por su parte, en la Figura 5-13 se muestran los resultados en forma gráfica. Como se observa, los flujos de extracción se mantuvieron por debajo del máximo establecido en la autorización ambiental para cada uno de los pozos, el cual es de 40 L/s.

Por decisiones de carácter operacional, en febrero se redujo el caudal de ambos pozos a la mitad y en el caso del Mullay-1, al mes siguiente se detuvo.

Cabe mencionar que, los 120 m^3 del pozo Mullay-1 del mes de mayo (2020) corresponden a una toma de muestra para análisis de calidad.

Tabla 5-16: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor

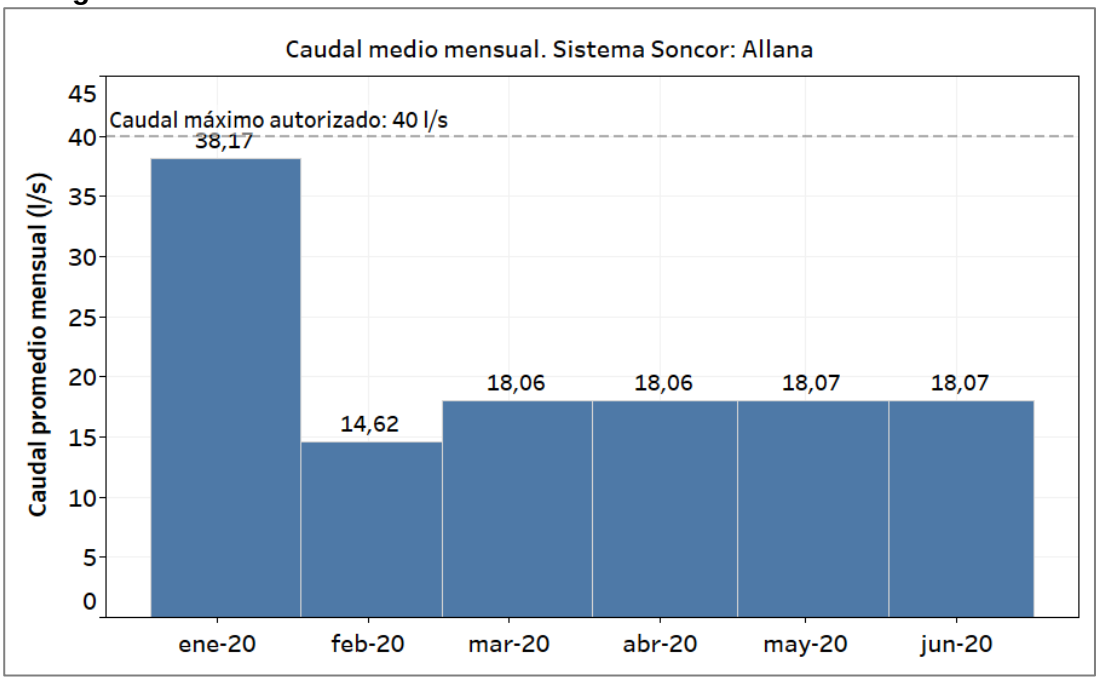
Pozo	Mes	Fecha flujómetro	Valor flujómetro (m3)	Volumen mensual (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
Allana	ene-20	01/01/2020 0:00	849.760,50	102.226,44	**38,17**
	feb-20	01/02/2020 0:00	951.986,94	36.626,00	**14,62**
	mar-20	01/03/2020 0:00	18.124,31[46]	48.370,98	**18,06**
	abr-20	01/04/2020 0:00	66.495,29	46.819,29	**18,06**
	may-20	01/05/2020 0:00	113.314,58	48.386,97	**18,07**
	jun-20	01/06/2020 0:00	161.701,55	46.827,45	**18,07**
	jul-20	01/07/2020 0:00	208.529,00	-	**-**
Mullay-1	ene-20	01/01/2020 0:00	871.352,13	79.678,37	**29,75**
	feb-20	01/02/2020 0:00	951.030,50	35.354,75	**14,11**
	mar-20	01/03/2020 0:00	986.385,25	0,00	**0,00**
	abr-20	01/04/2020 0:00	986.385,25	0,00	**0,00**
	may-20	01/05/2020 0:00	986.385,25	120,75[47]	**0,05**
	jun-20	01/06/2020 0:00	986.506,00	0,00	**0,00**
	jul-20	01/07/2020 0:00	986.506,00	-	**-**

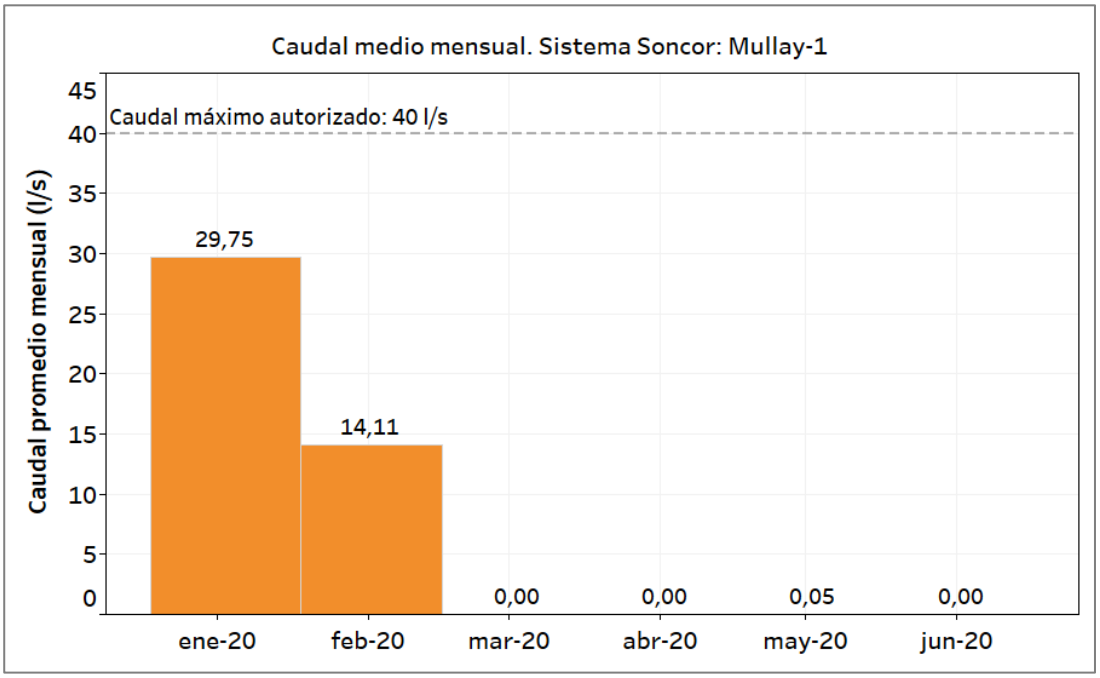
Fuente: Elaboración propia.

[46] El día 8 de febrero de 2020 se procede al cambio de flujómetro, para esa fecha y a la hora 10:24 am marcaba 970.488,63 m^3. Posterior a esa hora el flujómetro queda a 0 m^3.

[47] El volumen extraído del mes de mayo (de 2020) corresponde a una toma de muestra, ya que el pozo se encuentra no operativo desde el mes de marzo (de 2020).

Figura 5-13: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor





Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Soncor durante el primer semestre del año 2020. Si bien los pozos L2-4 y L7-3 son parte del monitoreo de calidad del agua tanto para el sistema Soncor como para el Sistema Vegetación Borde Este, para efectos de orden, los resultados se presentan en esta sección.

En la Figura 4-4 y en la Tabla 4-3 de la Sección 4.3.1 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Soncor. En esta última se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida.

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

Respecto a los análisis químicos de los cuerpos lacustres, parte de ellos (coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, hidrocarburos totales y detergentes en las lagunas Chaxa y Barros Negros) históricamente han sido efectuados por SQM (a través de ETFA ALS Life Sciences Chile - Sede Antofagasta en el presente período). Durante el primer trimestre de 2020, el monitoreo del resto de los parámetros comprometidos en los cuatro puntos de control de cuerpos lacustres del Sistema Soncor, al igual que el semestre anterior, fueron encomendados desde SQM a la empresa Geobiota – Aquaexpert y los análisis fueron realizados por la ETFAs Hidrolab y Universidad Católica del Norte (UCN). Para el segundo trimestre de 2020 todos los parámetros fueron analizados por SQM, a través de ETFA ALS Life Sciences Chile - Sede Antofagasta.

En el Anexo 7.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre[48] y todos los resultados tabulados para el actual semestre se encuentran en el Anexo 7.3. Además, en el Anexo 7.1 se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

Muestreo de aguas red monitoreo SQM - ALS (ETFA)

En la Tabla 5-17 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua y salmuera tomadas en terreno (ALS en enero de 2020 y Algoritmos en mayo de 2020) y analizadas por el laboratorio ALS (enero y mayo de 2020), a los pozos de monitoreo durante el primer semestre del año 2020. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-14 para las campañas del primer y segundo trimestre de 2020. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Únicamente el punto L7-G1 no pudo ser muestreado en ninguno de los trimestres debido a las restricciones de acceso de acuerdo al protocolo de monitoreo de la RNF, junto a la contingencia COVID-19 para el segundo trimestre de 2020.

[48] Los valores históricos en conjunto con los informes de laboratorio asociados fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Tabla 5-17: Resultados calidad del agua Sistema Soncor primer semestre de 2020[49]

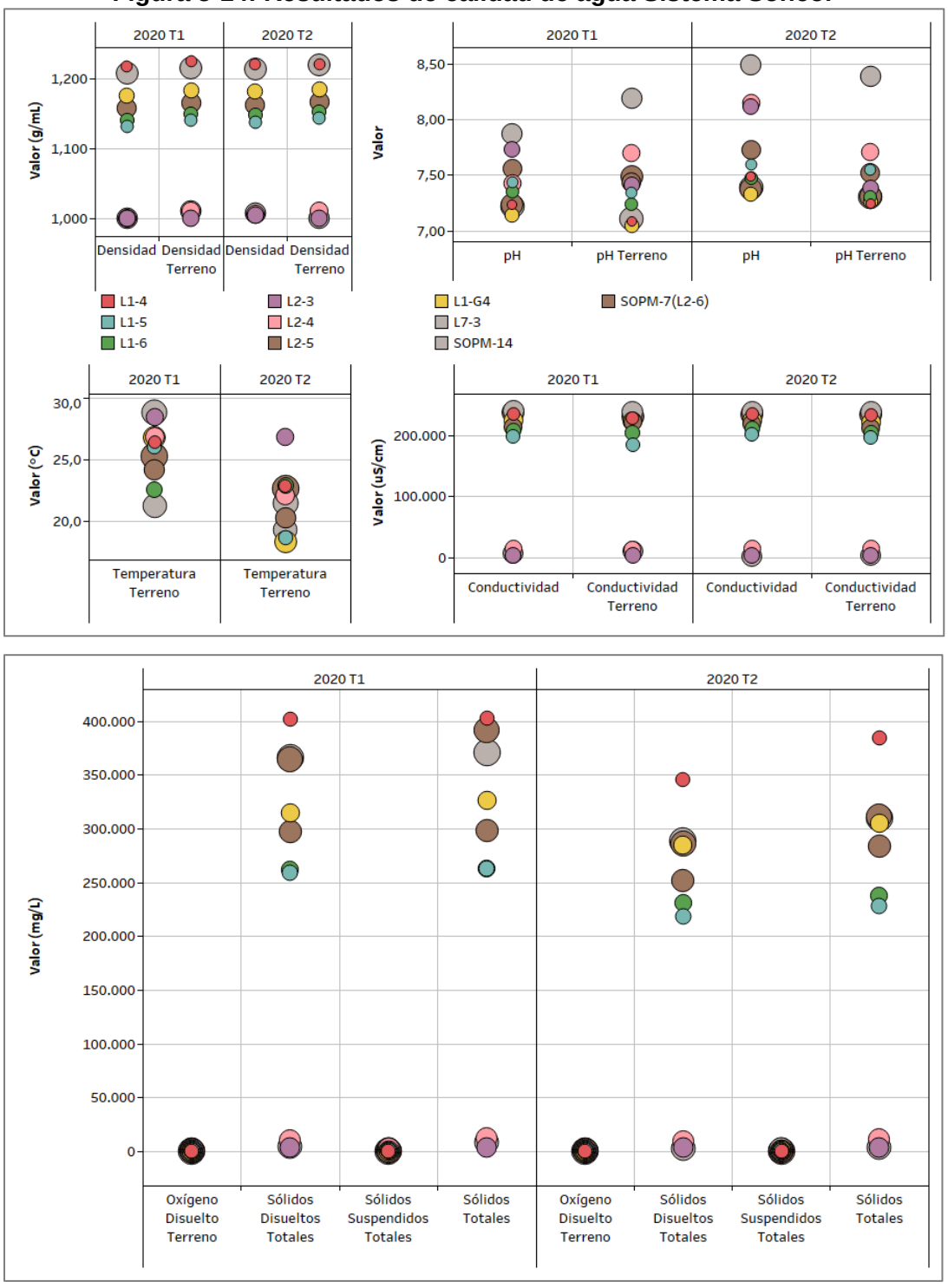
Parámetro	Unidad	L1-4		L1-5		L1-6		L2-3		L2-4		L1-G4 Reglilla	
		22/01/20	25/05/20	22/01/20	25/05/20	22/01/20	25/05/20	23/01/20	27/05/20	23/01/20	27/05/20	22/01/2020	25/05/20
Conductividad	µS/cm	235.000	234.000	198.400	202.000	207.000	211.000	3.540	3.680	15.170	13.940	224.000	225.000
Conductividad Terreno	µS/cm	228.000	231.000	183.900	194.500	204.000	204.000	4.270	3.730	13.420	13.890	223.000	220.000
Densidad	g/mL	1,217	1,220	1,132	1,138	1,141	1,148	1,000	1,004	1,000	1,006	1,176	1,181
Densidad Terreno	g/mL	1,225	1,220	1,141	1,143	1,150	1,153	1,000	1,000	1,010	1,010	1,183	1,185
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	4,91	5,46	4,82	4,29	5,33	3,72	5,19	5,27	4,85	4,74	3,36	4,80
pH	-	7,23	7,49	7,43	7,59	7,35	7,47	7,73	8,12	7,42	8,15	7,14	7,33
pH Terreno	-	7,08	7	7,34	7,40	7,24	7,22	7,41	7,38	7,70	7,71	7,04	7,09
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	401.600	345.200	258.800	218.000	262.000	231.200	3.068	2.960	9.940	8.560	314.800	284.400
Sólidos Suspendidos	mg/L	30	41	13	30	20	44	5	9	1.848	643	200	480
Sólidos Totales	mg/L	402.800	384.333	263.200	227.667	262.800	237.167	3.320	2.972	11.820	11.320	326.000	305.333
Temperatura Terreno	°C	26,4	22	26,0	17	22,5	22	28,4	26	26,8	21	26,8	17

Parámetro	Unidad	L2-5		L7-3		SOPM-14		SOPM-7 (L2-6)		L7-G1
		22/01/20	25/05/20	23/01/20	23/01/20	22/01/20	25/05/20	22/01/20	25/05/20	#
Conductividad	µS/cm	214.000	218.000	7.130	2.720	239.000	238.000	238.000	234.000	S/I
Conductividad Terreno	µS/cm	222.000	210.000	9.920	3.140	238.000	237.000	230.000	230.000	S/I
Densidad	g/mL	1,157	1,162	1,000	1,007	1,208	1,213	1,212	1,217	S/I
Densidad Terreno	g/mL	1,165	1,166	1,010	1,000	1,215	1,219	1,220	1,222	S/I
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,93	4,57	5,78	6,78	4,07	5,98	4,70	5,38	S/I
pH	-	7,56	7,73	7,87	8,49	7,22	7,39	7,23	7,37	S/I
pH Terreno	-	7,43	7,49	8,19	8,39	7,10	7,22	7,49	7,17	S/I
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	296.800	252.000	4.355	2.006	365.600	288.400	364.800	286.000	S/I
Sólidos Suspendidos	mg/L	22	19	772	1.198	52	105	40	18	S/I
Sólidos Totales	mg/L	298.000	283.600	7.990	3.572	370.400	309.667	391.200	311.333	S/I
Temperatura Terreno	°C	24,1	20,21	21,2	18,2	28,8	21,1	25,2	22,63	S/I

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

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

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



Fuente: Elaboración propia.

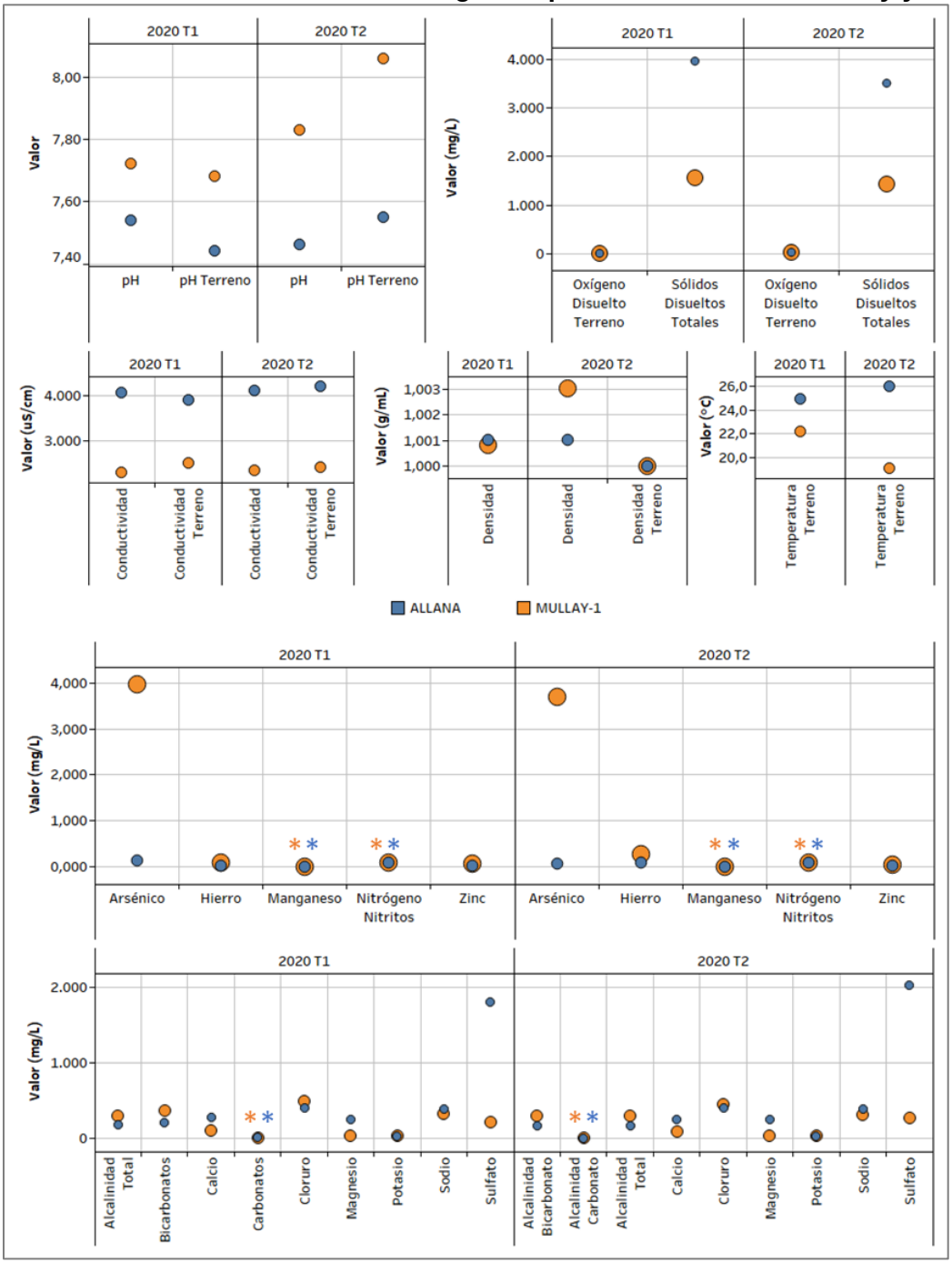
En la Tabla 5-18 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay y Allana durante el primer semestre de 2020. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-15.

Tabla 5-18: Resultados calidad del agua en pozos de extracción para el primer semestre de 2020

Parámetro	Unidad	Mullay-1		Allana	
		21/01/2020	28/05/2020	22/01/2020	27/05/2020
Alcalinidad Total	$mgCaCO_3/L$	289,2	296,8	182,1	169,6
Arsénico	mg/L	3,949	3,681	0,128	0,060
Alcalinidad Bicarbonato	$mgCaCO_3/L$	298.3[1]	296,8[2]	172,1[1]	169,6[2]
Calcio	mg/L	104,2	93,52	267,96	253,78
Alcalinidad Carbonato	$mgCaCO_3/L$	<16,6[1]	<1[2]	<16,6[1]	<1[2]
Cloruro	mg/L	491,73	452,16	405,36	396,49
Conductividad	µS/cm	2260	2320	4070	4110
Conductividad Terreno	µS/cm	2480	2360	3900	4200
Densidad	g/mL	1,0008	1,003	1,001	1,001
Densidad Terreno	g/mL	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro	mg/L	0,071	0,272	0,02	0,071
Magnesio	mg/L	38,242	35,218	247,13	240,587
Manganeso	mg/L	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,220	<0,05	0,330	<0,05
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,73	6,53	5,78	6,18
pH	-	7,72	7,83	7,54	7,46
pH Terreno	-	7,68	8,042	7,44	7,55
Potasio	mg/L	34,75	29,497	27,289	27,236
Sodio	mg/L	324,64	304,38	391,6	383,39
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1562	1424	3956	3500
Sulfato	mg/L	206,2	269,25	1794,54	2023,08
Temperatura Terreno	°C	22,2	18,2	24,9	26
Zinc	mg/L	0,0534	0,0314	0,0213	0,0083

Fuente: Elaboración propia. [1] Para el mes de enero las concentraciones de Alcalinidad carbonato y Alcalinidad bicarbonato, expresadas en $mgCaCO_3/L$ fueron transformadas sobre los resultados entregados por el laboratorio como bicarbonato y carbonato, expresados en mg/L. [2] Los analitos reportados por ALS en la campaña de mayo fueron Bicarbonato y Carbonato, expresados en $mgCaCO_3/L$. En el Anexo 7.2 se adjunta el archivo de ALS, “Carta SQM -Alcalinidad V3.pdf”, donde se explica que lo que se ha llamado históricamente Alcalinidad Bicarbonato y Alcalinidad Carbonato, se llama en la actualidad Bicarbonato y Carbonato, expresado en mgCaCO3/L.

Figura 5-15: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay y Allana



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

En el primer semestre de 2020 no fue posible realizar el muestreo en las reglillas de Chaxa y Barros Negros, debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional y a la contingencia COVID-19 (ver Anexo 7.1).

Mediciones realizadas en cuerpos lagunares SQM (Geobiota-Aquaexpert primer trimestre y Algoritmos -ALS segundo trimestre)

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, los que hasta el segundo semestre de 2018 eran efectuados bajo el convenio CONAF-SQM. Con motivo del término de dicho convenio de colaboración, en el período objeto del presente reporte, los monitoreos fueron encargado en el primer trimestre a la empresa Aquaexpert[50] y análisis realizados por Hidrolab y UCN, ambas, ETFAS autorizadas. En el segundo trimestre los muestreos fueron encargados a Algoritmos y los análisis a ALS – Sede de Antofagasta.

En la Tabla 5-19 se presentan los resultados del seguimiento ambiental realizado, mientras que en la Figura 5-16 se presentan de manera gráfica los resultados de las mediciones efectuadas en Burro Muerto. Como se observa, durante el periodo semestral se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos en el canal Burro Muerto. El resto de los puntos no pudo ser visitado debido a restricción de acceso por RNLF durante el primer trimestre y la contingencia COVID-19 durante el segundo trimestre.

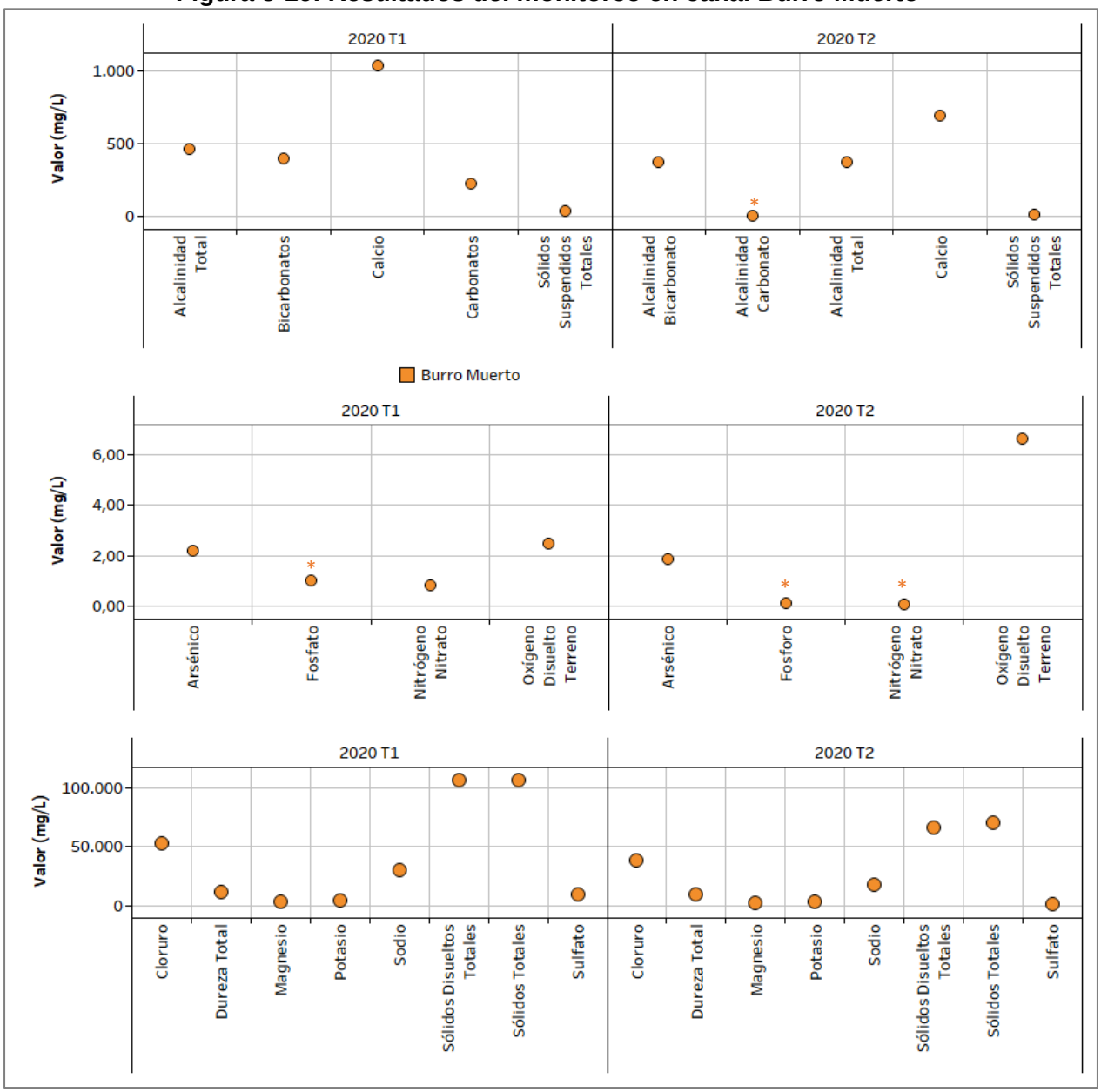
[50] A través del IA autorizado mediante Res. Ex 938/1029 de la SMA

Tabla 5-19: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto

Parámetro	Unidad	Burro Muerto	
		28/01/2020	27/05/2020
Alcalinidad Total	mgCaCO3/L	463	371
Arsénico	mg/L	2,160	1,858
Bicarbonatos	mg/L	395	452,6[1]
Calcio	mg/L	1034	688,11
Carbonatos	mg/L	220	<0,6
Cloruro	mg/L	52.094	38.225
Conductividad Terreno	µS/cm	102.800	88.900
Dureza Total	mg/L	11.476	8.949
Fósforo Fosfato	mg $P\text{-}PO_4/L$	<0,32 [2]	<0,13
Magnesio	mg/L	2.578	1.896
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,8	<0,05
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	2,46	6,61
pH Terreno	-	8,17	7,95
Potasio	mg/L	3.953	2.522
Salinidad	‰	94,7	63,2
Sodio	mg/L	29.400	17.249
Sólidos disueltos totales	mg/L	106.601	65.600
Sólidos suspendidos Totales	mg/L	32,0	11,0
Sólidos totales	mg/L	106.633	70.000
Sulfato	mg/L	9.080	400,01
Temperatura Terreno	°C	20,5	11,8

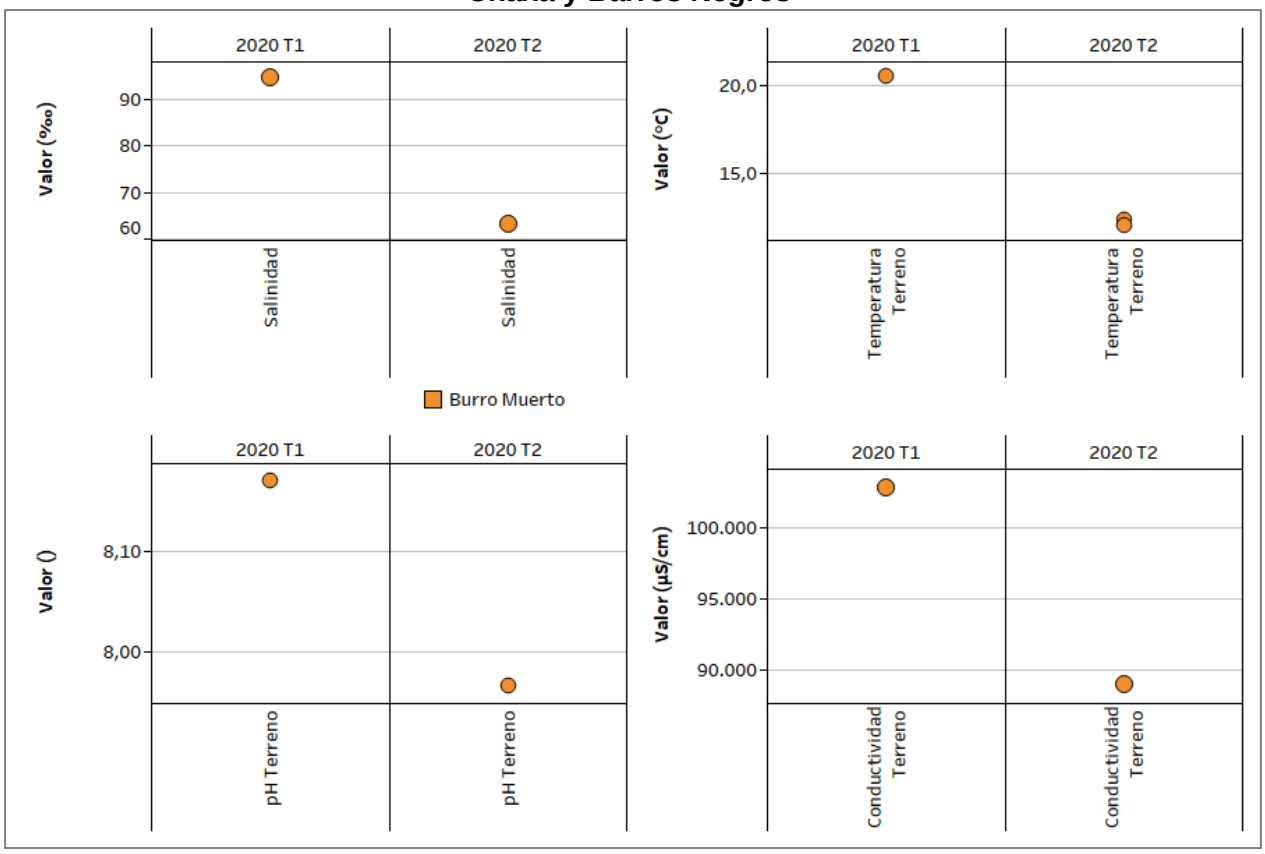
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. [1] Los analitos reportados por ALS en la campaña de mayo fueron Bicarbonato y Carbonato, expresados en $mgCaCO_3/L$. Estos analitos corresponden a Alcalinidad Bicarbonato y Alcalinidad Carbonato, por lo que han sido transformados a Bicarbonato y Carbonato.[2] El analito reportado por laboratorio fue fosfato, se ha realizado la transformación a fósforo fosfato.

Figura 5-16: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-17: (Continuación) Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros



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

Validación de Resultados

Los criterios de validación que se implementan en este apartado son los descritos en el anterior apartado 4.4.8 de Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas (Capítulo 4 de Materiales y métodos).

La Tabla 5-20 muestra los resultados de la validación para las campañas del segundo semestre en el sistema Soncor. En las dos campañas del primer semestre, de las 22 muestras con análisis de sólidos (totales, disueltos y suspendidos) 1 no fueron validadas, teniendo un desbalance de masa mayor al 20% para L7-3 en el primer trimestre. Este desbalance es causado por el resultado de Sólidos Disueltos Totales, que es aproximadamente el doble que la serie histórica. El resultado fue confirmado por el laboratorio al solicitarle un chequeo (la respuesta puede verse en CL-0011-20, Anexo 7.2).

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

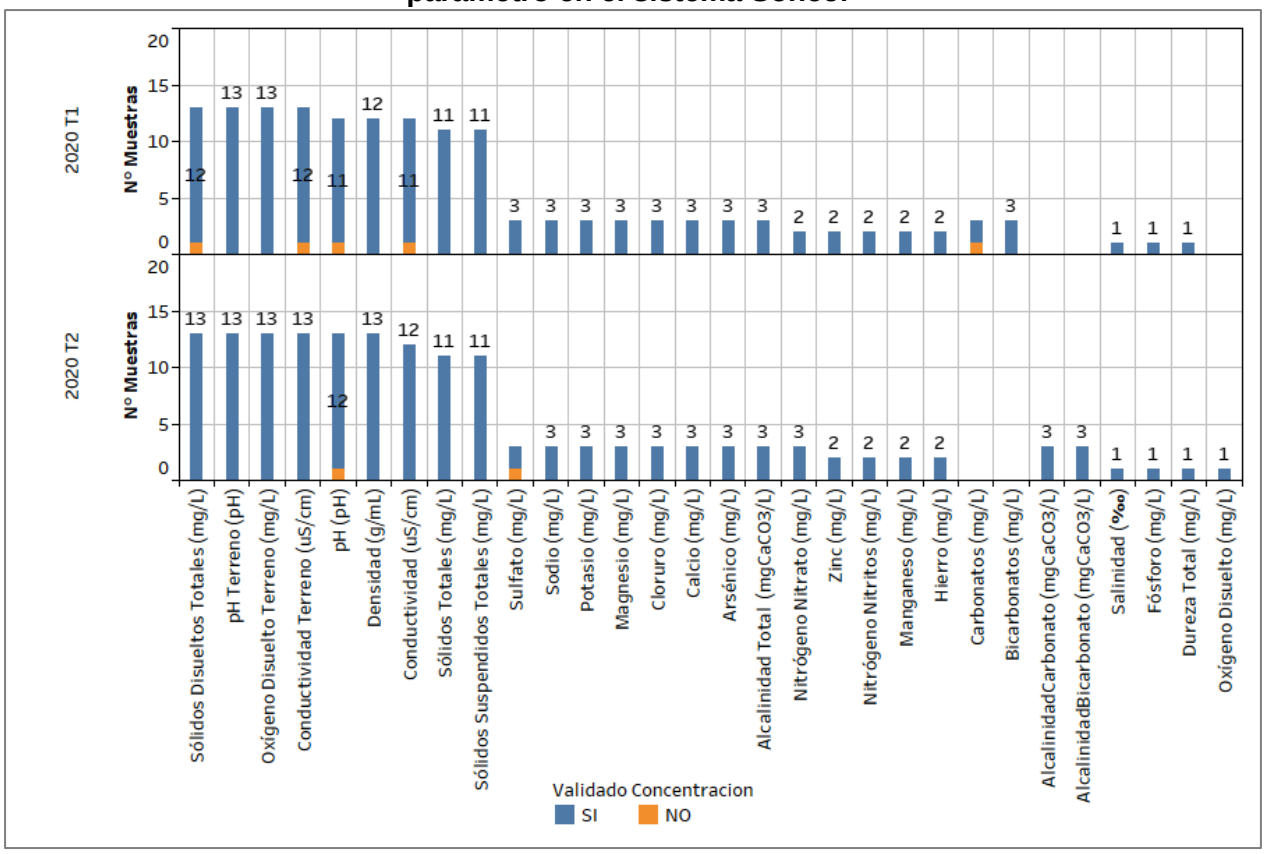
Tabla 5-20: Resultados validación Soncor

Trimestre de 2020	Punto de control	Balance Masa Sólidos (%)	Balance iónico (%)
1ro	ALLANA	N/A	1
	Burro Muerto	0	1
	L1-4	0	N/A
	L1-5	2	N/A
	L1-6	0	N/A
	L1-G4	3	N/A
	L2-3	7	N/A
	L2-4	0	N/A
	L2-5	0	N/A
	L7-3	36	N/A
	MULLAY-1	N/A	1
	SOPM-7(L2-6)	7	N/A
	SOPM-14	1	N/A
2do	ALLANA	N/A	6
	Burro Muerto	6	4
	L1-4	10	N/A
	L1-5	4	N/A
	L1-6	2	N/A
	L1-G4	7	N/A
	L2-3	0	N/A
	L2-4	19	N/A
	L2-5	11	N/A
	L7-3	10	N/A
	MULLAY-1	N/A	6
	SOPM-7(L2-6)	18	N/A
	SOPM-14	10	N/A

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 5-18 muestra el número de muestras validadas y no validadas para cada analito analizado en el primer semestre de 2020 en el sistema Soncor. Se observan 5 analitos no validados para el primer trimestre y 2 en el segundo trimestre. Estas desviaciones fueron consultadas con el laboratorio y fueron ratificadas. (Véase CL-0011-20, Anexo 7.2)

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



Fuente: Elaboración propia.

Caudal agua superficial (aforos)

En el sistema Soncor se dispone de dos puntos de medición de caudal de agua superficial; en el Puente San Luís se mide de forma continua y con medidas manuales mensuales, y en el punto llamado Barros Negros (que se ubica a la salida de la laguna Chaxa, ver apartado 4.3.1) se toman medidas manuales mensuales. El resultado del monitoreo para este primer semestre de 2020 se muestra de forma tabulada Tabla 5-21 y gráficamente en la Figura 5-19.

En el punto de aforo de Barros Negros no se ha podido realizar ningún aforo y en el Puente San Luís no se han realizado con la frecuencia comprometida, ya que se ha mantenido restringido el acceso a RNF.

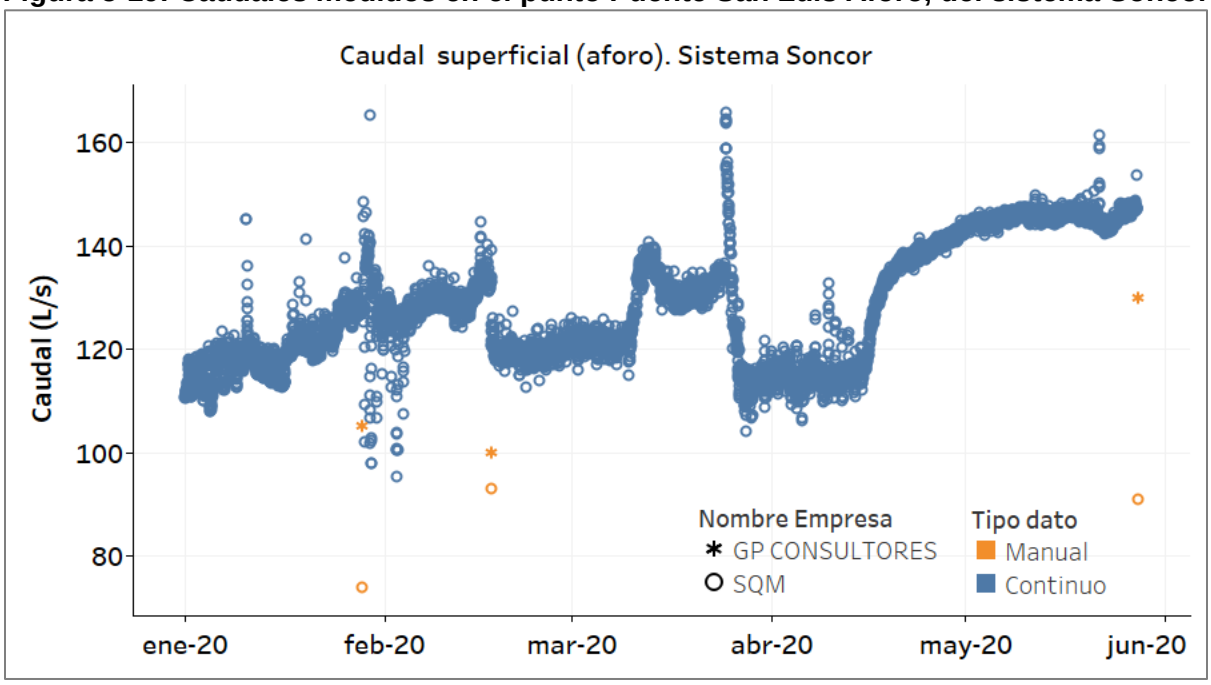
Tabla 5-21: Caudales manuales resultantes (aforos) en Sistema Soncor

Puente San Luís		Barros Negros	
Fecha y hora	**Caudal (L/s)**	**Fecha y hora**	**Caudal (L/s)**
17/01/2020	S/I	**27/01/2020**	S/I
27/01/2020	S/I	**27/02/2020**	S/I
28/01/2020 11:30	105	**27/03/2020**	S/I
28/01/2020 12:05	74,00 (1)	**abr-20**[51]	S/I
17/02/2020 11:10	93,00 (1)	**27/05/2020**	S/I
17/02/2020 12:00	100,00	**27/06/2020**	S/I
27/02/2020	S/I		
17/03/2020	S/I		
27/03/2020	S/I		
17/04/2020	S/I		
27/05/2020 14:10	130,00		
27/05/2020 14:28	91,00 (1)		
17/06/2020	S/I		
27/06/2020	S/I		

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM.

[51] El segundo turno de la ETFA GP Consultores no pudo subir al Salar en el mes de abril (2020) debido a las medidas preventivas que se efectuaron ese mes producto de la pandemia COVID-19. Por este motivo, no se pudo dejar constancia de la no visita asociada a un día concreto.

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



Fuente: Elaboración propia.

Superficie Lacustre

A continuación (Tabla 5-22), se presenta para el primer semestre de 2020 las superficies lacustres de los tres cuerpos de agua del sistema Soncor calculadas mediante imágenes satelitales (Chaxa, Barros Negros y Puilar). Las mediciones de estacas perimetrales no fueron realizadas en el presente periodo, en enero debido ya que el número de días en que se concedió acceso a las lagunas (dentro de RNF) no permite poder llevar a cabo este tipo de actividades; en enero concretamente sólo se contó con autorización de ingreso el día 27. En el mes de abril la reserva se encontraba cerrada de acuerdo con la resolución 162/2020 de CONAF. De la misma forma, tampoco se ha podido realizar el levantamiento topográfico de las lagunas (RTK), debido al cierre de la Reserva en el mes de abril (2020).

Respecto a la cuantificación mediante imágenes satelitales (campaña efectuada en abril de 2020) no fue posible complementar la información obtenida con datos de terreno debido a restricciones de ingreso que impidieron verificar las lagunas de acuerdo con la metodología aprobada mediante la Res. 244/2010. Por lo anterior, los valores indicados pueden alejarse de la situación real debido a que no se pudo corregir con datos de campo.

Adicionalmente se realizó en forma complementaria, en abril de 2020, una medición satelital en Barros Negros Desborde Sur.

Tabla 5-22: Superficie lacustre primer semestre de 2020

Periodo	Responsable	Tipo Medición	Superficie (m^2)			
			Chaxa	Barros Negros	B. Negros Z. Aledañas + Desborde Sur	Puilar
Abr 2020	LINKAPSIS	Imágenes Satelitales	346.599	1.071.838	409.490	63.142

Fuente: Elaboración propia.

Se acompaña en Anexo 10.1 la información de sustento para la determinación de la superficie lacustre para las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar en el período semestral objeto del presente informe.

Finalmente, cabe recordar que las mediciones de superficie mediante topografía solo se realizaron hasta el año 2010 con frecuencia anual, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que las mediciones de topografía se realizaran cada 5 años siendo la última medición la que se realizó en abril 2015.

5.1.3. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Aguas de Quelana considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (61 puntos), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (9 puntos) y superficie lacustre. Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2020 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-23 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-23: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
L13-3	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L13-5	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L13-6	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L14-5	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L14-6	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L14-7	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-10	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-11	Pozo	1	1	x	1	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana

L3-12	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-13	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-6	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-8	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-9	Pozo	1	1	x	1	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-11	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-12	Pozo	1	1	x	1	xx	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-13	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-14	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-8	Pozo	1	1	x	1	xx	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-9	Pozo			x	x	xx	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-10	Pozo	1	1	x	1	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-11	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-12	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-13	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-14	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-15	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-3	Pozo			x	x	xx	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-9	Pozo			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L13-4	Reglilla			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L14-4	Reglilla			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L3-7	Reglilla			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L4-10	Reglilla	1	1	x	x	xx	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana
L5-G3	Reglilla			x	x	x	x	Restricción de ingreso a RNF Quelana

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado; xx: punto no muestreado en la campaña de calidad; 1: punto con mediciones de nivel con una frecuencia menor a la comprometida.

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 4-6 y en la Tabla 4-5.

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.

Pozos en zona aluvial

La zona aluvial cuenta con 7 puntos de control comprometidos para el Sistema Aguas de Quelana, que corresponden a 5 pozos de monitoreo y 2 pozos de extracción. En la Tabla 5-24 se muestran los resultados del monitoreo efectuado para el primer semestre de 2020. En el caso del L4-3, que pertenece al PC y que, por tanto, es medido a diario, se muestran en esta tabla los

mínimos y máximos mensuales. En la Figura 5-20 se muestran todos los niveles estáticos manuales y en la Figura 5-21 los niveles dinámicos correspondientes a los pozos Camar-2 y Socaire-5B.

Cabe mencionar que, para el indicador L4-3, las mediciones diarias corresponden a SQM, no obstante, se solicitó a la ETFA que realizara mediciones adicionales sobre este punto, de la misma forma que con el resto de los indicadores del PC. Así pues, GP Consultores realizó dos mediciones en el mes de abril (de 2020), que se muestran junto al resto de mediciones de SQM en la Figura 5-21 y de forma tabulada, en el Anexo 6.1.

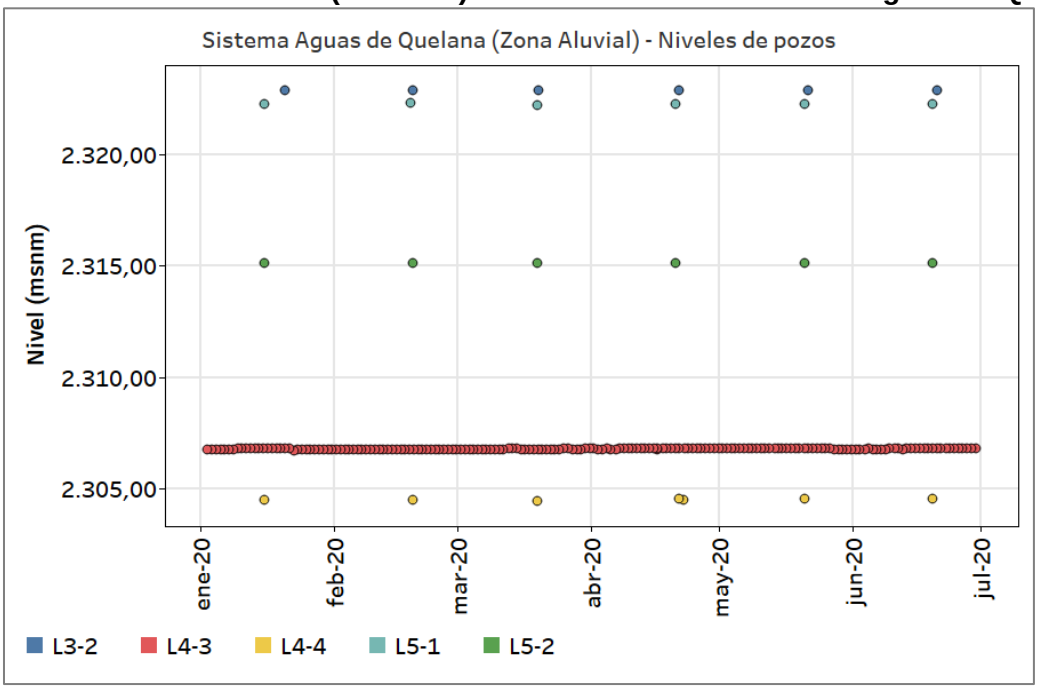
Tabla 5-24: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana

L3-2		L4-4		L5-1		L5-2	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
20/01/2020 14:49	2.322,845	**15/01/2020 17:25**	2.304,523	**15/01/2020 16:56**	2.322,238	**15/01/2020 17:10**	2.315,108
19/02/2020 11:57	2.322,843	**19/02/2020 10:34**	2.304,477	**18/02/2020 17:15**	2.322,259	**19/02/2020 10:13**	2.315,111
19/03/2020 15:32	2.322,843	**19/03/2020 11:36**	2.304,442	**19/03/2020 11:07**	2.322,193	**19/03/2020 11:23**	2.315,111
21/04/2020 12:44	2.322,849	**21/04/2020 10:59**	2.304,547	**20/04/2020 16:14**	2.322,248	**20/04/2020 17:05**	2.315,112
21/05/2020 10:36	2.322,849	**22/04/2020 14:36**	2304,519 (1)	**20/05/2020 15:39**	2.322,233	**20/05/2020 15:50**	2.315,105
20/06/2020 12:54	2.322,854	**20/05/2020 16:05**	2.304,553	**19/06/2020 14:50**	2.322,245	**19/06/2020 15:20**	2.315,107
		19/06/2020 16:21	2.304,560				

CAMAR-2		SOCAIRE-5B		L4-3		
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
					mínimo	**máximo**
20/01/2020 14:24	2.322,243	**19/01/2020 15:09**	2.303,707			
19/02/2020 11:46	2.322,221	**19/02/2020 9:46**	2.303,770	**ene-20**	2.306,714	2.306,790
19/03/2020 15:47	2.322,256	**19/03/2020 13:03**	2.303,640	**feb-20**	2.306,752	2.306,774
21/04/2020 12:30	2.322,235	**20/04/2020 16:35**	2.303,755	**mar-20**	2.306,741	2.306,787
21/05/2020 10:51	2.322,239	**21/05/2020 10:04**	2.303,590	**abr-20**	2.306,775	2.306,802
19/06/2020 15:54	2.322,254	**26/05/2020 10:01**	2303,585 (2)	**may-20**	2.306,769	2.306,815
		19/06/2020 15:39	2.303,545	**jun-20**	2.306,767	2.306,801

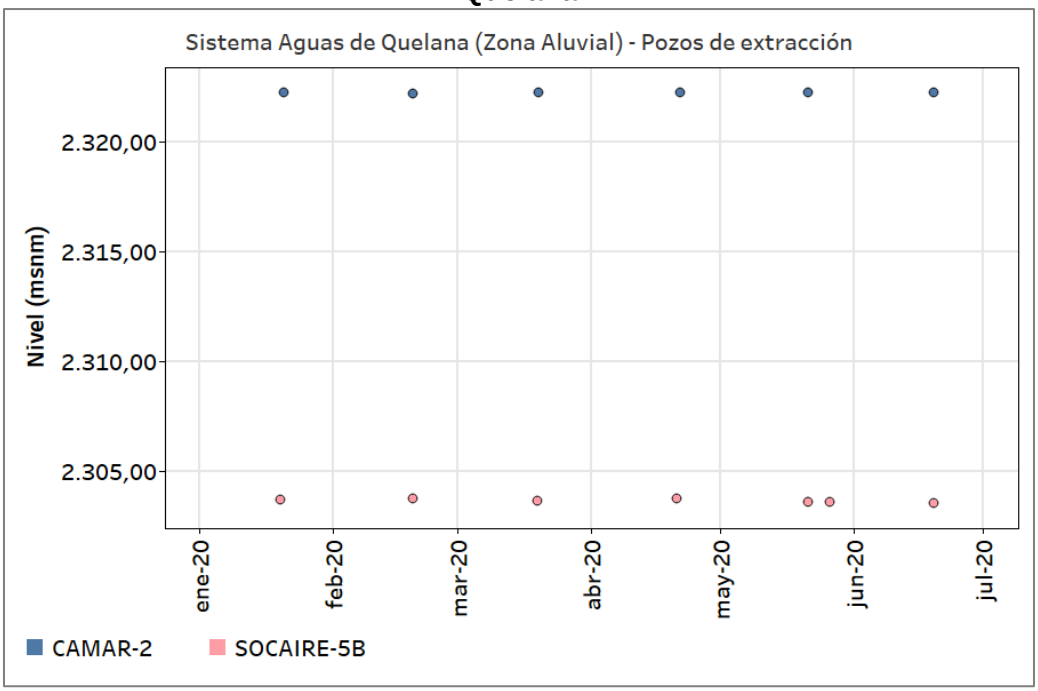
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-21: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Pozos en zona marginal

En esta sección se exponen los resultados del monitoreo efectuado en los 43 pozos de control de nivel ubicados en la zona marginal del Sistema Aguas de Quelana. De los pozos anteriores, 19 poseen medición continua de nivel.

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

Área del pozo Camar-2

En la Tabla 5-25 se muestran las mediciones del primer semestre de 2020 para el subsector aledaño al pozo de extracción Camar-2, compuesto por 6 puntos de control. Los piezómetros L3-3 y L3-5 forman parte del PC y son medidos a diario, por este motivo se han representado en esta tabla solo los mínimos y máximos mensuales. La representación gráfica se muestra en la Figura 5-22, donde se incluyen también las mediciones continuas de los 5 pozos (de este grupo, todos están habilitados con transductores a excepción del L3-3).

Como puede verse, los puntos L13-3 y L3-6 no pudieron ser visitados a partir de marzo por encontrarse dentro de la RNF. Por este motivo tampoco se dispone de todos los datos continuos para este periodo (se destaca que en la visita de febrero del L13-3 no se pudo proceder a la descarga, por lo que, en este caso, tampoco se dispone del periodo entre enero y febrero). Durante este tiempo y hasta el momento de la elaboración de este informe, estos puntos no han vuelto a ser visitados.

Por otro lado, los puntos L3-3 y L3-5 disponen de medidas adicionales realizadas por la ETFA en el mes de abril. Se hace recordar que las mediciones de los puntos con frecuencia diaria, los puntos indicadores de estado del PC, son tomadas por SQM según el compromiso tomado en el PdC. Estas mediciones se muestran, junto todas las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-22 y los valores se encuentran tabulados en el Anexo 6.1.

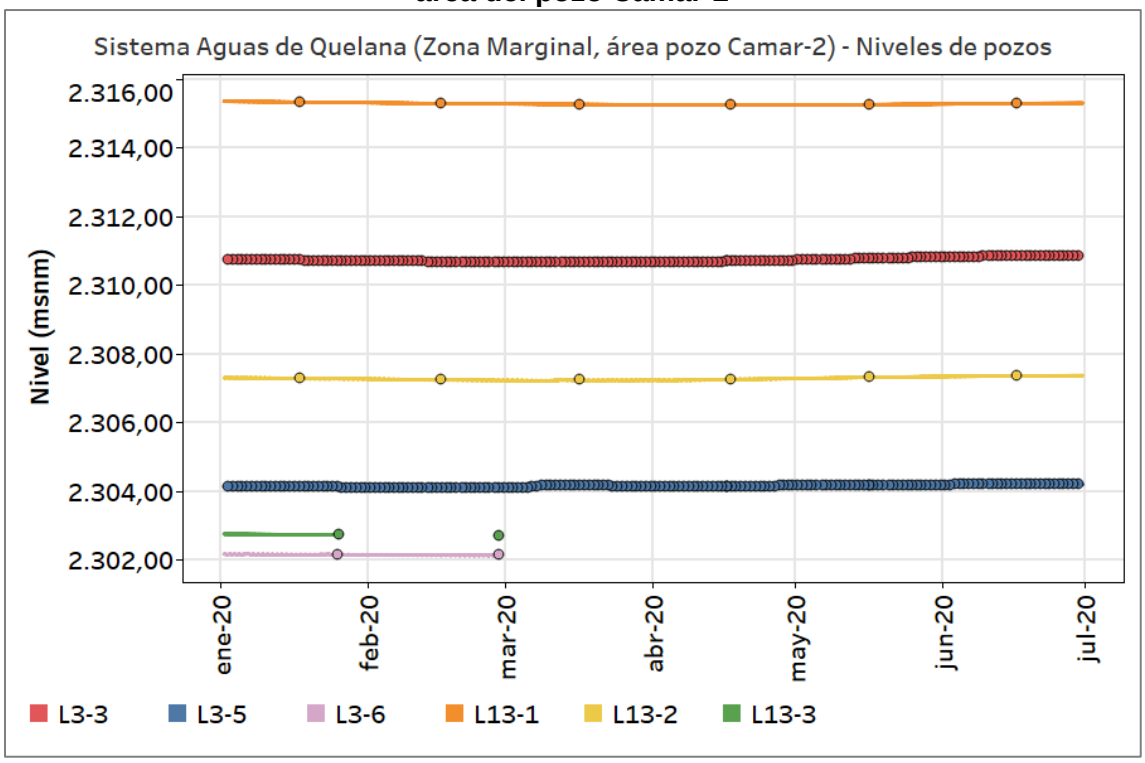
Tabla 5-25: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2

L13-1		L13-2		L13-3		L3-6	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
17/01/2020 15:00	2.315,327	**17/01/2020 15:24**	2.307,282	**25/01/2020 17:16**	2.302,729	**25/01/2020 16:11**	2.302,167
16/02/2020 10:26	2.315,294	**16/02/2020 10:42**	2.307,253	**28/02/2020 15:53**	2.302,699	**28/02/2020 14:46**	2.302,149
16/03/2020 10:50	2.315,263	**16/03/2020 11:32**	2.307,238	**17/03/2020 12:00**	S/I	**17/03/2020 12:00**	S/I
17/04/2020 11:38	2.315,247	**17/04/2020 11:55**	2.307,261	**17/04/2020 12:00**	S/I	**17/04/2020 12:00**	S/I
16/05/2020 13:38	2.315,256	**16/05/2020 14:05**	2.307,320	**17/05/2020 12:00**	S/I	**17/05/2020 12:00**	S/I
16/06/2020 13:33	2.315,290	**16/06/2020 13:52**	2.307,365	**17/06/2020 12:00**	S/I	**17/06/2020 12:00**	S/I

L3-3			L3-5		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**		**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
	mínimo	**máximo**		**mínimo**	**máximo**
ene-20	2.310,708	2.310,754	**ene-20**	2.304,112	2.304,141
feb-20	2.310,662	2.310,707	**feb-20**	2.304,090	2.304,113
mar-20	2.310,654	2.310,662	**mar-20**	2.304,087	2.304,161
abr-20	2.310,654	2.310,716	**abr-20**	2.304,143	2.304,158
may-20	2.310,719	2.310,812	**may-20**	2.304,159	2.304,188
jun-20	2.310,814	2.310,863	**jun-20**	2.304,182	2.304,206

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

Figura 5-22: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Área del pozo Socaire-5B

En la Tabla 5-26 se muestran las mediciones para el subsector aledaño al pozo de extracción Socaire-5B, compuesto por 13 puntos de control, de los cuales 7 tienen medición en continuo además de las medidas manuales. Los puntos L4-7 y L5-8 tienen medidas diarias, por formar parte del PC, por lo que sólo se muestran los mínimos y máximos mensuales. En la Figura 5-23 se muestran gráficamente los resultados para este primer semestre de 2020.

El punto L4-8 también es un indicador de estado del PC y, por tanto, las mediciones también deberían ser diarias. Este punto se encuentra dentro de RNF, por lo que durante este semestre el acceso ha sido restringido; en enero y febrero solo se pudo medir un día en cada mes y en los meses siguientes no se pudo ingresar, a excepción de unos días de abril. Si bien es cierto que el área de RNF se encuentra con el acceso cerrado desde marzo de 2020 atendida la situación sanitaria, CONAF (Administrador del área) otorgó autorización por vía telefónica para su ingreso.

Este permiso excepcional fue otorgado en consideración que se trata de un indicador de estado que se encuentra a escasos 22 metros del límite del polígono RNF, por lo que se estimó que el ingreso no suponía una afectación al sistema protegido. Las visitas dentro de ese mes fueron expeditas, por lo que no se pudo proceder a la descarga de los datos continuos, de esta forma no se dispone de estas mediciones desde febrero (de 2020).

Los puntos L14-5, L14-6, L14-7, L4-9 y L5-3 no han podido medirse desde febrero por encontrarse dentro de RNF. Consecuentemente, en los puntos L4-9 y L5-3 no se ha podido acceder para la descarga de los datos continuos (ni hasta el momento de la elaboración de este informe), por lo que sólo se dispone de estas mediciones hasta febrero (de 2020).

Por otro lado, los puntos indicadores de estado (L4-8 y L5-8) cuentan con medidas adicionales tomadas por la ETFA, ya que se hace recordar que las mediciones de los puntos con frecuencia diaria, los puntos indicadores de estado del PC, son tomadas por SQM según el compromiso tomado en el PdC. Estas mediciones se muestran, junto todas las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-23.

Tabla 5-26: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B

L14-1		L14-2		L14-3		L14-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/01/2020 17:50	2.311,753	15/01/2020 18:17	2.304,301	15/01/2020 18:05	2.301,620	21/01/2020 13:46	2.300,460
19/02/2020 10:57	2.311,741	19/02/2020 11:05	2.304,272	19/02/2020 11:16	2.301,620	27/02/2020 13:12	2.300,437
19/03/2020 12:02	2.311,734	19/03/2020 12:11	2.304,259	19/03/2020 12:29	2.301,619	19/03/2020 12:00	S/I
21/04/2020 11:27	2.311,739	21/04/2020 11:35	2.304,262	21/04/2020 11:46	2.301,626	19/04/2020 12:00	S/I
20/05/2020 16:27	2.311,764	20/05/2020 16:34	2.304,274	20/05/2020 16:44	2.301,648	19/05/2020 12:00	S/I
19/06/2020 16:42	2.311,796	19/06/2020 16:51	2.304,305	19/06/2020 17:01	2.301,661	19/06/2020 12:00	S/I

L14-6		L14-7		L4-9		L5-3	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/01/2020 13:35	2.300,163	21/01/2020 13:25	2.300,017	25/01/2020 14:26	2.300,957	25/01/2020 10:28	2.302,004
27/02/2020 13:04	2.300,145	27/02/2020 12:53	2.300,003	28/02/2020 11:32	2.300,939	28/02/2020 10:35	2.301,960
19/03/2020 12:00	S/I	19/03/2020 12:00	S/I	16/03/2020 12:00	S/I	16/03/2020 12:00	S/I
19/04/2020 12:00	S/I	19/04/2020 12:00	S/I	16/04/2020 12:00	S/I	16/04/2020 12:00	S/I
19/05/2020 12:00	S/I	19/05/2020 12:00	S/I	16/05/2020 12:00	S/I	16/05/2020 12:00	S/I
19/06/2020 12:00	S/I	19/06/2020 12:00	S/I	16/06/2020 12:00	S/I	16/06/2020 12:00	S/I

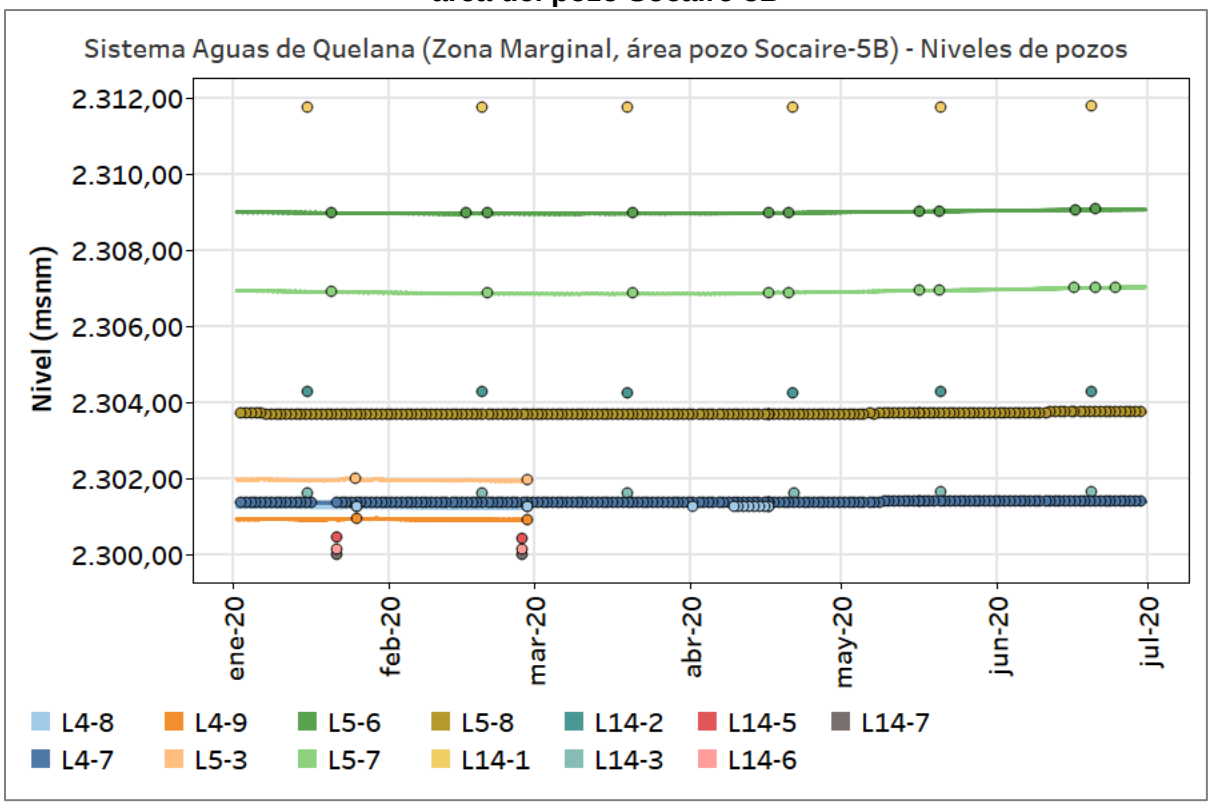
L4-8		L5-6		L5-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
25/01/2020 13:11	2.301,262	20/01/2020 11:47	2.308,993	20/01/2020 11:32	2.306,916
25/01/2020 13:12	2301,262 (1)	16/02/2020 9:41	2.308,978	20/02/2020 13:05	2.306,880
28/02/2020 11:03	2301,263 (1)	20/02/2020 13:16	2.308,974	20/03/2020 11:22	2.306,870
28/02/2020 11:04	2.301,265	20/03/2020 11:32	2.308,968	16/04/2020 14:35	2306,893 (1)
mar-20	S/I	16/04/2020 15:21	2308,989 (1)	20/04/2020 12:51	2.306,895
01/04/2020 13:48	2301,272 (1)	20/04/2020 13:08	2.308,991	16/05/2020 10:28	2306,949 (1)
09/04/2020 16:19	2301,271 (1)	16/05/2020 11:54	2309,027 (1)	20/05/2020 15:24	2.306,953
10/04/2020 14:12	2301,272 (1)	20/05/2020 15:57	2.309,028	16/06/2020 10:21	2307,019 (1)
11/04/2020 14:47	2301,271 (1)	16/06/2020 11:41	2309,070 (1)	20/06/2020 12:14	2.307,025
12/04/2020 14:16	2301,272 (1)	20/06/2020 12:25	2.309,074	24/06/2020 14:22	2307,030 (2)
13/04/2020 13:44	2301,272 (1)				
14/04/2020 14:28	2301,27 (1)				

15/04/2020 15:57	2301,272 (1)
16/04/2020 12:14	2.301,271
16/04/2020 12:16	2301,272 (1)
may-20	S/I
jun-20	S/I

L4-7			L5-8		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**		**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
	mínimo	**máximo**		**mínimo**	**máximo**
ene-20	2.301,395	2.301,390	**ene-20**	2.303,711	2.303,699
feb-20	2.301,391	2.301,388	**feb-20**	2.303,698	2.303,686
mar-20	2.301,391	2.301,387	**mar-20**	2.303,692	2.303,682
abr-20	2.301,394	2.301,389	**abr-20**	2.303,704	2.303,685
may-20	2.301,404	2.301,392	**may-20**	2.303,738	2.303,704
jun-20	2.301,407	2.301,400	**jun-20**	2.303,756	2.303,735

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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

Respecto el subsector oeste de las lagunas difusas cercanas a Camar-2, se encuentran 10 puntos de control y cuyo resultado para el monitoreo del primer semestre de 2020 se muestra en la Tabla 5-27. En la Figura 5-24 se muestran gráficamente los resultados del monitoreo para este grupo de puntos de control, incluyendo los datos continuos disponibles del L3-9, L3-10 y L3-13.

Los puntos L13-5, L13-6, L3-10, L3-8, L3-12 y L3-13 se encuentran dentro del polígono de RNF, por lo que no se han podido medir desde febrero (de 2020). Es por este motivo que no se dispone de los datos continuos de los puntos L3-9, L3-10 y L3-13 a partir de febrero (de 2020), al momento de la realización del informe, no se han vuelto a visitar estos puntos.

Los puntos L3-9 y L3-11 son indicadores de estado del PC, por lo que la frecuencia de medición es diaria conforme a lo comprometido en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto a la

SMA. Para este primer semestre de 2020 no ha podido mantenerse esta frecuencia y se dispone de una medida puntual para los meses de enero, febrero y abril. Cabe destacar que, igual que ocurre con el L4-8, son pozos del PC cuya medición diaria es realizada por SQM, no obstante, lo cual se ha solicitado a la ETFA que realice mediciones mensuales, por este motivo, en la Tabla 5-27 se presentan los valores de SQM y de la ETFA, que en varias ocasiones corresponde al mismo valor.

Tabla 5-27: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas

L13-5		L13-6		L13-7		L3-10	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
21/01/2020 10:37	2.300,553	**21/01/2020 10:49**	2.300,355	**16/01/2020 16:44**	2.300,115	**21/01/2020 11:48**	2.300,378
27/02/2020 10:56	2.300,533	**27/02/2020 10:49**	2.300,337	**18/02/2020 12:44**	2.300,112	**27/02/2020 11:46**	2.300,368
19/03/2020 12:00	S/I	**19/03/2020 12:00**	S/I	**18/03/2020 9:44**	2.300,102	**15/03/2020 12:00**	S/I
19/04/2020 12:00	S/I	**19/04/2020 12:00**	S/I	**19/04/2020 13:14**	2.300,094	**15/04/2020 12:00**	S/I
19/05/2020 12:00	S/I	**19/05/2020 12:00**	S/I	**19/05/2020 10:31**	2.300,082	**15/05/2020 12:00**	S/I
19/06/2020 12:00	S/I	**19/06/2020 12:00**	S/I	**19/06/2020 9:31**	2.300,072	**15/06/2020 12:00**	S/I

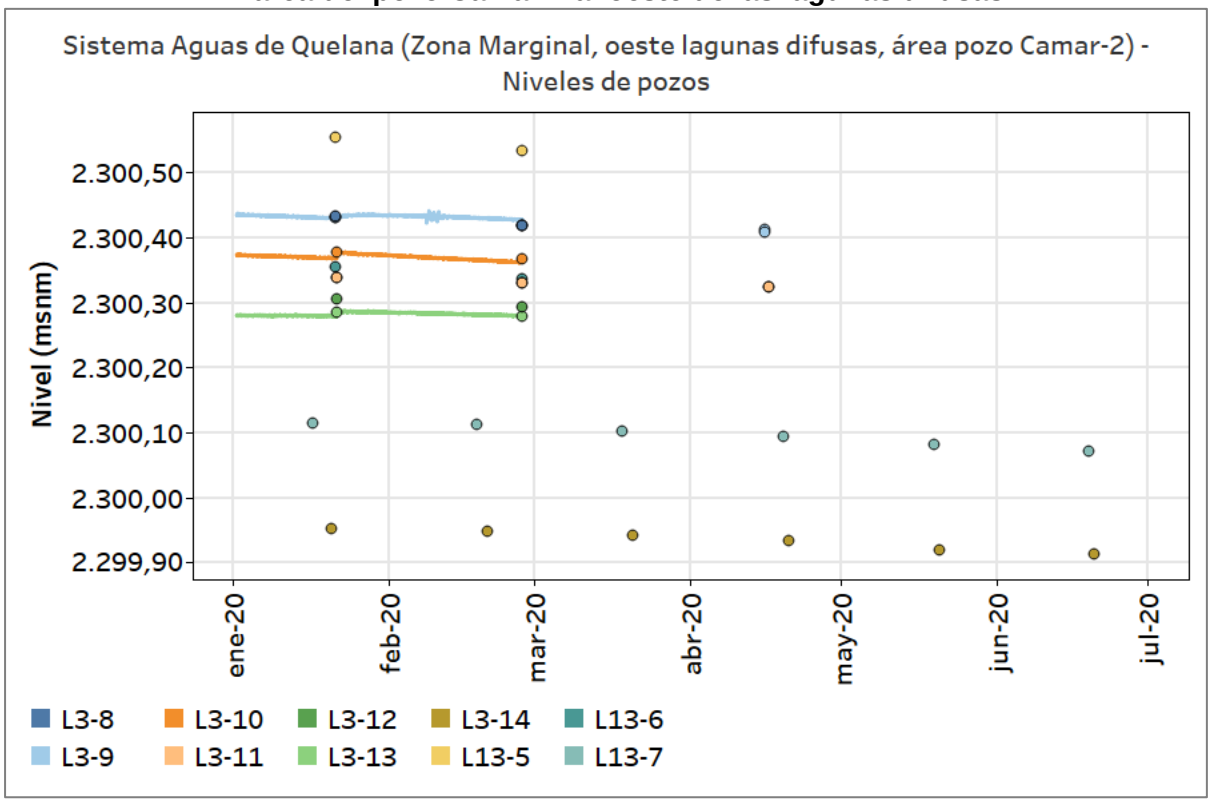
L3-8		L3-12		L3-13		L3-14	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
21/01/2020 10:59	2.300,432	**21/01/2020 12:27**	2.300,306	**21/01/2020 12:32**	2.300,285	**20/01/2020 10:22**	2.299,953
27/02/2020 11:16	2.300,419	**27/02/2020 12:14**	2.300,294	**27/02/2020 12:20**	2.300,278	**20/02/2020 11:22**	2.299,949
19/03/2020 12:00	S/I	**20/03/2020 12:00**	S/I	**15/03/2020 12:00**	S/I	**20/03/2020 10:04**	2.299,942
19/04/2020 12:00	S/I	**20/04/2020 12:00**	S/I	**15/04/2020 12:00**	S/I	**20/04/2020 11:33**	2.299,934
19/05/2020 12:00	S/I	**20/05/2020 12:00**	S/I	**15/05/2020 12:00**	S/I	**20/05/2020 12:37**	2.299,919
19/06/2020 12:00	S/I	**20/06/2020 12:00**	S/I	**15/06/2020 12:00**	S/I	**20/06/2020 10:30**	2.299,914

L3-9		L3-11	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
21/01/2020 11:06	2300,431 (3)	**21/01/2020 12:19**	2300,339 (3)
27/02/2020 11:23	2300,419 (3)	**27/02/2020 12:04**	2300,331 (3)
mar-20	S/I	**mar-20**	S/I
15/04/2020 16:41	2.300,408	**16/04/2020 15:47**	2300,324 (3)
15/04/2020 16:56	2301,412 (1)	**may-20**	S/I

may-20	S/I	**jun-20**	S/I
jun-20	S/I		

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (3) el nivel resultante es el mismo tanto para la medición realizada por SQM como por la ETFA.

Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Camar-2 al oeste de las lagunas difusas



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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

En el subsector oeste de las lagunas difusas aledañas al pozo Socaire-5B se encuentran 14 puntos de control. En la Tabla 5-28 se muestra el resultado del monitoreo llevado a cabo en el primer semestre de 2020 para estos puntos. En la Figura 5-25 se muestra gráficamente el resultado del monitoreo manual.

Los puntos L4-11, L4-13, L4-14, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15 y L5-9 se encuentran dentro de RNF y por este motivo no han sido visitados desde febrero (de 2020). También por este motivo, es que se dispone de medidas continuas de los puntos L5-10, L5-14, L4-12 y L4-13 solo hasta

febrero; hasta el momento de la elaboración del presente informe, no se ha podido acceder a estos puntos.

De la misma manera que se ha descrito para los anteriores indicadores de estado descritos que se encuentran dentro de RNF Aguas de Quelana descritos (L3-9, L3-11 y L4-8), los puntos L4-12 y L5-10 no han podido medirse con la frecuencia diaria comprometida, sino que disponen de una medición para los meses de enero, febrero y abril. Como se ha descrito para los otros indicadores, las mediciones diarias son efectuadas por SQM, no obstante, se ha solicitado que la ETFA realice mediciones adicionales en los puntos indicadores de estado. Además, en estos puntos, se está teniendo una frecuencia de medición menor a la comprometida, por este motivo, como se puede ver en la Tabla 5-28, se indican las medidas que corresponden a la ETFA y a SQM.

Tabla 5-28: Registro de niveles zona marginal del Sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas

GD-02		L4-5		L4-11		L4-13	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
17/01/2020 9:57	2.299,410	**19/01/2020 12:10**	2.299,466	**21/01/2020 15:08**	2.299,831	**21/01/2020 15:36**	2.299,770
18/02/2020 14:46	2.299,377	**18/02/2020 14:08**	2.299,453	**27/02/2020 14:55**	2.299,809	**27/02/2020 15:21**	2.299,751
18/03/2020 11:54	2.299,339	**18/03/2020 11:08**	2.299,438	**20/03/2020 12:00**	S/I	**16/03/2020 12:00**	S/I
19/04/2020 16:39	2.299,294	**19/04/2020 16:09**	2.299,420	**20/04/2020 12:00**	S/I	**16/04/2020 12:00**	S/I
19/05/2020 12:59	2.299,247	**19/05/2020 11:16**	2.299,402	**20/05/2020 12:00**	S/I	**16/05/2020 12:00**	S/I
19/06/2020 11:46	2.299,209	**19/06/2020 11:00**	2.299,395	**20/06/2020 12:00**	S/I	**16/06/2020 12:00**	S/I

L4-14		L4-15		L5-11		L5-12	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
21/01/2020 15:56	2.299,866	**20/01/2020 10:43**	2.299,659	**21/01/2020 16:45**	2.300,077	**21/01/2020 16:51**	2.299,990
27/02/2020 14:47	2.299,844	**20/02/2020 11:51**	2.299,643	**27/02/2020 16:26**	2.300,055	**27/02/2020 16:31**	2.299,966
20/03/2020 12:00	S/I	**20/03/2020 10:26**	2.299,629	**20/03/2020 12:00**	S/I	**20/03/2020 12:00**	S/I
20/04/2020 12:00	S/I	**20/04/2020 11:52**	2.299,617	**20/04/2020 12:00**	S/I	**20/04/2020 12:00**	S/I
20/05/2020 12:00	S/I	**20/05/2020 12:59**	2.299,614	**20/05/2020 12:00**	S/I	**20/05/2020 12:00**	S/I
20/06/2020 12:00	S/I	**20/06/2020 11:06**	2.299,627	**20/06/2020 12:00**	S/I	**20/06/2020 12:00**	S/I

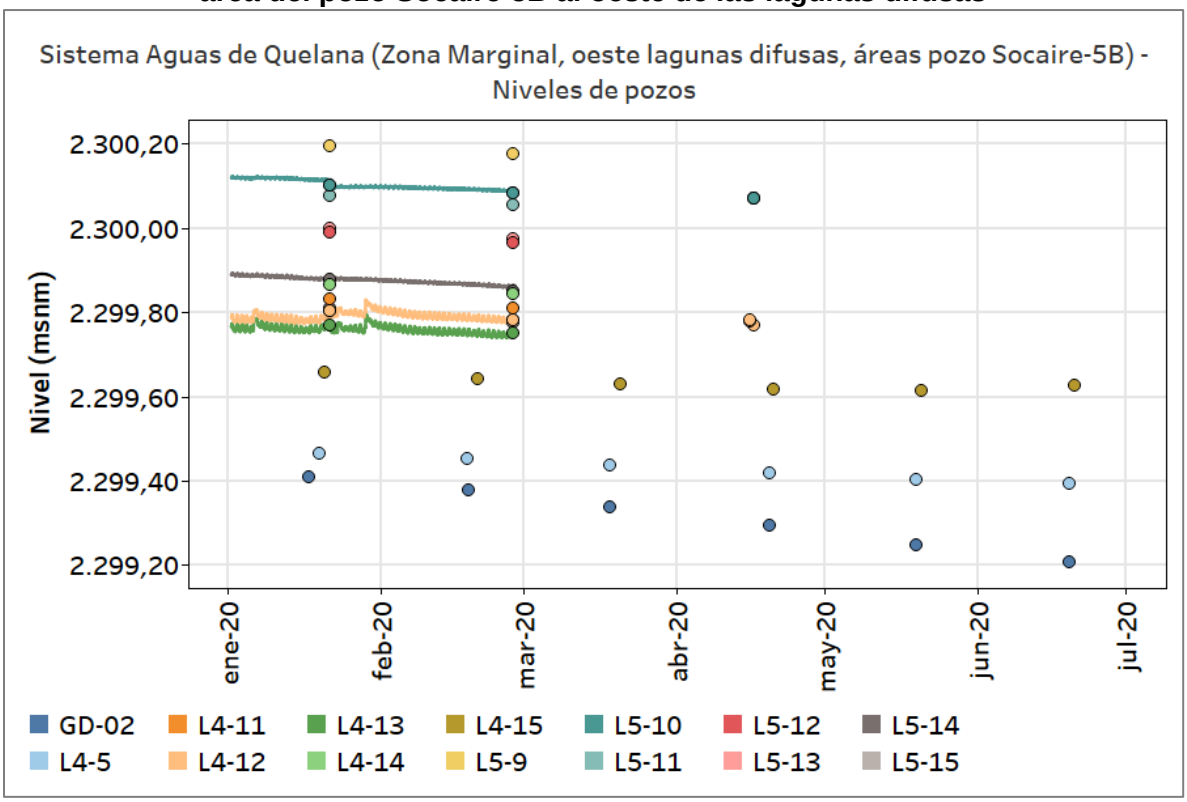
L5-13		L5-14		L5-15		L5-9	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**

21/01/2020 16:54	2.300,001	**21/01/2020 17:00**	2.299,880	**21/01/2020 17:14**	2.299,810	**21/01/2020 16:22**	2.300,194
27/02/2020 16:37	2.299,975	**27/02/2020 16:45**	2.299,850	**27/02/2020 16:56**	2.299,776	**27/02/2020 15:58**	2.300,176
19/03/2020 12:00	S/I	**16/03/2020 12:00**	S/I	**19/03/2020 12:00**	S/I	**20/03/2020 12:00**	S/I
19/04/2020 12:00	S/I	**16/04/2020 12:00**	S/I	**19/04/2020 12:00**	S/I	**20/04/2020 12:00**	S/I
19/05/2020 12:00	S/I	**16/05/2020 12:00**	S/I	**19/05/2020 12:00**	S/I	**20/05/2020 12:00**	S/I
19/06/2020 12:00	S/I	**16/06/2020 12:00**	S/I	**19/06/2020 12:00**	S/I	**20/06/2020 12:00**	S/I

L4-12		**L5-10**	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
21/01/2020 15:14	2299,803 (1)	**21/01/2020 0:00**	2.300,103
21/01/2020 15:15	2.299,804	**27/02/2020 0:00**	2300,083 (3)
27/02/2020 15:03	2299,782 (1)	**mar-20**	S/I
27/02/2020 15:04	2.299,783	**16/04/2020 13:08**	2300,071 (1)
mar-20	S/I	**16/04/2020 16:16**	2.300,071
15/04/2020 17:20	2.299,778	**16/04/2020 16:18**	2300,072 (1)
15/04/2020 17:25	2299,782 (1)	**may-20**	S/I
16/04/2020 11:01	2299,770 (1)	**jun-20**	S/I
may-20	S/I		
jun-20	S/I		

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (3) el nivel resultante es el mismo tanto para la medición realizada por SQM como por la ETFA.

Figura 5-25: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – área del pozo Socaire-5B al oeste de las lagunas difusas



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Pozos en zona núcleo

En la zona del núcleo, el sistema Aguas de Quelana dispone de 6 puntos de control. El resultado del monitoreo para el primer semestre de 2020 se muestra en la Tabla 5-29. En este sector el monitoreo mensual se pudo realizar sin ningún inconveniente. En la Figura 5-26 se muestra gráficamente el resultado.

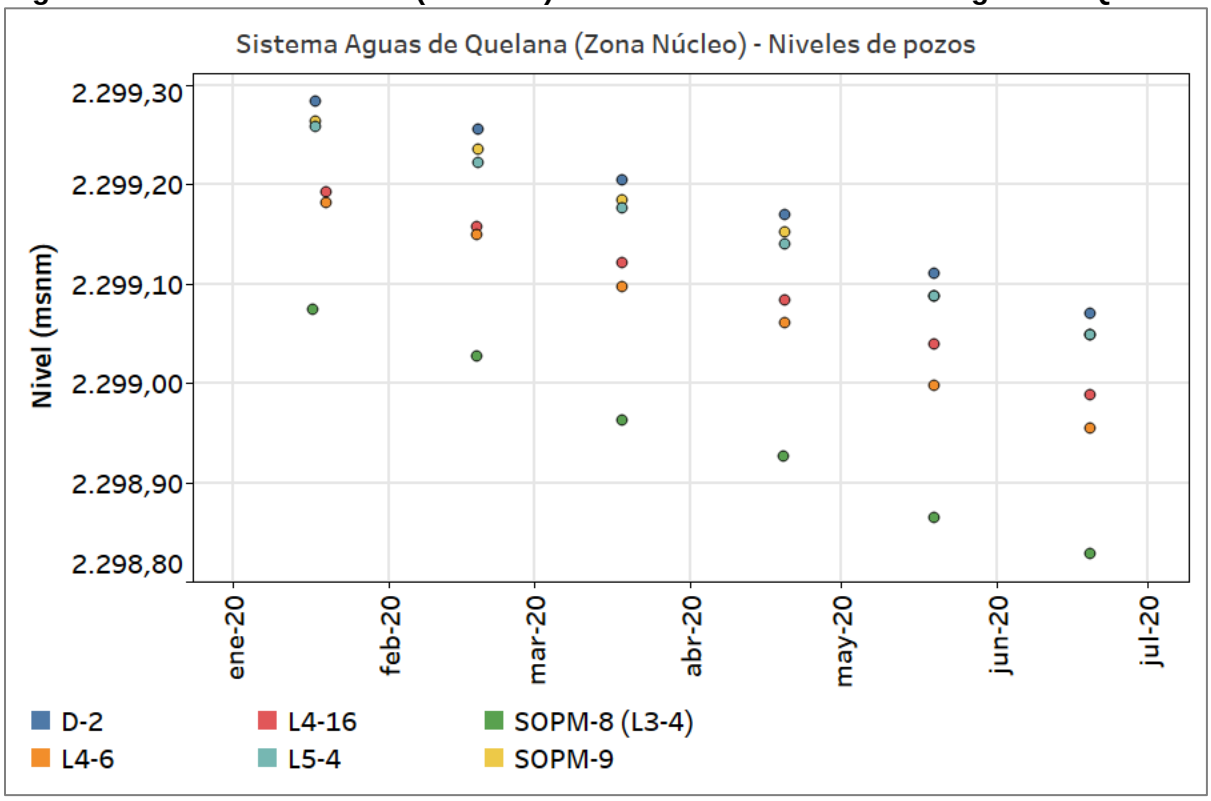
Tabla 5-29: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana

D-2		L4-16		L4-6		L5-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/01/2020 9:41	2.299,284	19/01/2020 12:17	2.299,192	19/01/2020 12:31	2.299,181	17/01/2020 9:51	2.299,258
18/02/2020 14:32	2.299,255	18/02/2020 14:00	2.299,157	18/02/2020 13:48	2.299,149	18/02/2020 14:40	2.299,222
18/03/2020 11:41	2.299,205	18/03/2020 10:53	2.299,121	18/03/2020 10:32	2.299,097	18/03/2020 11:49	2.299,176
19/04/2020 16:28	2.299,169	19/04/2020 16:03	2.299,084	19/04/2020 15:50	2.299,061	19/04/2020 16:35	2.299,140
19/05/2020 12:07	2.299,110	19/05/2020 11:06	2.299,039	19/05/2020 10:55	2.298,997	19/05/2020 12:49	2.299,087
19/06/2020 11:31	2.299,070	19/06/2020 10:52	2.298,988	19/06/2020 10:32	2.298,954	19/06/2020 11:39	2.299,048

SOPM-8 (L3-4)		SOPM-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/01/2020 17:15	2.299,074	17/01/2020 9:30	2.299,264
18/02/2020 13:32	2.299,027	18/02/2020 14:24	2.299,236
18/03/2020 10:14	2.298,963	18/03/2020 11:29	2.299,184
19/04/2020 13:31	2.298,926	19/04/2020 16:22	2.299,152
19/05/2020 10:44	2.298,865	19/05/2020 11:29	2.299,088
19/06/2020 10:13	2.298,828	19/06/2020 11:18	2.299,048

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

Figura 5-26: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Nivel de agua superficial

En el sistema de Aguas de Quelana se encuentra un total de 5 reglillas (el L5-G3 es un mismo punto que dispone de dos puntos de control, el pozo y la reglilla). Las mediciones que se han podido tomar durante el primer semestre de 2020 se muestran en la Tabla 5-30. En la Figura 5-27 se muestran las medidas manuales y las continuas para estas reglillas del Sistema Aguas de Quelana.

Todas las reglillas se encuentran dentro de RNF, por lo que solo han sido medidas en enero y febrero. En el caso del L4-10 dispone también de una medida en abril adicional realizada por la ETFA, ya que SQM le solicitó medirlo, junto con los otros puntos que forman parte del PC, siendo además que este indicador no fue visitado con la frecuencia diaria comprometida. Se hace recordar que las mediciones diarias de los puntos indicadores de estado del PC, son tomadas por SQM.

Producto de la restricción de acceso a la reserva, no se dispone de las medidas continuas de los puntos L3-7, L5-G3, L13-4 y L14-4 desde febrero (de 2020). Respecto este último (L14-4) se ha dado por no válido el periodo registrado entre enero y febrero, ya que, aunque la medida manual de febrero se ajusta al dato continuo, se observan unas variaciones que no se tiene seguridad que correspondan a efectos en el acuífero, ya que los otros transductores cercanos no han registrado la misma variación. De todas formas, estos registros se encuentran en el Anexo 6.1, junto con el resto de los datos continuos de nivel.

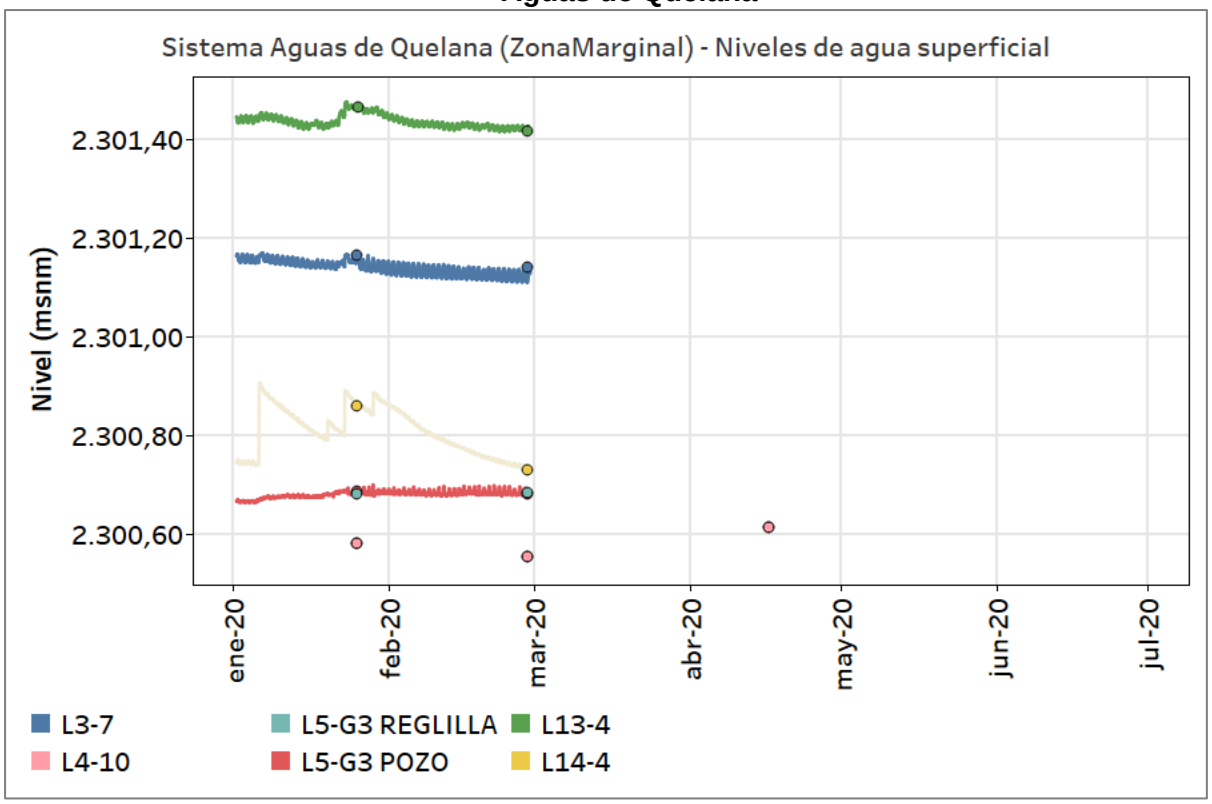
Tabla 5-30: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana

L13-4		L14-4		L3-7		L4-10	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
25/01/2020 17:42	2.301,464	**25/01/2020 15:22**	2.300,861	**25/01/2020 16:36**	2.301,166	**25/01/2020 14:40**	2300,582 (3)
28/02/2020 16:09	2.301,417	**28/02/2020 12:38**	2.300,730	**28/02/2020 15:14**	2.301,140	**28/02/2020 11:53**	2300,555 (3)
17/03/2020 12:00	S/I	**16/03/2020 12:00**	S/I	**17/03/2020 12:00**	S/I	**mar-20**	S/I
17/04/2020 12:00	S/I	**16/04/2020 12:00**	S/I	**17/04/2020 12:00**	S/I	**16/04/2020 12:30**	2.300,615
17/05/2020 12:00	S/I	**16/05/2020 12:00**	S/I	**17/05/2020 12:00**	S/I	**16/04/2020 12:40**	2300,616 (1)
17/06/2020 12:00	S/I	**16/06/2020 12:00**	S/I	**17/06/2020 12:00**	S/I	**may-20**	S/I
						jun-20	S/I

L5-G3 POZO		L5-G3 REGLILLA	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
25/01/2020 11:57	2.300,687	**25/01/2020 11:49**	2.300,683
28/02/2020 10:05	2.300,683	**28/02/2020 10:12**	2.300,685
16/03/2020 12:00	S/I	**16/03/2020 12:00**	S/I
16/04/2020 12:00	S/I	**16/04/2020 12:00**	S/I
16/05/2020 12:00	S/I	**16/05/2020 12:00**	S/I
16/06/2020 12:00	S/I	**16/06/2020 12:00**	S/I

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (1) Medida tomada por SQM. (3) el nivel resultante es el mismo tanto para la medición realizada por SQM como por la ETFA.

Figura 5-27: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal de las reglillas del Sistema Aguas de Quelana



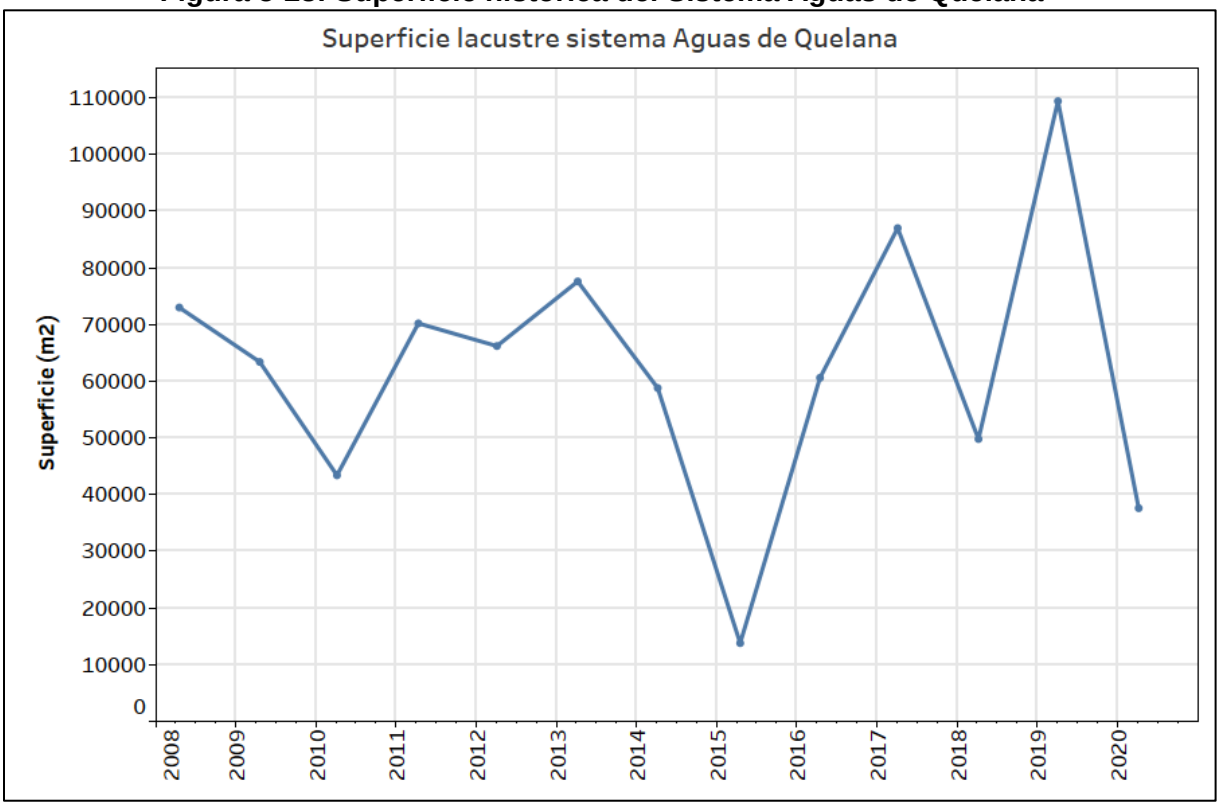
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Superficie Lacustre

En este informe se incorpora un análisis preliminar de las superficies de los cuerpos de agua presentes en el sector de Aguas de Quelana, preparado por la consultora GEM S.L. en el que se examina, en base a un análisis estadístico la evolución de las áreas lagunares, utilizando imágenes satelitales de alta resolución tomadas los meses de abril de cada año (Anexo 10-2). Se observa un máximo histórico el año 2019 y un comportamiento variable a través de los años.

El informe concluye la existencia de una alta variabilidad en los resultados en materia de superficie lacustre, lo que estaría dado por el acotado número de observaciones y que “con los datos disponibles se concluye que no es posible rechazar la hipótesis nula de que el área no presente tendencia”.

Figura 5-28: Superficie histórica del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-31: Superficie total del sistema Aguas de Quelana con imágenes satelitales

Fecha	Aguas de Quelana (m^2)
Abr-2008	73.000
Abr-2009	63.400
Abr-2010	43.400
Abr-2011	70.200
Abr-2012	66.200
Abr-2013	77.600
Abr-2014	58.800
Abr-2015	13.800
Abr-2016	60.600
Abr-2017	87.000
Abr-2018	49.800
Abr-2019	109.400
Abr-2020	37.600

Fuente: Elaboración propia

Caudal bombeado

En el sector aluvial del Sistema Aguas de Quelana es posible extraer agua industrial desde los pozos Camar-2 y Socaire-5B. Sus caudales medios mensuales extraídos durante el período de enero a junio de 2020 se presentan en la Tabla 5-32 y Figura 5-29.

A modo de respaldo, en la Tabla 5-32 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Como se observa, los flujos de extracción se mantuvieron por debajo de los máximos establecidos en la autorización ambiental, esto es, 60 y 65 L/s para los pozos Camar-2 y Socaire-5B, respectivamente. Es importante señalar que a partir del día 11 de enero de 2018, y como parte de las acciones propuestas en el PdC, el pozo Camar-2 se encuentra detenido y con la bomba desmontada; en este caso, la toma de la muestra para análisis de calidad se realiza mediante bailer.

En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados en los pozos de bombeo de agua industrial (L/s) pertenecientes al Sistema Aguas de Quelana.

Tabla 5-32: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Aguas de Quelana

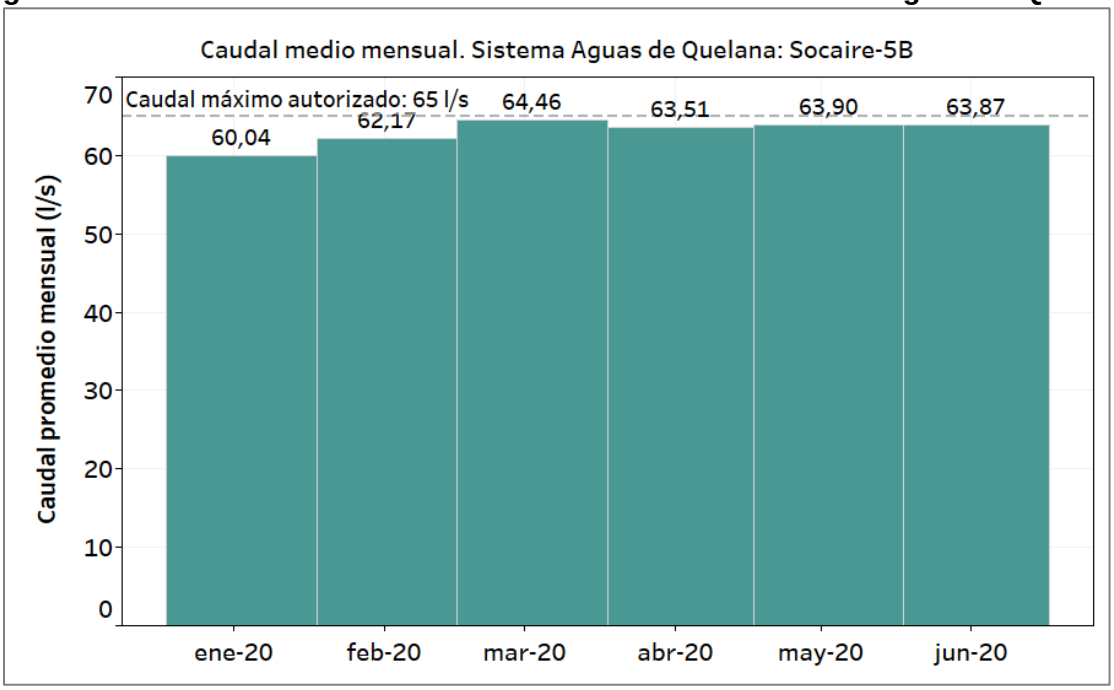
Pozo	Mes	Fecha flujómetro	Volumen flujómetro (m3)	Volumen mensual (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
Camar-2	ene-20	01/01/2020 0:00	48,00	0,00	**0,00**
	feb-20	01/02/2020 0:00	48,00	0,00	**0,00**
	mar-20	01/03/2020 0:00	0,00[52]	0,00	**0,00**
	abr-20	01/04/2020 0:00	0,00	0,00	**0,00**
	may-20	01/05/2020 0:00	0,00	0,00	**0,00**
	jun-20	01/06/2020 0:00	0,00	0,00	**0,00**
	jul-20	01/07/2020 0:00	0,00	-	-
Socaire-5B	ene-20	01/01/2020 0:00	1.373.702,80	160.817,70	**60,04**
	feb-20	01/02/2020 0:00	1.534.520,50	155.782,60	**62,17**
	mar-20	01/03/2020 0:00	1.690.303,10	172.652,20	**64,46**
	abr-20	01/04/2020 0:00	1.862.955,30[53]	164.606,46	**63,51**
	may-20	01/05/2020 0:00	68.219,16	171.158,90	**63,90**
	jun-20	01/06/2020 0:00	239.378,06	165.543,94	**63,87**
	jul-20	01/07/2020 0:00	404.922,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

[52] El día 21 de marzo de 2020 se procede al cambio de flujómetro, para esa fecha y a la hora 08:24 am marcaba 48,00 m^3. Posterior a esa hora el flujómetro queda a 0 m^3.

[53] El día 18 de abril de 2020 se procede al cambio de flujómetro, para esa fecha y a la hora 08:37 am marcaba 1.959.342,60 m3. Posterior a esa hora el flujómetro queda a 0 m3.

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



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre del año 2020. 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 4-6 y en la Tabla 4-5 de la Sección 4.3.2 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana. En esta última, se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad fisicoquímica de los parámetros monitoreados. Por lo anterior, en esta sección se presentan los resultados gráficos y numéricos del monitoreo de calidad química del agua, sin contrastarse con límites o umbrales de control.

Por su parte, el análisis del comportamiento histórico de la calidad se desarrolla en la Sección 6 del presente informe.

En el Anexo 10.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre. Además, se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para el primer semestre de 2020.

Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En la Tabla 5-33 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (ALS en enero de 2020 y Algoritmos en mayo de 2020) y analizadas por el laboratorio ALS (enero y mayo de 2020), a los pozos de monitoreo en el primer semestre del año. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-30.

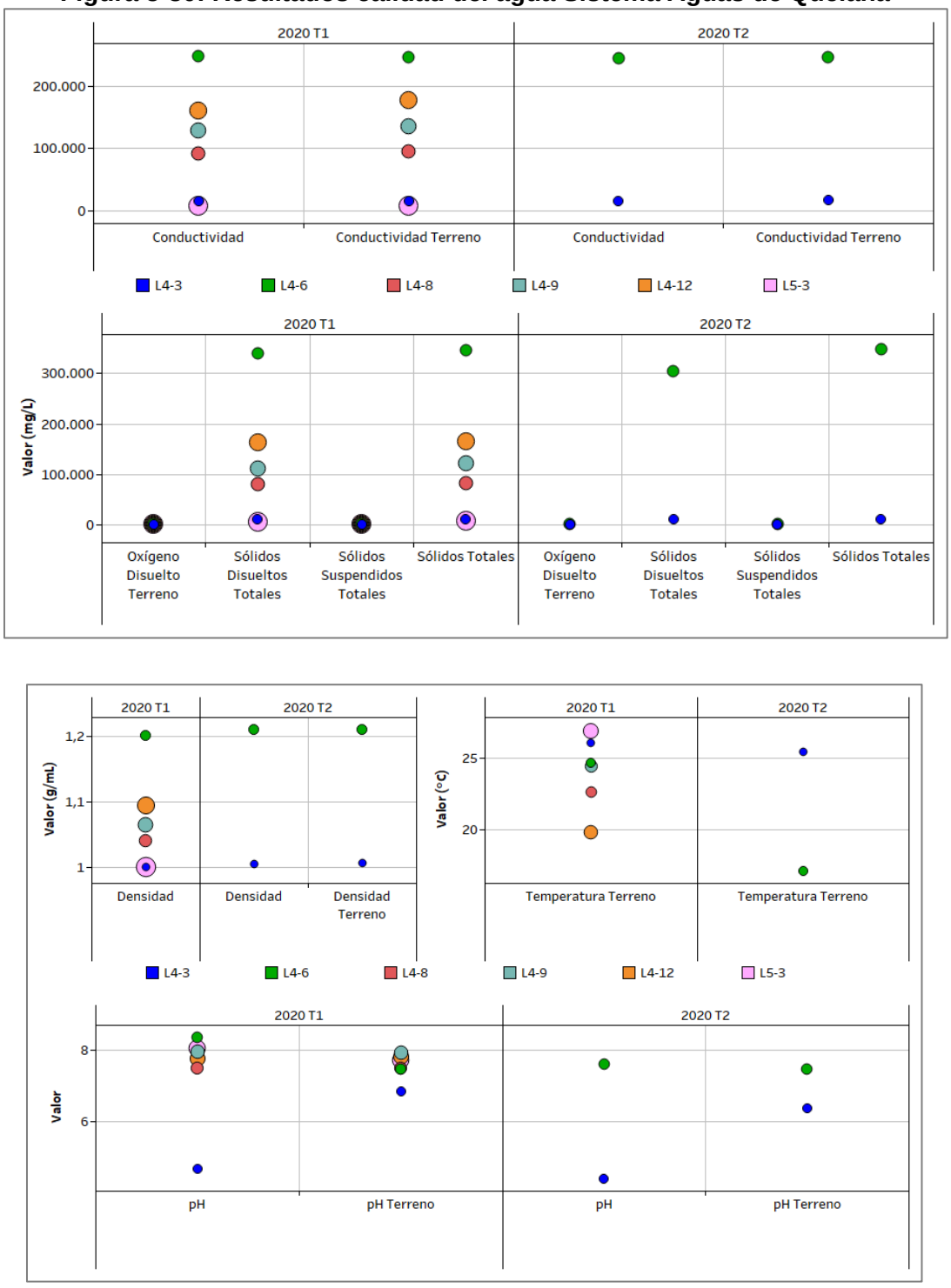
Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Cabe destacar que no se logró acceder a los puntos L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y L4-10 en el monitoreo de mayo debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional en este periodo y a la contingencia COVID- 19 (Anexo 5.1).

Tabla 5-33: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana

Parámetro	Unidad	L4-3		L4-6	
		21/01/2020	26/05/2020	23/01/2020	25/05/2020
Conductividad	µS/cm	14.360	15.200	247.000	244.000
Conductividad Terreno	µS/cm	14.330	15.780	246.000	242.000
Densidad	g/mL	1,000	1,004	1,201	1,209
Densidad Terreno	g/mL	1,005	1,005	1,210	1,210
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	0,56	3,33	5,52	6,00
pH	-	4,65	4,37	8,36	7,61
pH Terreno	-	6,83	6,35	7,47	7,38
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	9.280	9.440	339.200	304.800
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	36	23	63	65
Sólidos Totales	mg/L	9.840	9.590	345.600	336.667
Temperatura Terreno	°C	26,0	25,4	24,6	17,1
Parámetro	**Unidad**	**L4-9**	**L4-12**	**L5-3**	**L4-8**
		21/01/2020	**21/01/2020**	**21/01/2020**	**21/01/2020**
Conductividad	µS/cm	128.600	160.600	6.560	91.200
Conductividad Terreno	µS/cm	134.200	176.800	6.500	94.400
Densidad	g/mL	1,064	1,093	1,000	1,040
Densidad Terreno	g/mL	1,075	1,100	1,002	1,050
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	4,05	3,66	4,28	3,98
pH	-	7,95	7,76	8,06	7,49
pH Terreno	-	7,92	7,82	7,72	7,48
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	110.500	162.200	4.560	80.300
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	23	9	1.546	4
Sólidos Totales	mg/L	120.300	164.600	6.115	80.800
Temperatura Terreno	°C	24,4	19,8	26,8	22,6

Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 5-34, se presentan los resultados del monitoreo de calidad para el primer semestre de 2020 en los pozos de bombeo SOCAIRE-5B, Camar-2 y la reglilla L4-10.

Tabla 5-34: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B, Camar-2 y L4-10

Parámetro	Unidad	SOCAIRE-5B		Camar-2		L4-10
		22/01/2020	27/05/2020	22/01/2020	27/05/2020	21/01/2020
Alcalinidad Total	$mgCaCO_3/L$	449,8	445,2	460,5	487,6	814,0
Arsénico	mg/L	2,19770	2,15320	0,04960	0,09050	8,801
Alcalinidad Bicarbonato	$mgCaCO_3/L$	419,67[1]	445,2[2]	469,67[1]	487,6[2]	819,67[1]
Calcio	mg/L	102,350	96,690	132,940	113,090	548,2
Alcalinidad Carbonato	$mgCaCO_3/L$	<16,7[1]	<1[2]	24[1]	<1[2]	<16,7[1]
Cloruro	mg/L	419,67	451,20	1.063,35	985,72	102.712
Conductividad	µS/cm	2.730	2.770	4.320	4.230	-
Conductividad Terreno	µS/cm	3.120	2.840	4.150	4.290	108.500
Densidad	g/mL	1,000	1,003	1,000	1,004	1,137
Densidad Terreno	g/mL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,144
Dureza Total	$mg\ CaCO_3/L$	-	-	-	-	25.320
Fosfato (Como P)	mgP/L	-	-	-	-	<0,13
Hierro	mg/L	<0,006	<0,006	12,475	5,498	-
Magnesio	mg/L	55,046	55,202	141,731	117,015	6.389
Manganeso	mg/L	<0,0001	<0,0001	0,4026	0,4264	-
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,3300	<0,05	0,0500	<0,05	<0,05
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	-
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,30	5,80	3,60	5,35	6,77
pH	-	7,42	7,59	7,52	7,97	7,58
pH Terreno	-	7,25	7,28	7,44	7,50	7,51
Potasio	mg/L	32,107	34,316	29,121	30,751	11.092
Salinidad	‰	-	-	-	-	>70
Sodio	mg/L	390,58	378,22	571,12	522,65	57.485
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.914	1.788	2.940	2.608	246.800
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	-	-	92,0
Sólidos Totales	mg/L	-	-	-	-	258.400
Sulfato	mg/L	340,38	377,98	312,49	382,10	12.571
Temperatura Terreno	°C	23,8	29,1	25,6	25,4	29,00
Zinc	mg/L	0,0336	0,0126	0,0749	0,0561	-

Fuente: Elaboración propia- [1] Para el mes de enero las concentraciones de Alcalinidad carbonato y Alcalinidad bicarbonato, expresadas en $mgCaCO_3/L$ fueron transformadas sobre los resultados entregados por el laboratorio como bicarbonato y carbonato, expresados en mg/L. [2] Los analitos reportados por ALS en la campaña de mayo fueron Bicarbonato y Carbonato, expresados en mgCaCO3/L. En el Anexo 7.2 se adjunta el archivo de ALS, “Carta SQM -Alcalinidad V3.pdf”, donde se explica que lo que se ha llamado históricamente Alcalinidad Bicarbonato y Alcalinidad Carbonato, se llama en la actualidad Bicarbonato y Carbonato, expresado en mgCaCO3/L.

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



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

Validación Resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el primer semestre de 2020 en el sistema Aguas de Quelana, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.8.

La Tabla 5-35 muestra los resultados de la validación para los puntos en el sistema Aguas de Quelana. Los resultados son satisfactorios para todas las muestras en ambos trimestres.

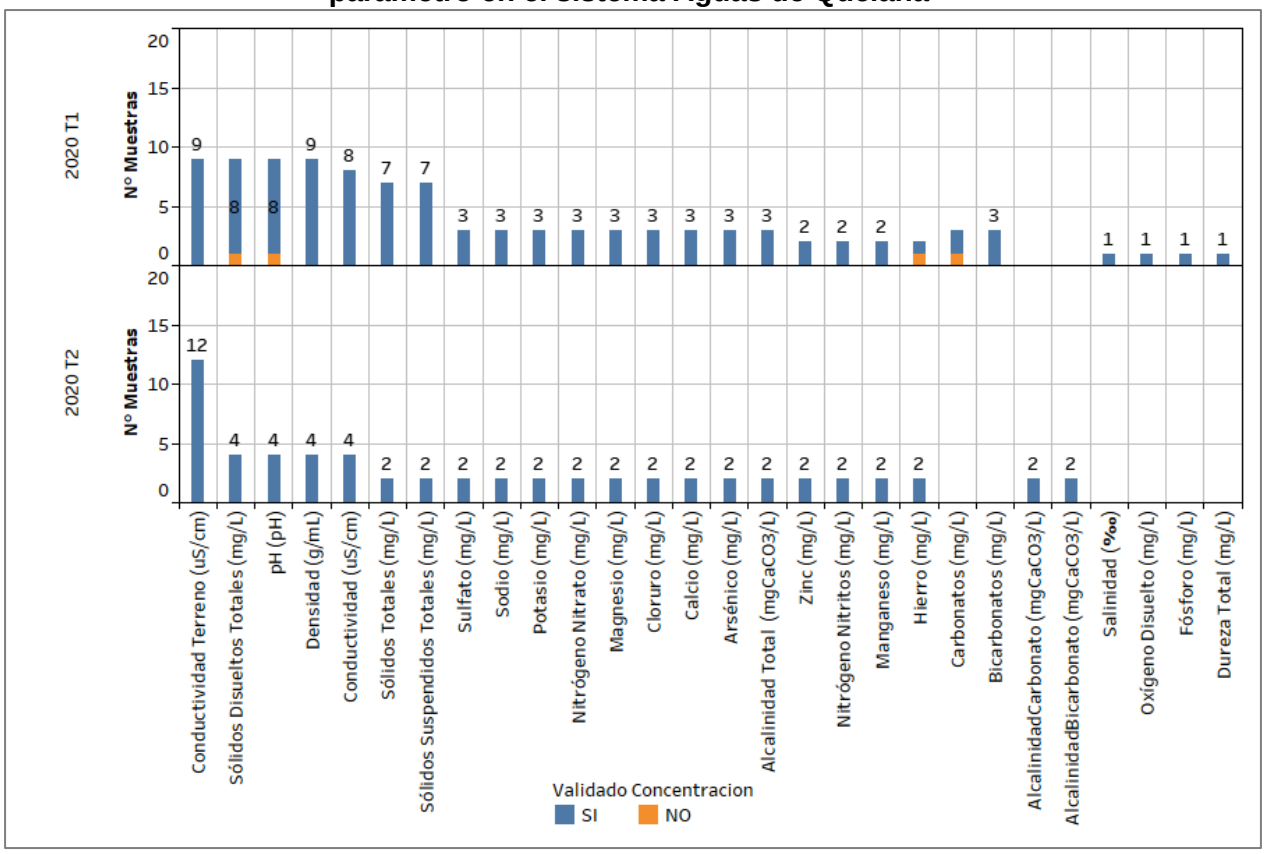
Tabla 5-35: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana

Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance Iónico (%)
1ro	CAMAR-2	N/A	2
	L4-3	5	N/A
	L4-6	2	N/A
	L4-8	1	N/A
	L4-9	8	N/A
	L4-10	4	2
	L4-12	1	N/A
	L5-3	0	N/A
	SOCAIRE-5B	N/A	1
2do	CAMAR-2	N/A	8
	L4-3	1	2
	L4-6	9	7
	SOCAIRE-5B	N/A	5

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.

Respecto a la validación por concentraciones, la Figura 5-32 muestra que para las campañas del primer y segundo trimestre de 2020 en el primer trimestre se observan 4 mediciones con desviaciones y en el segundo todos los valores se encuentran dentro de lo definido. Las desviaciones en el primer trimestre corresponden a STD, pH, Hierro y Carbonatos. De estas, Los Sólidos Totales Disueltos altos corresponden a L4-10, que tienen carácter estacional y se encuentra algo por encima del límite superior considerado en el criterio de validación. El pH corresponde a L4-6 y fue confirmado por el laboratorio (carta de ALS CL-0011-20, Anexo 10.2). El valor de Hierro se encontraba en valores anómalos desde julio de 2019 (medición post lluvias febrero 2019) y el valor de Carbonato corresponde a Socaire 5-B que por lo general se encuentra por debajo del límite de detección y en la medición actual se encuentra levemente por encima.

Figura 5-32: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Vegetación Borde Este considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2020 se presentan a continuación, Previamente, en la Tabla 5-36 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

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 5-3.

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. La descripción sobre si estos puntos han sido visitados se puede consultar en la Tabla 5-23.

Tabla 5-36: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Vegetación Borde Este

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
L2-27	Pozo	1	1	1				Restricción de ingreso a RNF Quelana
L7-15	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado; xx: punto no muestreado en la campaña de calidad; 1: punto con mediciones de nivel con una frecuencia menor a la comprometida.

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 4-7 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).

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.

En la Tabla 5-37 se muestran los resultados del monitoreo efectuado en estos 7 puntos de control (más el P2) situados en la zona aluvial. Los puntos L2-26, L7-13, L9-1 y L9-2 forman parte del PC, por lo que, de acuerdo a los compromisos presentados en el PdC, se miden a diario. Por este motivo es que en la tabla solo se muestran los valores mínimos y máximos mensuales. Cabe mencionar que las mediciones diarias son responsabilidad de SQM, no obstante, SQM solicitó a la ETFA mediciones adicionales. Por este motivo, estos indicadores cuentan con medidas por parte de GP Consultores en el mes de abril. Éstas se muestran, junto con el resto de las mediciones de SQM en las figuras correspondientes de este apartado, y los valores tabulados pueden verse en el Anexo 7.3.

Entre la Figura 5-33 y la Figura 5-34 se muestra gráficamente el resultado de niveles estáticos del monitoreo y en la Figura 5-35 los niveles dinámicos del pozo CA-2015.

Tabla 5-37: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este

CA-2015		L3-16		P2		L2-26		
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Mes	Nivel (m s.n.m.)	
							mínimo	máximo
19/01/2020 14:32	2.304,454	19/01/2020 16:16	2.321,488	19/01/2020 14:22	2.311,971			
18/02/2020 16:51	2.304,451	19/02/2020 11:35	2.321,470	18/02/2020 16:46	2.312,098	ene-20	2.318,305	2.318,323
19/03/2020 10:26	2.304,424	19/03/2020 15:18	2.321,493	20/02/2020 14:40	2312,082 (2)	feb-20	2.318,290	2.318,304
20/04/2020 15:50	2.304,449	21/04/2020 12:12	2.321,478	18/03/2020 13:10	2.312,000	mar-20	2.318,278	2.318,291
21/05/2020 9:20	2.304,433	21/05/2020 10:20	2.321,466	20/04/2020 15:54	2.311,978	abr-20	2.318,270	2.318,279
19/06/2020 14:25	2.304,440	19/06/2020 17:29	2.321,501	21/05/2020 9:34	2.311,944	may-20	2.318,264	2.318,271
				19/06/2020 14:20	2.311,949	jun-20	2.318,262	2.318,282

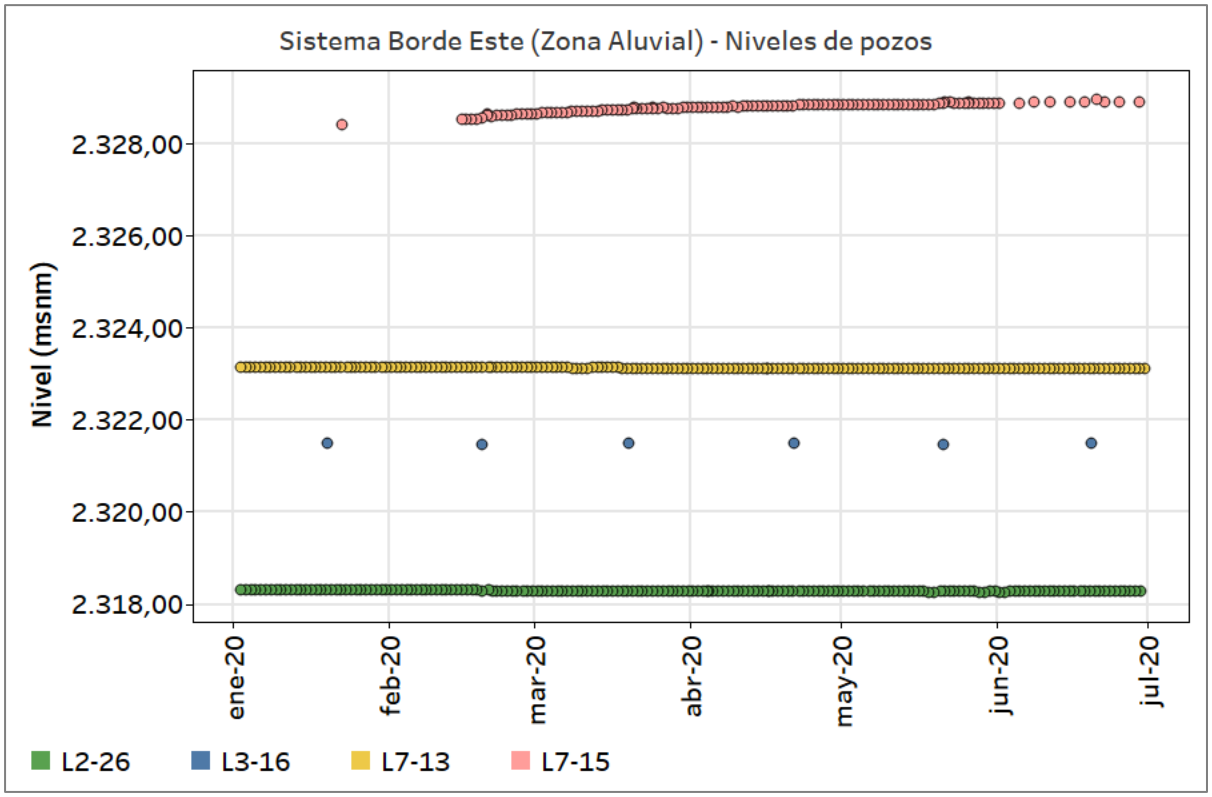
L7-13			L7-15			L9-1		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
ene-20	2.323,133	2.323,145	ene-20	2.328,405	2.328,405	ene-20	2.309,719	2.309,735
feb-20	2.323,125	2.323,132	feb-20	2.328,503	2.328,632	feb-20	2.309,717	2.309,736
mar-20	2.323,114	2.323,125	mar-20	2.328,630	2.328,778	mar-20	2.309,689	2.309,716
abr-20	2.323,109	2.323,115	abr-20	2.328,756	2.328,829	abr-20	2.309,674	2.309,692
may-20	2.323,102	2.323,109	may-20	2.328,825	2.328,879	may-20	2.309,665	2.309,674
jun-20	2.323,099	2.323,118	jun-20	2.328,844	2.328,932	jun-20	2.309,666	2.309,675

L9-2

Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2.308,925	2.308,947
feb-20	2.308,910	2.308,933
mar-20	2.308,883	2.308,909
abr-20	2.308,868	2.308,884
may-20	2.308,862	2.308,869
jun-20	2.308,864	2.308,874

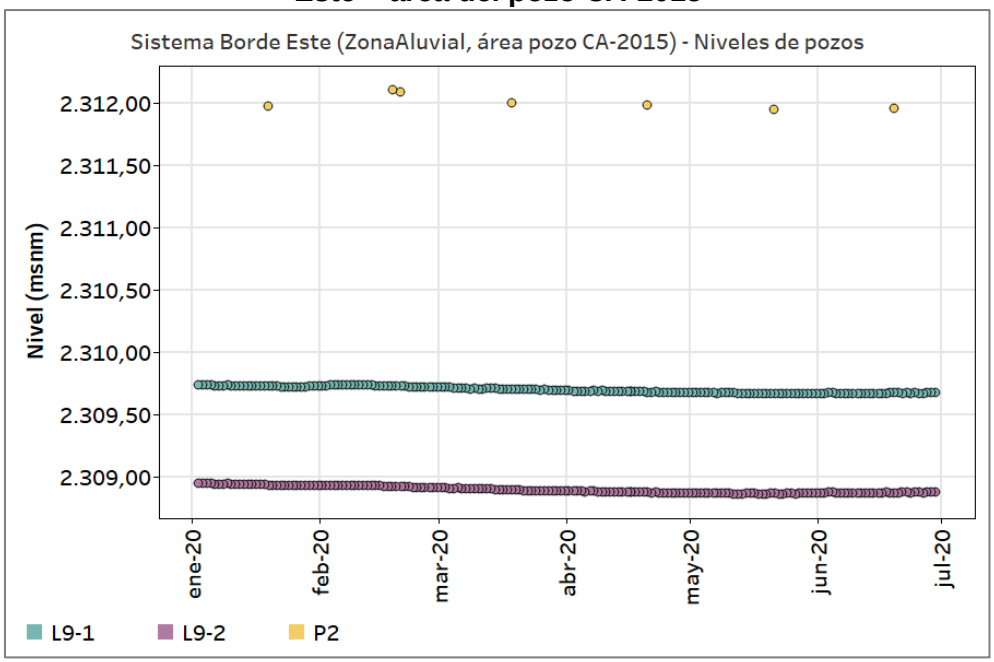
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (2) corresponde a una remedición.

Figura 5-33: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este



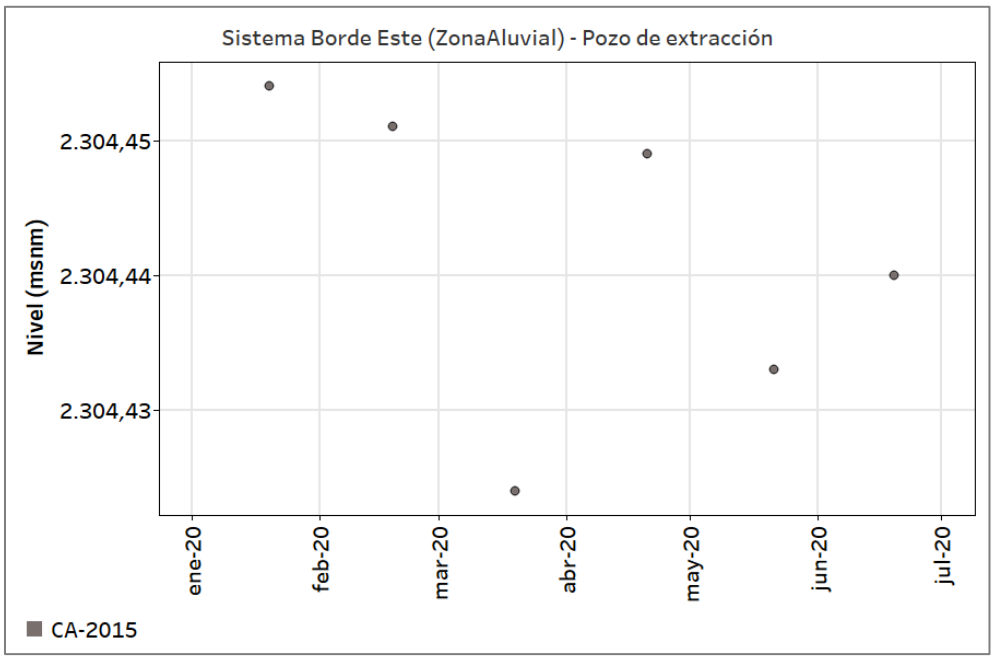
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-34: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este – área del pozo CA-2015



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 y que se encuentran en la zona marginal del salar.

En la Tabla 5-38 se muestra el resultado del monitoreo efectuado en este primer semestre de 2020 para estos puntos y en la Figura 5-36 se muestra gráficamente. Los 7 puntos son indicadores de estado del PC por lo que se miden a diario.

El punto L2-27, que es indicador de estado del PC, no pudo medirse de forma regular desde el 8 de noviembre de 2019, producto de la actualización del polígono de laRNF[54]. En enero y febrero de 2020 se pudo acceder y se tomó una medida, y a partir de entonces ya no se pudo volver a visitar. Pero a raíz de la observación de las tendencias de los niveles en los pozos vecinos, SQM solicitó un permiso específico para acceder a su medición ya que se tenía la sospecha de que el punto podía haber activado las fases del PC. El día 1 de abril se comprobó que el punto se encontraba con la Fase I activada, por lo que se mantuvo la frecuencia de medición diaria para el correcto seguimiento del indicador. Sobre la activación de las fases de este indicador, se da más detalle en el apartado correspondiente del capítulo 5.2 Monitoreo y estado del plan de contingencias.

Además del L2-27, el resto de pozos de este grupo (L1-17, L2-25, L2-28, L3-15, L4-17 y L7-14) son indicadores de estado del PC. La medición diaria de estos puntos corresponde a SQM, no obstante, SQM solicitó a la ETFA mediciones adicionales con el objetivo de un mejor seguimiento de los indicadores de estado. Estas mediciones se muestran, junto el resto de las mediciones de este semestre reportado, en la Figura 5-36 y los valores se encuentran tabulados en el Anexo 6.1.

[54] Ello se describe en el Informe del PSAH número 26.

Tabla 5-38: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este

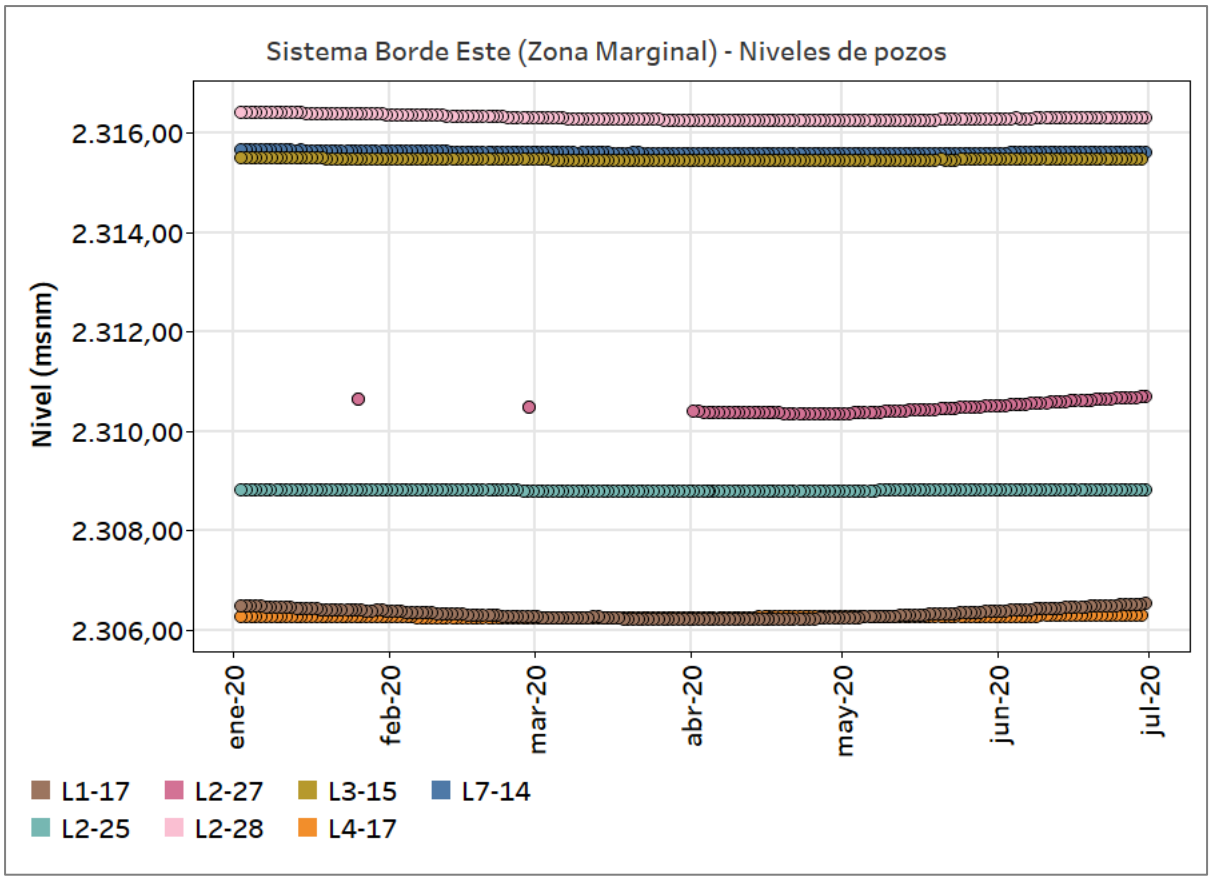
L1-17			L2-25			L7-14		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
ene-20	2.306,382	2.306,488	ene-20	2.308,811	2.308,818	ene-20	2.315,636	2.315,661
feb-20	2.306,258	2.306,376	feb-20	2.308,802	2.308,811	feb-20	2.315,604	2.315,635
mar-20	2.306,211	2.306,261	mar-20	2.308,799	2.308,803	mar-20	2.315,584	2.315,604
abr-20	2.306,202	2.306,239	abr-20	2.308,796	2.308,802	abr-20	2.315,577	2.315,586
may-20	2.306,242	2.306,376	may-20	2.308,800	2.308,809	may-20	2.315,579	2.315,592
jun-20	2.306,382	2.306,522	jun-20	2.308,808	2.308,822	jun-20	2.315,592	2.315,618

L2-28			L3-15			L4-17		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
ene-20	2.316,371	2.316,424	ene-20	2.315,479	2.315,499	ene-20	2.306,258	2.306,277
feb-20	2.316,309	2.316,369	feb-20	2.315,462	2.315,478	feb-20	2.306,246	2.306,257
mar-20	2.316,260	2.316,307	mar-20	2.315,449	2.315,462	mar-20	2.306,243	2.306,250
abr-20	2.316,246	2.316,258	abr-20	2.315,445	2.315,457	abr-20	2.306,248	2.306,258
may-20	2.316,249	2.316,283	may-20	2.315,450	2.315,466	may-20	2.306,256	2.306,276
jun-20	2.316,283	2.316,314	jun-20	2.315,463	2.315,485	jun-20	2.306,276	2.306,300

L2-27		
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	
25/01/2020 18:20	2.310,634	
25/01/2020 18:21	2311,635 (1)	
28/02/2020 16:41	2310,489 (1)	
28/02/2020 16:42	2310,489	
Mes	mínimo	máximo
mar-20	S/I	S/I
abr-20	2.310,354	2.310,392
may-20	2.310,357	2.310,508
jun-20	2.310,515	2.310,693

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. (1) Medida tomada por SQM.

Figura 5-36: Nivel observado (m s.n.m) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Caudal bombeado

Para el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, el único pozo de extracción operativo corresponde al denominado CA-2015. Su caudal medio mensual extraído durante el período enero a junio de 2020 se presenta en la Tabla 5-39 y gráficamente en la Figura 5-37. Durante el periodo que se reporta, los caudales bombeados no sobrepasan el caudal máximo autorizado de 35 L/s.

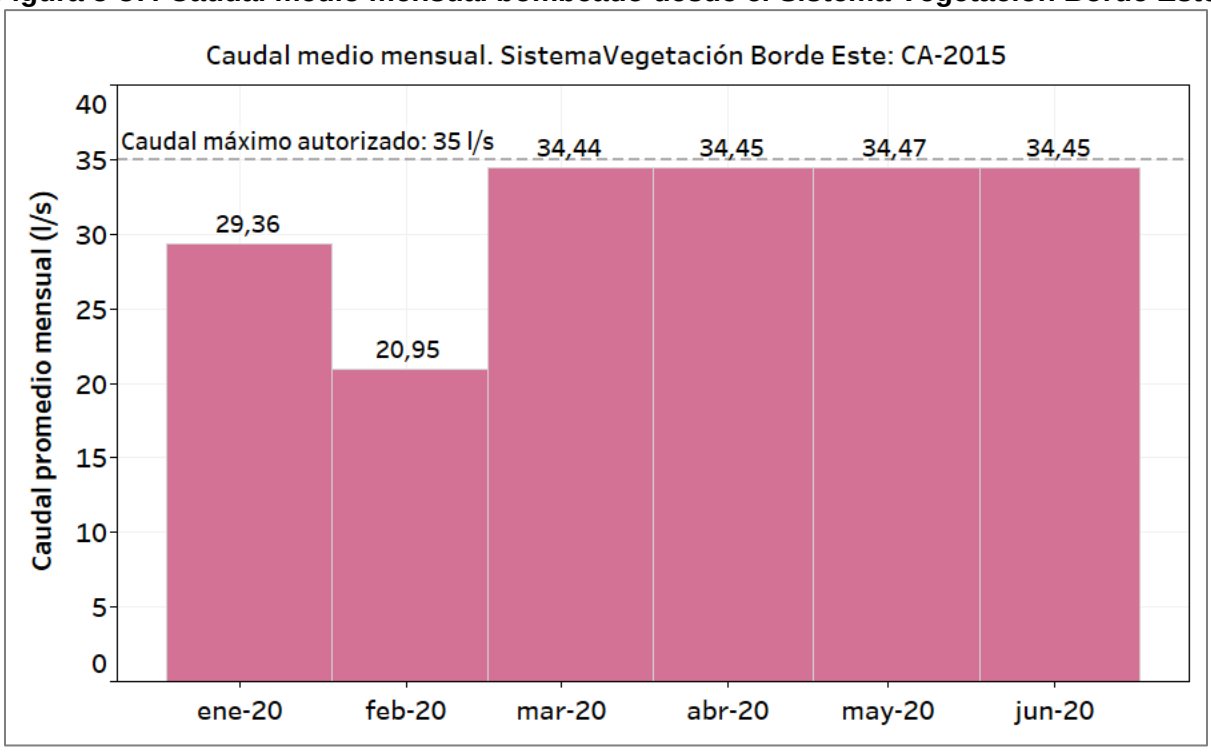
A modo de respaldo, en la Tabla 5-39 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Tabla 5-39: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este

Pozo	Mes	Fecha flujómetro	Volumen flujómetro (m3)	Volumen mensual (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
CA-2015	ene-20	01/01/2020 0:00	734.523,75	78.630,19	**29,36**
	feb-20	01/02/2020 0:00	813.153,94	52.492,25	**20,95**
	mar-20	01/03/2020 0:00	865.646,19	92.254,62	**34,44**
	abr-20	01/04/2020 0:00	957.900,81	89.286,19	**34,45**
	may-20	01/05/2020 0:00	1.047.187,00	92.323,10	**34,47**
	jun-20	01/06/2020 0:00	1.139.510,10	89.283,90	**34,45**
	jul-20	01/07/2020 0:00	1.228.794,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

Muestreo de aguas red monitoreo SQM

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Vegetación Borde Este durante el primer semestre del año 2020.

Como se señaló en la sección 5.1.2, los pozos L2-4 y L7-3 pertenecen tanto a la red de monitoreo del Sistema Soncor como a la del Sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron presentados en la mencionada sección, ellos no se incluyen en el presente acápite.

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

En la Figura 4-7 y en la Tabla 4-7 de la Sección 4.3.3 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este. En esta última se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida.

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

En el Anexo 10.1 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 5-40 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (ALS en enero y Algoritmos en mayo de 2020) y analizadas

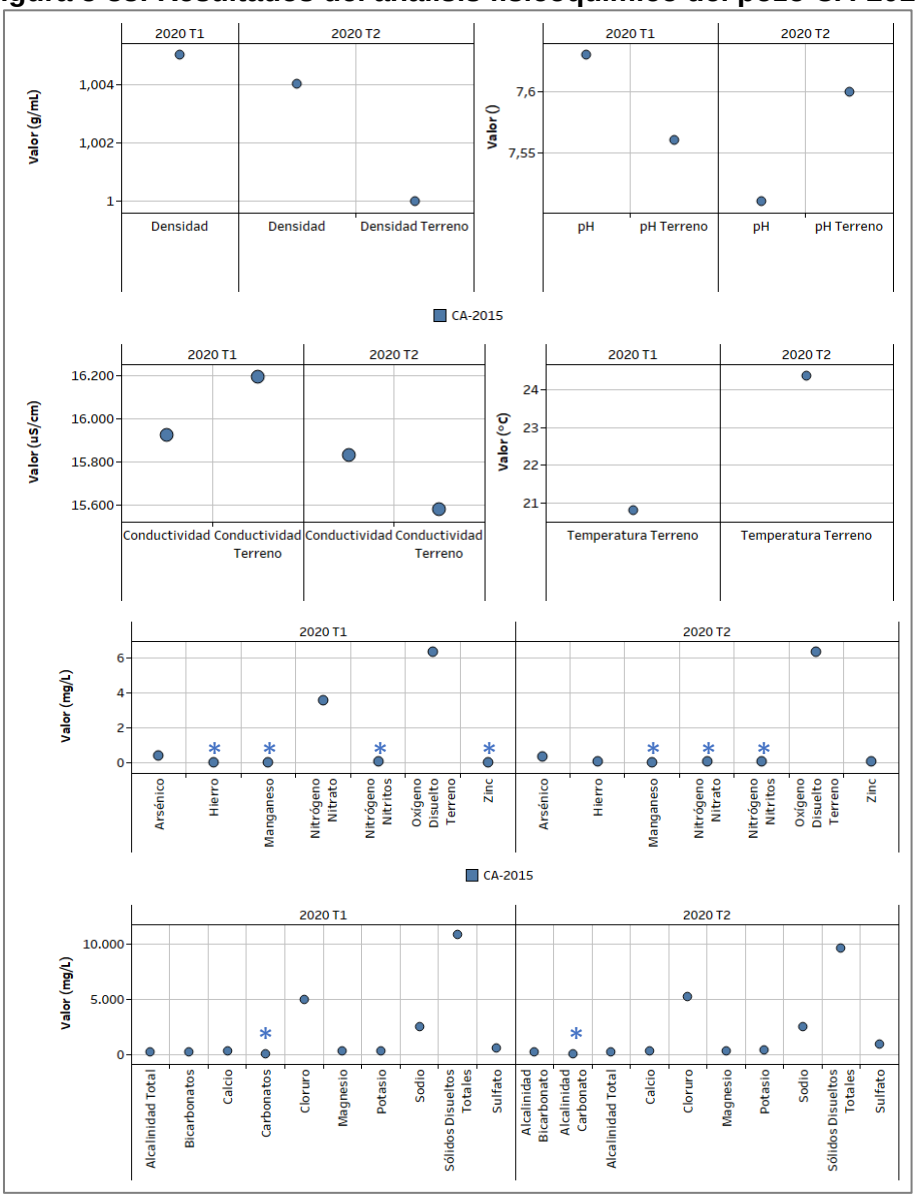
por el laboratorio ALS, al pozo de bombeo CA-2015 en el primer semestre del año 2020. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-38. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-40: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015

Parámetro	Unidad	CA-2015	
		22/01/2020	27/05/2020
Alcalinidad Total	$mgCaCO_3/L$	160,7	137,8
Arsénico	mg/L	0,42340	0,33560
Alcalinidad Bicarbonato	$mgCaCO_3/L$	152,45[1]	137,8[2]
Calcio	mg/L	279,2	272,9
Alcalinidad Carbonato	$mgCaCO_3/L$	<16,7[1]	<1[2]
Conductividad	µS/cm	15.920	15.830
Conductividad Terreno	µS/cm	16.190	15.580
Cloruro	mg/L	4.974	5.166
Densidad	g/mL	1,005	1,004
Densidad Terreno	g/mL	1,006	1,000
Hierro	mg/L	<0,006	0,07000
Potasio	mg/L	300,0	313,8
Magnesio	mg/L	226,2	249,9
Manganeso	mg/L	<0,0001	<0,0001
Sodio	mg/L	2.502,8	2.485,5
Nitrógeno Nitrato	mg/L	3,55	<0,05
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	6,33	6,36
pH	-	7,63	7,51
pH Terreno	-	7,56	7,60
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10.860	9.640
Sulfato	mg/L	497,9	921,11
Temperatura Terreno	°C	20,8	24,4
Zinc	mg/L	<0,0007	0,0848

Fuente: Elaboración propia. [1] Para el mes de enero las concentraciones de Alcalinidad carbonato y Alcalinidad bicarbonato, expresadas en $mgCaCO_3/L$ fueron transformadas sobre los resultados entregados por el laboratorio como bicarbonato y carbonato, expresados en mg/L. [2] Los analitos reportados por ALS en la campaña de mayo fueron Bicarbonato y Carbonato, expresados en mgCaCO3/L. En el Anexo 7.2 se adjunta el archivo de ALS, “Carta SQM -Alcalinidad V3.pdf”, donde se explica que lo que se ha llamado históricamente Alcalinidad Bicarbonato y Alcalinidad Carbonato, se llama en la actualidad Bicarbonato y Carbonato, expresado en mgCaCO3/L.

Figura 5-38: 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.

Validación Resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el primer semestre de 2020 en el sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.8.

En la Tabla 5-41 se muestran los resultados de la validación para las muestras colectadas en Vegetación Borde Este no pueden ser validadas por balance de masa en sólidos por analizarse únicamente los sólidos disueltos. Respecto del balance iónico, ambas muestras han sido validadas.

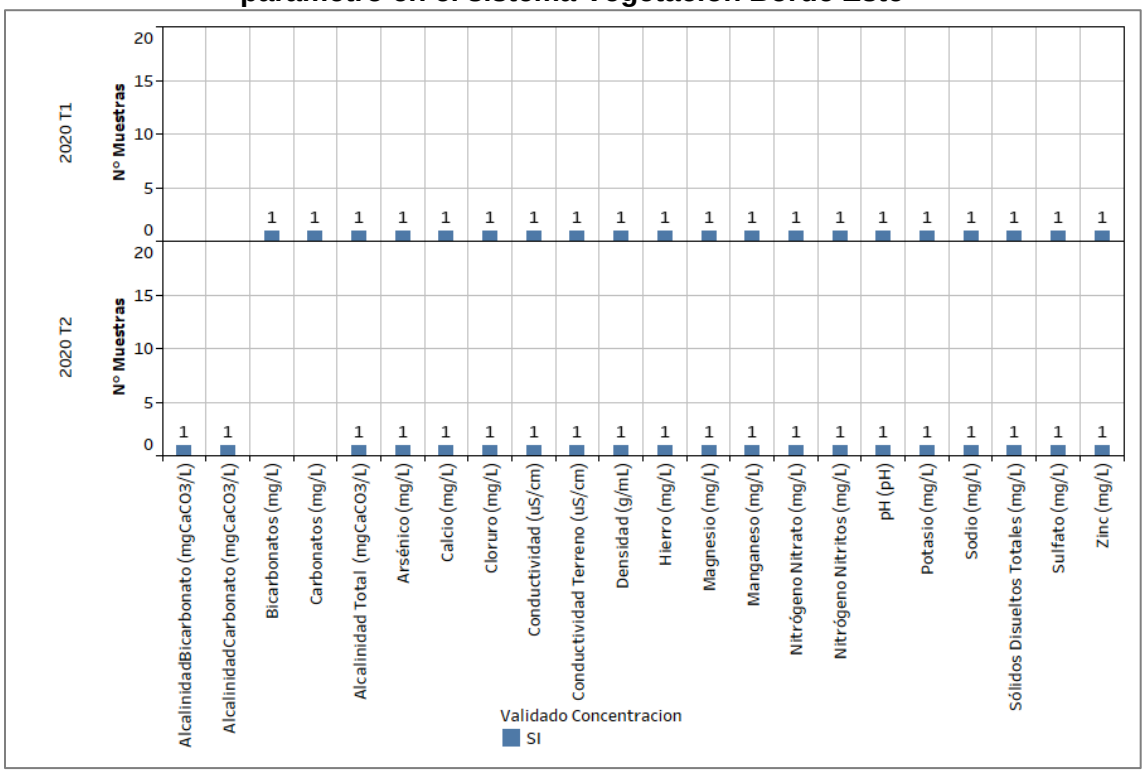
Tabla 5-41 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este.

Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos	Balance iónico
1ro	CA-2015	N/A	2
2do	CA-2015	N/A	5

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 5-39 muestra los resultados de la validación por concentraciones con relación a cada analito y punto. Puede verse que para ambas campañas se han validado los resultados obtenidos para todos los parámetros.

Figura 5-39: 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 sectores). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2020 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-42 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-42: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
Aforo Salada	E. Aforo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
Aforo Saladita	E. Aforo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
1024	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
2018	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
2037	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
GD-03	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
GD-04	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-1	Pozo	xx (1)	x (1)	x (1)	xx (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-10	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-12	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L10-13	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-14	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-16	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L10-17	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
L10-2	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria

L10-3	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-5	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-6	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-7	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-8	Pozo	xx (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-9	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
Interna	Reglilla	x (1)	NA	NA	x (1)	NA	NA	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso.
Salada	Reglilla	x (1)	NA	NA	x (1)	NA	NA	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso.
Saladita	Reglilla	x (1)	NA	NA	x (1)	NA	NA	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso.
Laguna Interna	Laguna	xx (1)	NA	NA	xx (1)	NA	NA	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso.
Laguna Salada	Laguna	xx (1)	NA	NA	xx (1)	NA	NA	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso.
Laguna Saladita	Laguna	xx (1)	NA	NA	xx (1)	NA	NA	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso.

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado; xx: punto no muestreado en la campaña de calidad; NA: No Aplica.

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 4-8 y en la Tabla 4-9.

Cabe señalar que el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, pero para una mejor claridad de su presentación, sólo será expuesto en esta sección.

Pozos en zona marginal

La zona marginal del sistema Peine cuenta con 7 puntos de control. En la Tabla 5-43 y en la Figura 5-40 se muestra el resultado del monitoreo llevado a cabo en el primer semestre de 2020. El punto L10-4 forma parte del PC, por lo que se mide a diario y por este motivo en la presente tabla, solo se muestran los mínimos y máximos mensuales.

Los puntos L10-2, L10-9 y L10-10 no han podido visitarse de forma continua desde el pasado junio de 2018 (25 meses continuados sin información) y los puntos L10-1 y L10-3 desde junio de 2019 (13 meses continuados sin información), todo debido básicamente a que la comunidad de Peine no permite el acceso a la zona al personal proveniente de SQM.

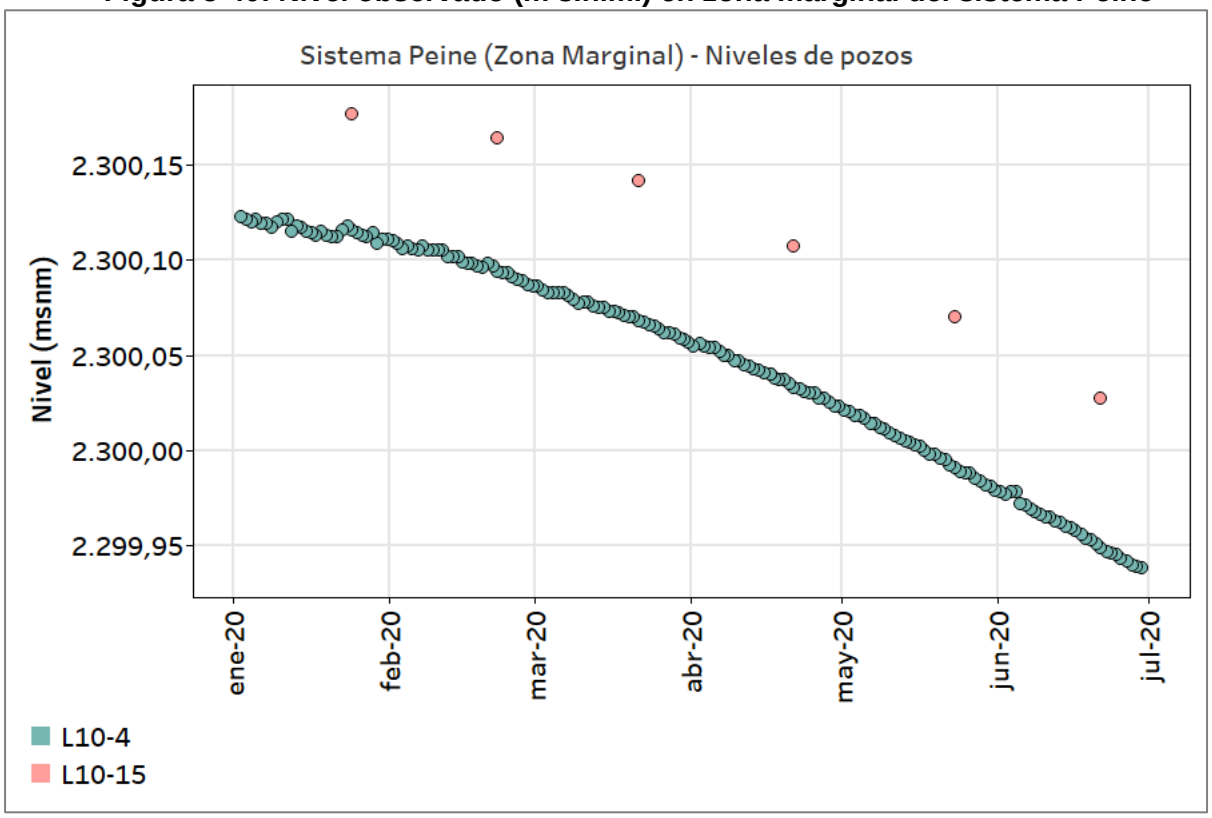
Tabla 5-43: Registro de niveles zona marginal del Sistema Peine

L10-1		L10-2		L10-3		L10-9	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
22/01/2020 12:00	S/I	**26/01/2020 12:00**	S/I	**22/01/2020 12:00**	S/I	**26/01/2020 12:00**	S/I
22/02/2020 12:00	S/I	**26/02/2020 12:00**	S/I	**22/02/2020 12:00**	S/I	**26/02/2020 12:00**	S/I
22/03/2020 12:00	S/I	**26/03/2020 12:00**	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I	**26/03/2020 12:00**	S/I
22/04/2020 12:00	S/I	**26/04/2020 12:00**	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I	**26/04/2020 12:00**	S/I
22/05/2020 12:00	S/I	**26/05/2020 12:00**	S/I	**22/05/2020 12:00**	S/I	**26/05/2020 12:00**	S/I
22/06/2020 12:00	S/I	**26/06/2020 12:00**	S/I	**22/06/2020 12:00**	S/I	**26/06/2020 12:00**	S/I

L10-10		L10-15		L10-4		
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
					mínimo	**máximo**
26/01/2020 12:00	S/I	**24/01/2020 13:23**	2.300,177			
26/02/2020 12:00	S/I	**22/02/2020 10:33**	2.300,164	**ene-20**	2.300,109	2.300,124
26/03/2020 12:00	S/I	**21/03/2020 10:36**	2.300,142	**feb-20**	2.300,086	2.300,110
26/04/2020 12:00	S/I	**21/04/2020 9:46**	2.300,107	**mar-20**	2.300,057	2.300,086
26/05/2020 12:00	S/I	**23/05/2020 10:37**	2.300,070	**abr-20**	2.300,023	2.300,056
26/06/2020 12:00	S/I	**21/06/2020 10:22**	2.300,027	**may-20**	2.299,979	2.300,021
				jun-20	2.299,935	2.299,978

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

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



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Pozos en zona núcleo

El sistema Peine dispone de 16 puntos de control en el núcleo del Salar. En la Tabla 5-44 se muestra el monitoreo resultante para éstos durante este primer semestre de 2020. Los puntos 1028 y L10-11 pertenecen al PC por lo que son medidos de forma diaria, por este motivo, solo se muestran en la tabla los valores mínimo y máximo de cada mes. En la Figura 5-41 se muestran gráficamente los resultados.

Cabe destacar que, aunque las mediciones diarias de los puntos del PC corresponden ser tomadas por SQM, se ha solicitado a la ETFA que haga mediciones adicionales a estos puntos. En este sentido, los puntos L10-11 y 1028 tiene una medida adicional realizada por la ETFA el 16 de abril (2020). El valor obtenido resultó ser igual que el medido por SQM el mismo día (ver anexo 6.1).

De los 16 puntos que compone el monitoreo en este subsector, 8 (la mitad) no han podido visitarse en ningún momento del periodo reportado ya que la comunidad de Peine ha mantenido cerrada la barrera para el acceso al personal de SQM. De hecho, de la misma forma que se ha expuesto en el anterior apartado, los puntos GD-03, GD-04, L10-6, L10-7 y L10-8 no han podido visitarse de forma continuada por esta causa desde el pasado junio de 2018 (25 meses continuos sin información) y los puntos L10-13, L10-14 y L10-5 desde junio de 2019 (13 meses continuos sin información).

La medida de abril de los puntos 2018, 2037, L10-12 y L10-16 está efectuada por SQM y no por una ETFA, ya que como se ha mencionado al inicio del capítulo, durante este mes uno de los dos turnos de la ETFA no pudo subir a terreno debido a las restricciones sanitarias establecidas por la pandemia (ver Tabla 5-2).

Tabla 5-44: Registro de niveles zona núcleo del Sistema Peine

1024		2018		2037		GD-03	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
24/01/2020 15:48	2.299,505	**24/01/2020 10:48**	2.299,578	**24/01/2020 11:36**	2.299,564	**26/01/2020 12:00**	S/I
21/02/2020 15:02	2.299,494	**22/02/2020 12:16**	2.299,542	**21/02/2020 17:13**	2.299,529	**26/02/2020 12:00**	S/I
22/03/2020 10:38	2.299,421	**22/03/2020 15:34**	2.299,507	**22/03/2020 12:37**	2.299,490	**26/03/2020 12:00**	S/I
23/04/2020 17:48	2299,396 (1)	**24/04/2020 9:33**	2299,459 (1)	**23/04/2020 17:53**	2299,448 (1)	**26/04/2020 12:00**	S/I
23/05/2020 10:10	2.299,310	**23/05/2020 11:32**	2.299,406	**23/05/2020 11:12**	2.299,390	**26/05/2020 12:00**	S/I
25/05/2020 14:59	2299,331 (2)	**25/05/2020 16:17**	2299,407 (2)	**25/05/2020 15:30**	2299,390 (2)	**26/06/2020 12:00**	S/I
21/06/2020 9:47	2.299,285	**21/06/2020 13:34**	2.299,371	**21/06/2020 12:06**	2.299,352		

GD-04		L10-12		L10-13		L10-14	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
26/01/2020 12:00	S/I	**24/01/2020 12:13**	2.299,597	**22/01/2020 12:00**	S/I	**22/01/2020 12:00**	S/I
26/02/2020 12:00	S/I	**21/02/2020 16:47**	2.299,570	**22/02/2020 12:00**	S/I	**22/02/2020 12:00**	S/I
26/03/2020 12:00	S/I	**22/03/2020 12:14**	2.299,519	**22/03/2020 12:00**	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I
26/04/2020 12:00	S/I	**23/04/2020 17:51**	2299,483 (1)	**22/04/2020 12:00**	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I
26/05/2020 12:00	S/I	**22/05/2020 16:42**	2.299,430	**22/05/2020 12:00**	S/I	**22/05/2020 12:00**	S/I
26/06/2020 12:00	S/I	**28/05/2020 10:35**	2.299,413	**22/06/2020 12:00**	S/I	**22/06/2020 12:00**	S/I

		21/06/2020 11:39	2.299,384

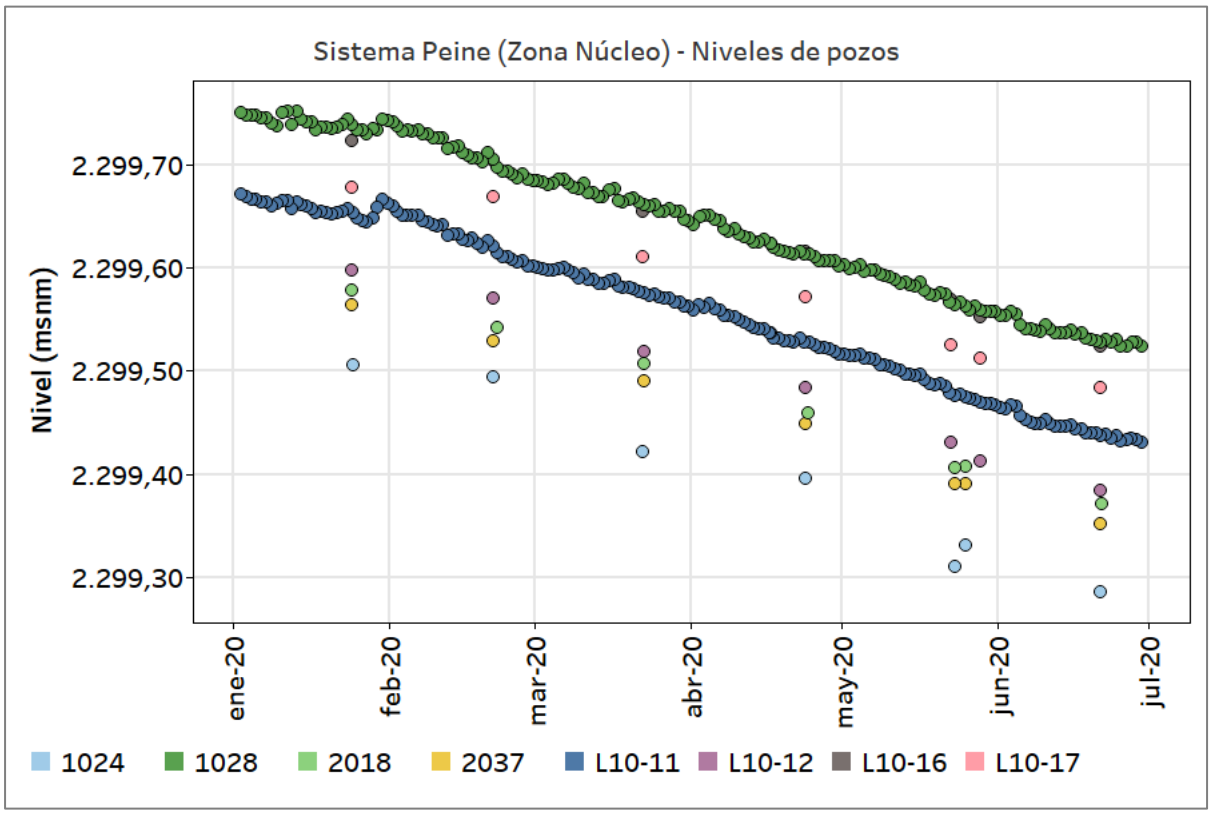
L10-16		L10-17		L10-5		L10-6	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
24/01/2020 12:50	2.299,723	**24/01/2020 12:34**	2.299,678	**22/01/2020 12:00**	S/I	**26/01/2020 12:00**	S/I
21/02/2020 15:58	2.299,704	**21/02/2020 16:16**	2.299,669	**22/02/2020 12:00**	S/I	**26/02/2020 12:00**	S/I
22/03/2020 11:30	2.299,654	**22/03/2020 11:47**	2.299,611	**22/03/2020 12:00**	S/I	**26/03/2020 12:00**	S/I
23/04/2020 17:49	2299,616 (1)	**23/04/2020 17:50**	2.299,572	**22/04/2020 12:00**	S/I	**26/04/2020 12:00**	S/I
22/05/2020 15:56	2.299,569	**22/05/2020 16:15**	2.299,525	**22/05/2020 12:00**	S/I	**26/05/2020 12:00**	S/I
28/05/2020 10:05	2299,552 (2)	**28/05/2020 9:53**	2299,512 (2)	**22/06/2020 12:00**	S/I	**26/06/2020 12:00**	S/I
21/06/2020 11:01	2.299,524	**21/06/2020 11:17**	2.299,484				

L10-7		L10-8	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
26/01/2020 12:00	S/I	**26/01/2020 12:00**	S/I
26/02/2020 12:00	S/I	**26/02/2020 12:00**	S/I
26/03/2020 12:00	S/I	**26/03/2020 12:00**	S/I
26/04/2020 12:00	S/I	**26/04/2020 12:00**	S/I
26/05/2020 12:00	S/I	**26/05/2020 12:00**	S/I
26/06/2020 12:00	S/I	**26/06/2020 12:00**	S/I

1028			L10-11		
Mes	**Nivel (m s.n.m.)**		**Mes**	**Nivel (m s.n.m.)**	
	mínimo	**máximo**		**mínimo**	**máximo**
ene-20	2.299,730	2.299,752	**ene-20**	2.299,644	2.299,673
feb-20	2.299,684	2.299,741	**feb-20**	2.299,601	2.299,660
mar-20	2.299,645	2.299,685	**mar-20**	2.299,562	2.299,600
abr-20	2.299,601	2.299,651	**abr-20**	2.299,516	2.299,565
may-20	2.299,557	2.299,603	**may-20**	2.299,467	2.299,516
jun-20	2.299,519	2.299,557	**jun-20**	2.299,427	2.299,467

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

Figura 5-41: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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, durante el presente semestre los monitoreos han sido encomendados a la ETFA con la que SQM trabaja actualmente. No obstante lo anterior, en el presente periodo a reportar no fue posible realizar las mediciones comprometidas para este semestre, ya que no se tuvo acceso a los sistemas lacustres de Salada, Saladita e Interna, puesto que el ingreso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera al personal proveniente de SQM. Lo anterior se encuentra debidamente justificado en Anexo 5.2.

Tabla 5-45: Tabla 5-46: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine

REGLILLA SALADA CONAF		REGLILLA SALADITA CONAF		REGLILLA INTERNA CONAF	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/01/2020 12:00	S/I	15/01/2020 12:00	S/I	15/01/2020 12:00	S/I
15/02/2020 12:00	S/I	15/02/2020 12:00	S/I	15/02/2020 12:00	S/I
15/03/2020 12:00	S/I	15/03/2020 12:00	S/I	15/03/2020 12:00	S/I
15/04/2020 12:00	S/I	15/04/2020 12:00	S/I	15/04/2020 12:00	S/I
15/05/2020 12:00	S/I	15/05/2020 12:00	S/I	15/05/2020 12:00	S/I
26/06/2020 12:00	S/I	26/06/2020 12:00	S/I	26/06/2020 12:00	S/I

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

Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad del Sistema Peine durante el primer semestre del año 2020. 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 4-8 y en la Tabla 4-9 de la Sección 4.3.4 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Peine. En esta última se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida. Como ahí se observa, la RCA Nº226/2006 establece que el monitoreo de calidad química en los pozos y lagunas del Sistema Peine debe realizarse con frecuencia trimestral.

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

Respecto a las entidades que efectuaron el monitoreo del período, Aquaexpert - Geobiota se encargaron del monitoreo e Hidrolab – UCN tuvieron a su cargo el análisis, de los cuerpos lacustres que hasta diciembre de 2018 lo realizaba CONAF, durante el primer trimestre de 2020. Para el segundo trimestre y el resto de los puntos de monitoreo en ambos trimestres, el monitoreo

de los pozos de control fue efectuado el laboratorio ALS en enero de 2020 y Algoritmos en mayo de 2020. Los análisis fueron realizados por ALS para el primer semestre de 2020.

En el Anexo 10.1 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 de los laboratorios que realizaron los análisis químicos en el monitoreo a cargo de UCN e Hidrolab.

Muestreo de aguas red monitoreo SQM

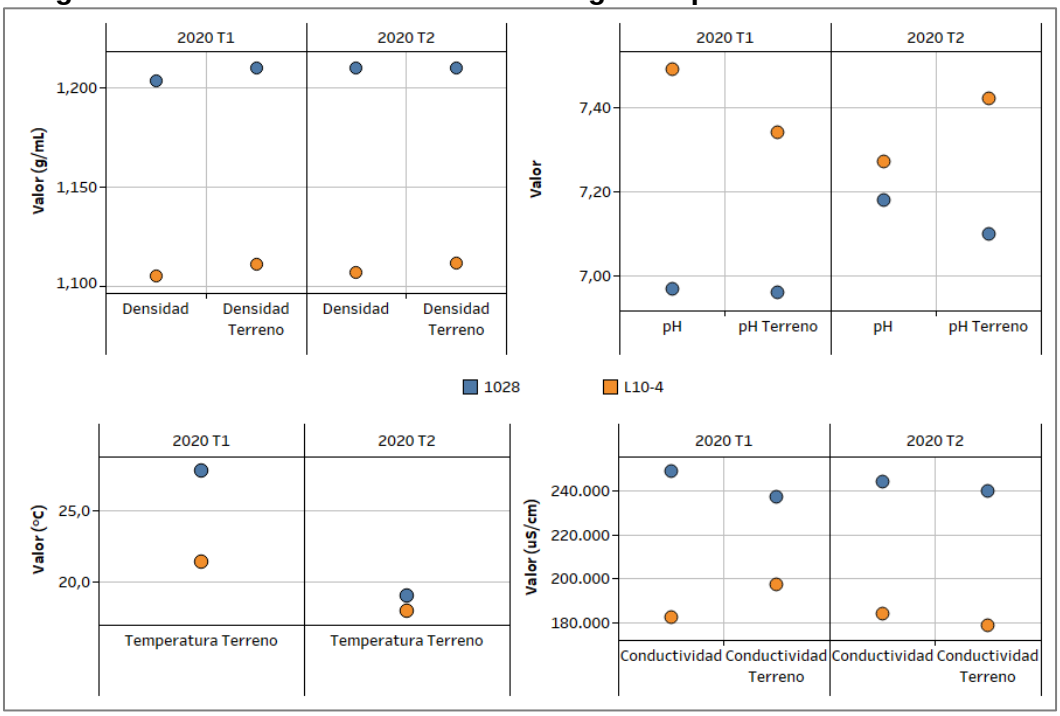
En laTabla 5-47 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas el laboratorio ALS, a los pozos de monitoreo. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-42. Como se observa, durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos comprometidos en el pozo 1028 y L10-4. No fue posible monitorear el pozo L10-1 durante todo el semestre ya que la Comunidad de Peine no autorizó el ingreso (Anexo 5.2).

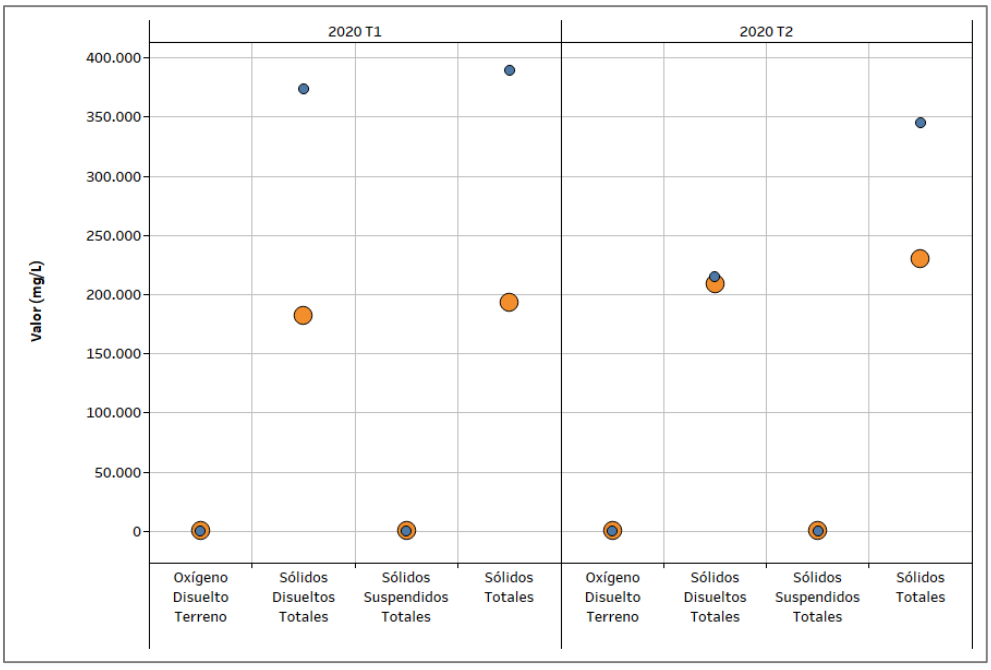
Tabla 5-47: Resultados calidad del agua pozo 1028 primer semestre de 2020

Parámetro	Unidad	1028		L10-4	
		20/01/2020	26/05/2020	20/01/2020	26/05/2020
Conductividad	µS/cm	249.000	244.000	182.200	183.900
Conductividad Terreno	µS/cm	237.000	239.000	197.300	176.600
Densidad	g/mL	1,203	1,210	1,105	1,107
Densidad Terreno	g/mL	1,210	1,210	1,111	1,112
Oxígeno Disuelto Terreno		5,36	6,81	1,67	2,33
pH	-	6,97	7,18	7,49	7,27
pH Terreno	-	6,96	7,03	7,34	7,42
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	373.200	282.400	181.600	208.400
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	20	91	16	19
Sólidos Totales	mg/L	389.200	344.400	192.800	229.800
Temperatura Terreno	°C	27,8	18,6	21,40	17,90

Fuente: Elaboración propia.

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





Fuente: Elaboración propia.

Muestreo realizado en el marco del ex convenio con CONAF

En el primer semestre de 2020 no fue posible acceder a los puntos de monitoreo debido a no contar con la autorización de ingreso por parte de la Comunidad de Peine (Anexo 5.2).

Validación resultados

En el presente apartado se muestran los resultados de la validación para el primer semestre de 2020 en el sistema Peine, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.8.

La Tabla 5-48 muestra los resultados de la validación para las muestras colectadas en el sistema Peine. No pueden ser validadas por balance iónico debido a que no se analizan parámetros químicos. Respecto el balance de masa en sólidos, las 4 muestras colectadas en el segundo semestre dieron resultados correctos.

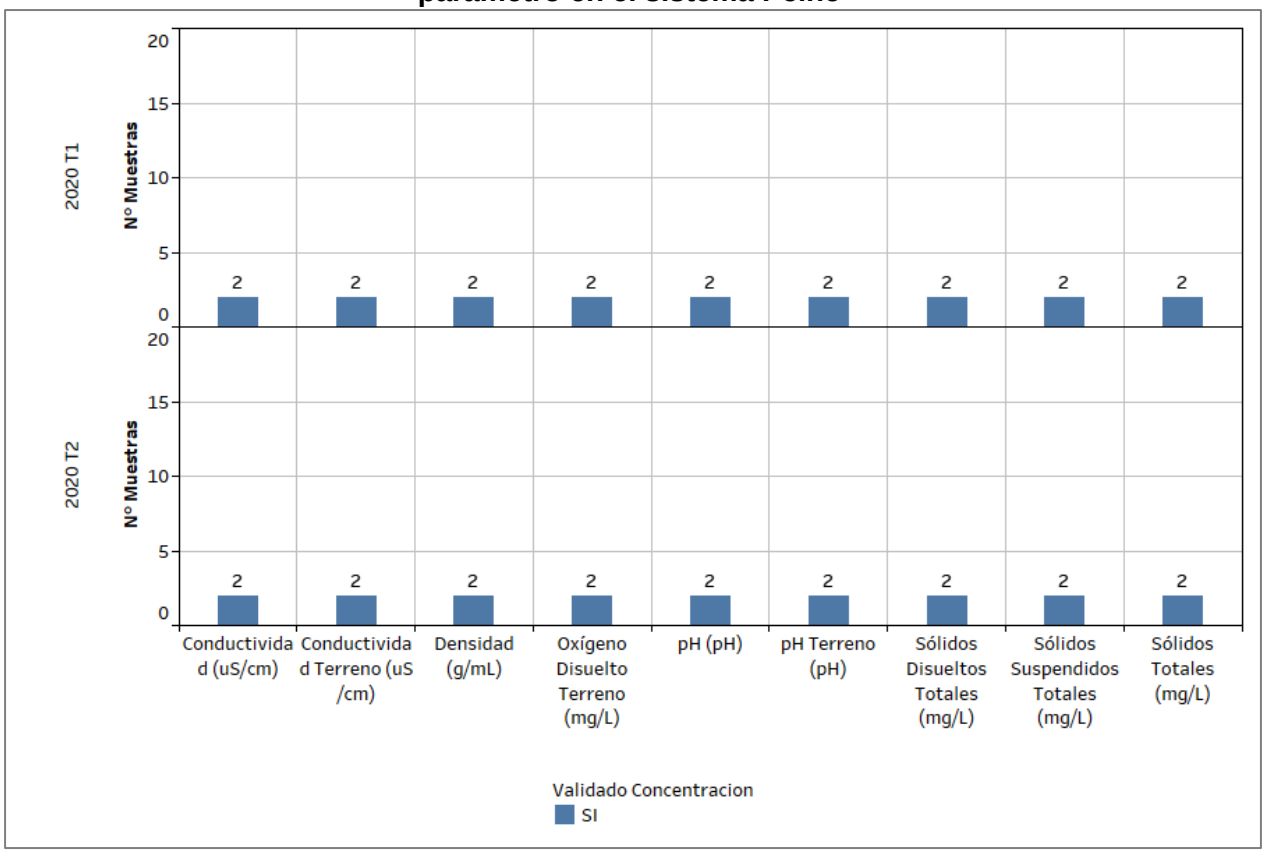
Tabla 5-48 Resultados de la validación en el sistema Peine.

Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos (%)	Balance iónico (%)
1ro	1028	-4	N/A
	L10-4	-6	N/A
2do	1028	18	N/A
	L10-4	-1	N/A

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 5-43 muestra los resultados de la validación por concentraciones históricas en relación con cada analito y punto. Todos los análisis se encontraron dentro de lo esperable en base a su evolución histórica.

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



Fuente: Elaboración propia.

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.

Como se puede ver de la Tabla 5-51, durante el semestre objeto del presente informe no fue posible la realización 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 (Anexo 5.2).

Tabla 5-49: Resultados aforos manuales Saladita y Salada

Fecha Medición	Caudal manual (L/s)	
	Aforo Salada	Aforo Saladita
26/01/2020	S/I	S/I
26/02/2020	S/I	S/I
21/03/2020	S/I	S/I
26/03/2020	S/I	S/I
24/04/2020	S/I	S/I
26/05/2020	S/I	S/I
24/06/2020	S/I	S/I
26/06/2020	S/I	S/I

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

Superficie lacustre

A continuación, se presenta para el primer semestre de 2020 las superficies lacustres de los tres cuerpos de agua del sistema Peine (Salada, Saladita e Interna). Las mediciones de estacas perimetrales (comprometidas para los meses de enero y abril) no fueron realizadas en el presente periodo, tampoco el levantamiento topográfico de las mismas (RTK) (comprometido para el mes de abril), debido a que no se ha contado con la autorización de la Comunidad de Peine para ingresar al sector en ninguna de estas fechas.

En la Tabla 5-50 se presenta, para el primer semestre de 2020, las superficies lacustres de los cuerpos de agua del sistema Peine medidos mediante imágenes satelitales (campaña efectuada en abril de 2020). No fue posible complementar la información obtenida con datos de terreno debido a restricciones de ingreso que impidieron verificar las lagunas de acuerdo con la metodología aprobada mediante la Res. 244/2010. Por lo anterior, los valores indicados pueden alejarse de la situación real debido a que no se pudo corregir con datos de campo.

Se acompaña en Anexo 10.1 la información de respaldo del cálculo de la superficie lacustre para las lagunas en el período semestral objeto del presente informe.

Tabla 5-50: Superficies lacustres primer semestre de 2020

Periodo	Responsable	Tipo de medición	Superficie (m^2)		
			Interna	Salada	Saladita
Abr-2020	LINKAPSIS	Imágenes Satelitales	446.388	180.238	90.767

Fuente: Elaboración propia

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 primer semestre de 2020 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-51 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-51: Resumen de puntos no visitados en el sector de Vegas de Tilopozo

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
L12-1	Pozo	x	x	x	x			Comunidad de Peine no permite el acceso
L12-2	Pozo	x	x	x	x			Comunidad de Peine no permite el acceso
L12-3	Pozo	x	x	x	x			Comunidad de Peine no permite el acceso
L12-4	Pozo	x	x	x	x			Comunidad de Peine no permite el acceso
Tilopozo	Reglilla	x	x	x	x			Comunidad de Peine no permite el acceso

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado.

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 4-9 y en la Tabla 4-11.

Pozos Zona Marginal

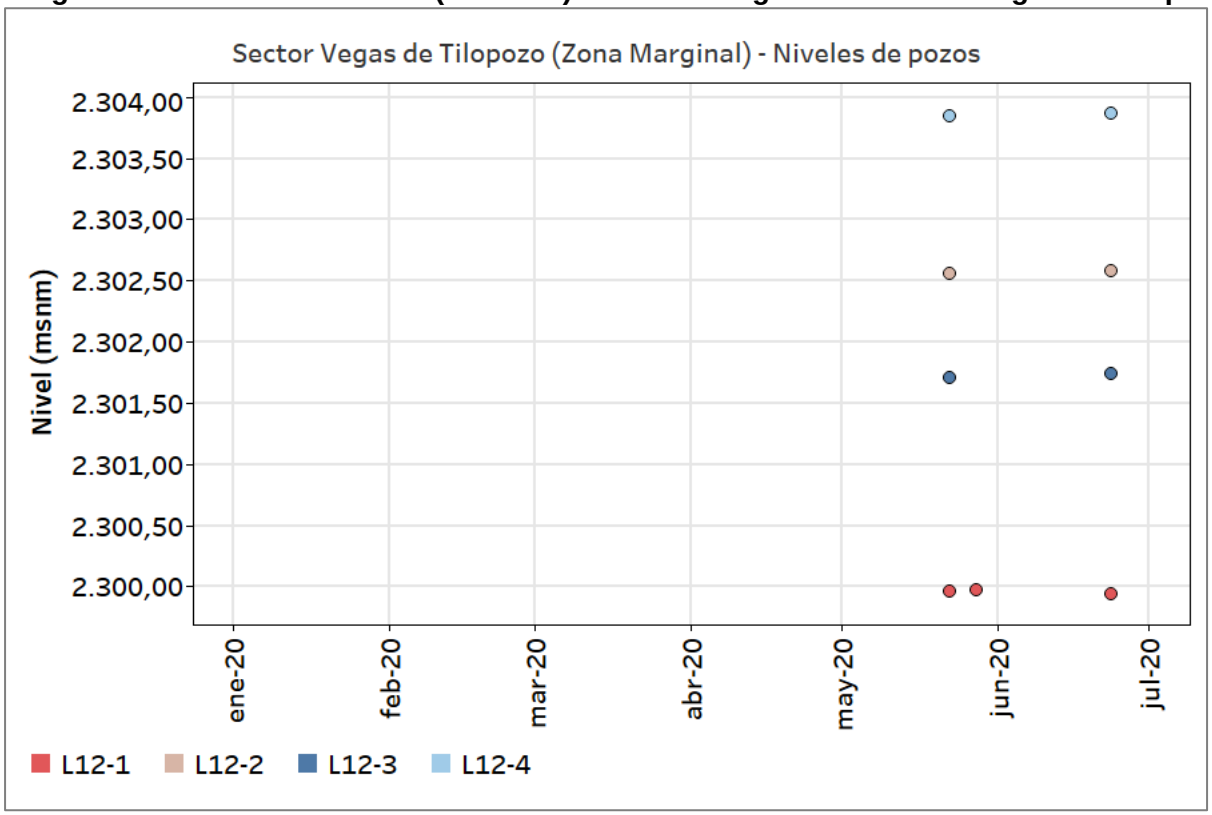
En la zona marginal, el sector de Vegas de Tilopozo cuenta con 4 puntos de control, que se miden de forma mensual. En Tabla 5-52 se muestra el resultado del monitoreo para el periodo reportado en este informe. En la Figura 5-44 se muestra gráficamente el resultado de las mediciones en estos puntos.

Tabla 5-52: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo

L12-1		L12-2		L12-3		L12-4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
22/01/2020 12:00	S/I	**22/01/2020 12:00**	S/I	**22/01/2020 12:00**	S/I	**22/01/2020 12:00**	S/I
22/02/2020 12:00	S/I	**22/02/2020 12:00**	S/I	**22/02/2020 12:00**	S/I	**22/02/2020 12:00**	S/I
22/03/2020 12:00	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I
22/04/2020 12:00	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I
22/05/2020 9:59	2.299,964	**22/05/2020 11:26**	2.302,559	**22/05/2020 11:55**	2.301,711	**22/05/2020 12:18**	2.303,841
27/05/2020 17:05	2299,972 (2)	**23/06/2020 11:39**	2.302,581	**23/06/2020 11:57**	2.301,736	**23/06/2020 12:15**	2.303,870
23/06/2020 10:24	2.299,934						

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (2) corresponde a una remedición.

Figura 5-44: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Nivel de agua superficial

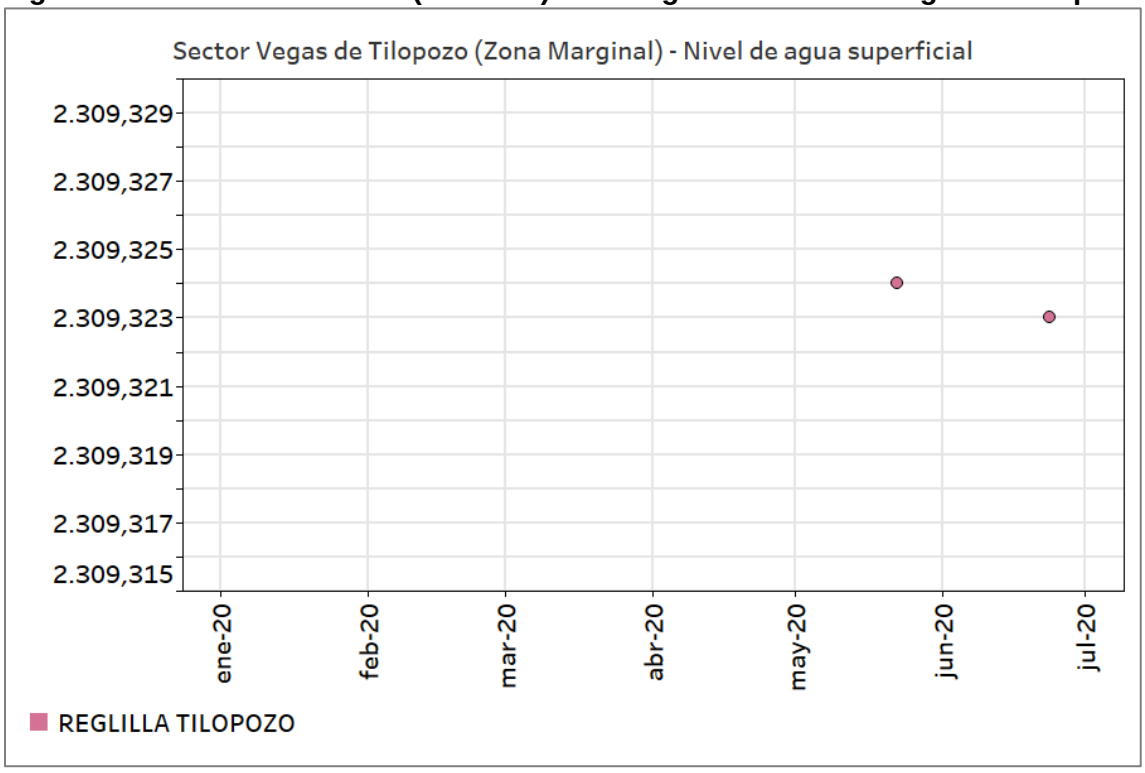
En esta sección se presentan los niveles de agua superficial para este sector de Vegas de Tilopozo, que dispone de un punto de medición. En la Tabla 5-53 se muestran las medidas tomadas en este primer semestre de 2020 y en la Figura 5-45 se presentan gráficamente.

Tabla 5-53: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo

REGLILLA TILOPOZO	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**
22/01/2020 12:00	S/I
22/02/2020 12:00	S/I
22/03/2020 12:00	S/I
22/04/2020 12:00	S/I
22/05/2020 10:36	2.309,324
23/06/2020 10:51	2.309,323

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

Figura 5-45: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.1.7. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el PSAH del Sistema Núcleo del Salar de Atacama considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), meteorología (1 estación) y calidad química (2 puntos). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2020 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-54 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

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 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.

Tabla 5-54: Resumen de puntos no visitados en el núcleo del Salar de Atacama

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
1001	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
2028	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
2040	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
E-101	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
E-324	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
M1-C	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
M2-C	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
M7	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
Sample-4	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
SOPE-6	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
SOPM-12C	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
SOPM-2	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
Zar-C-S	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado.

Nivel de salmuera

En esta sección se exponen los niveles de los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Núcleo del Salar de Atacama para el primer semestre de 2020, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-10 y en la Tabla 4-12.

Para facilitar el análisis, los resultados se agruparon en 3 subgrupos de acuerdo con su ubicación; a) grupo de pozos más alejado de la zona de producción de salmuera, b) pozos ubicados en las proximidades de la zona de producción, c) pozos ubicados al norte de zona de producción. A continuación, se muestran los resultados de estos grupos.

Área alejada de la zona productiva

En la Tabla 5-55 se presenta el resultado del monitoreo para los puntos del primer grupo, aquellos que se encuentran más alejados de la zona productiva. Y en la Figura 5-46 se muestran gráficamente las medidas tomadas.

La medición de abril de los puntos 1001, 2028, SOPE-6, SOPM-12C y SOPM-2 está efectuada por SQM y no por una ETFA, ya que como se ha mencionado al inicio del capítulo, durante este mes uno de los dos turnos de la ETFA no pudo subir a terreno debido a las restricciones sanitarias establecidas por la pandemia (ver Tabla 5-2).

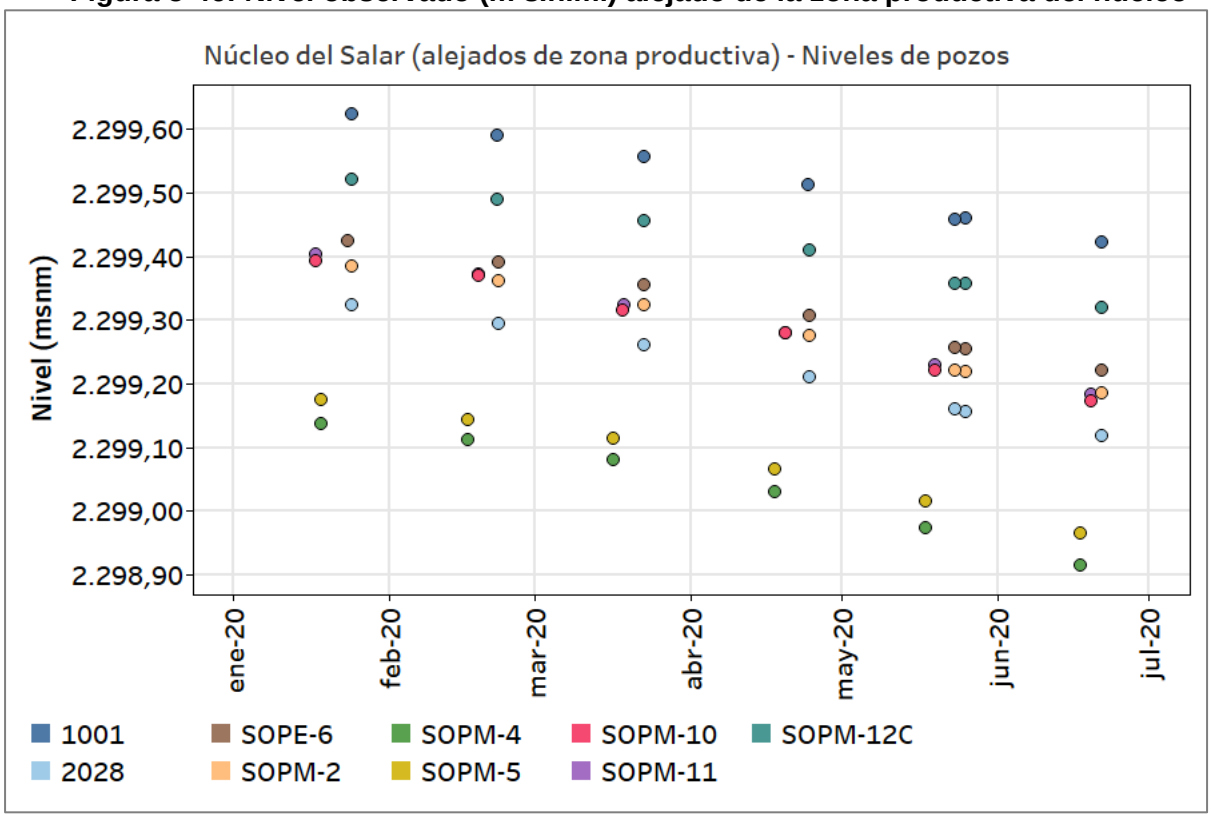
Tabla 5-55: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo

1001		2028		SOPE-6		SOPM-10		SOPM-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
24/01/2020 11:04	2.299,625	24/01/2020 9:24	2.299,323	23/01/2020 17:00	2.299,425	17/01/2020 10:17	2.299,394	18/01/2020 10:02	2.299,176
22/02/2020 12:00	2.299,591	22/02/2020 14:56	2.299,294	22/02/2020 14:27	2.299,391	18/02/2020 15:04	2.299,371	16/02/2020 14:10	2.299,143
22/03/2020 13:04	2.299,556	22/03/2020 16:37	2.299,262	22/03/2020 16:15	2.299,356	18/03/2020 12:23	2.299,315	16/03/2020 14:38	2.299,114
24/04/2020 9:12	2299,513 (1)	24/04/2020 10:55	2299,210 (1)	24/04/2020 10:36	2299,308 (1)	19/04/2020 16:56	2.299,279	17/04/2020 16:46	2.299,067
23/05/2020 11:55	2.299,459	23/05/2020 13:24	2.299,161	23/05/2020 13:02	2.299,257	19/05/2020 13:28	2.299,221	17/05/2020 13:14	2.299,015
25/05/2020 16:01	2299,460 (2)	25/05/2020 12:16	2299,157 (2)	25/05/2020 12:58	2299,255 (2)	19/06/2020 12:08	2.299,173	17/06/2020 12:16	2.298,966
21/06/2020 13:13	2.299,422	21/06/2020 17:05	2.299,119	21/06/2020 16:17	2.299,222				

SOPM-11		SOPM-12C		SOPM-2		SOPM-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/01/2020 10:31	2.299,404	24/01/2020 10:31	2.299,521	24/01/2020 9:47	2.299,384	18/01/2020 10:18	2.299,138
18/02/2020 15:21	2.299,373	22/02/2020 12:43	2.299,490	22/02/2020 15:29	2.299,361	16/02/2020 14:21	2.299,113
18/03/2020 12:52	2.299,325	22/03/2020 15:50	2.299,456	22/03/2020 16:56	2.299,325	16/03/2020 14:51	2.299,080
19/04/2020 17:10	2.299,281	24/04/2020 9:57	2299,410 (1)	24/04/2020 11:12	2299,276 (1)	17/04/2020 16:58	2.299,031
19/05/2020 13:49	2.299,230	23/05/2020 12:38	2.299,357	23/05/2020 13:42	2.299,222	17/05/2020 13:27	2.298,973
19/06/2020 12:27	2.299,184	25/05/2020 16:39	2299,357 (2)	25/05/2020 12:47	2299,220 (2)	17/06/2020 12:29	2.298,914
		21/06/2020 13:52	2.299,320	21/06/2020 17:20	2.299,186		

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

Figura 5-46: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Área próxima a la zona productiva

En la Tabla 5-56 se muestran las medidas del monitoreo efectuado para los puntos de control que se encuentran más cercanos a la zona productiva del salar. En la Figura 5-47 se muestran de forma gráfica.

De la misma forma que se ha descrito en el apartado anterior, para el mes de abril, los puntos 2040, E-101, E-324, M2-C, M7, SAMPLE-4 y ZAR-C-S disponen sólo de la medida efectuada por SQM debido que la ETFA no pudo subir a faena producto de las restricciones sanitarias establecidas por el COVID-19 (ver Tabla 5-2).

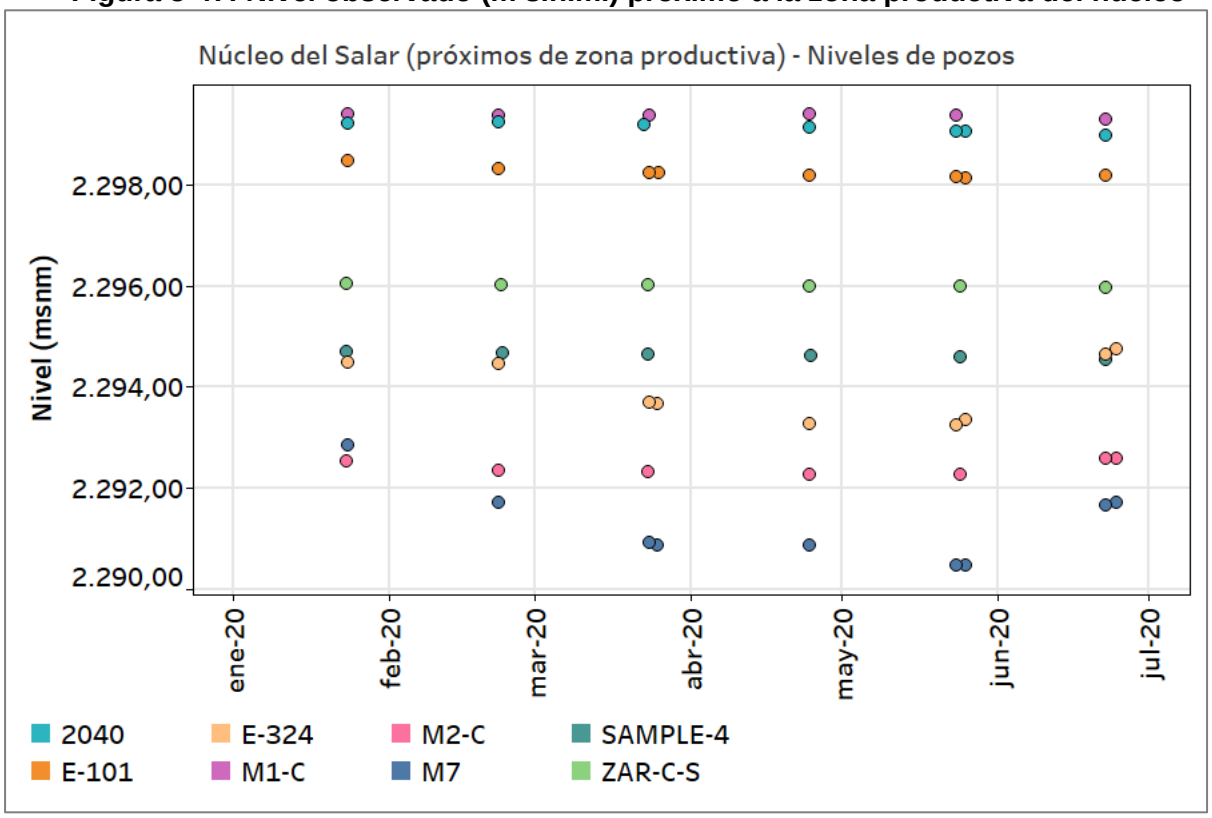
Tabla 5-56: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo

2040		E-101		E-324		M1-C	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
23/01/2020 16:32	2.299,225	**23/01/2020 15:25**	2.298,461	**23/01/2020 14:50**	2.294,474	**23/01/2020 16:04**	2.299,391
22/02/2020 16:08	2.299,232	**22/02/2020 16:51**	2.298,324	**22/02/2020 17:10**	2.294,466	**22/02/2020 16:30**	2.299,380
22/03/2020 17:40	2.299,176	**23/03/2020 14:20**	2.298,236	**23/03/2020 14:00**	2.293,695	**23/03/2020 15:06**	2.299,380
24/04/2020 13:10	2299,124 (1)	**25/03/2020 10:08**	2298,235 (2)	**25/03/2020 9:29**	2293,668 (2)	**24/04/2020 13:36**	2.299,411
23/05/2020 15:20	2.299,055	**24/04/2020 14:08**	2298,180 (1)	**24/04/2020 14:22**	2293,258 (1)	**23/05/2020 15:44**	2.299,365
25/05/2020 11:40	2.299,046	**23/05/2020 16:12**	2.298,148	**23/05/2020 16:26**	2.293,250	**22/06/2020 9:03**	2.299,303
22/06/2020 8:46	2.298,988	**25/05/2020 11:26**	2298,141 (2)	**25/05/2020 11:13**	2293,336 (2)		
		22/06/2020 9:28	2.298,176	**22/06/2020 9:40**	2.294,649		
				24/06/2020 12:10	2294,754 (2)		

M2-C		M7		SAMPLE-4		ZAR-C-S	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
23/01/2020 12:49	2.292,525	**23/01/2020 14:27**	2.292,842	**23/01/2020 12:06**	2.294,706	**23/01/2020 11:04**	2.296,030
22/02/2020 17:50	2.292,343	**22/02/2020 17:28**	2.291,717	**23/02/2020 9:07**	2.294,672	**23/02/2020 8:25**	2.296,015
23/03/2020 12:22	2.292,307	**23/03/2020 13:40**	2.290,921	**23/03/2020 11:07**	2.294,640	**23/03/2020 9:24**	2.296,008
24/04/2020 14:51	2292,255 (1)	**25/03/2020 9:13**	2290,864 (2)	**24/04/2020 16:33**	2294,614 (1)	**24/04/2020 15:50**	2295,997 (1)
24/05/2020 10:51	2.292,263	**24/04/2020 14:35**	2290,851 (1)	**24/05/2020 12:30**	2.294,577	**24/05/2020 11:46**	2.295,979
22/06/2020 10:25	2.292,585	**23/05/2020 16:40**	2.290,461	**22/06/2020 12:01**	2.294,545	**22/06/2020 11:10**	2.295,952
24/06/2020 11:48	2292,574 (2)	**25/05/2020 10:59**	2290,451 (2)				
		22/06/2020 9:58	2.291,664				
		24/06/2020 11:31	2291,716 (2)				

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84. S/I: Sin Información. (1) Medida tomada por SQM. (2) corresponde a una remedición.

Figura 5-47: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Área al norte de la zona productiva

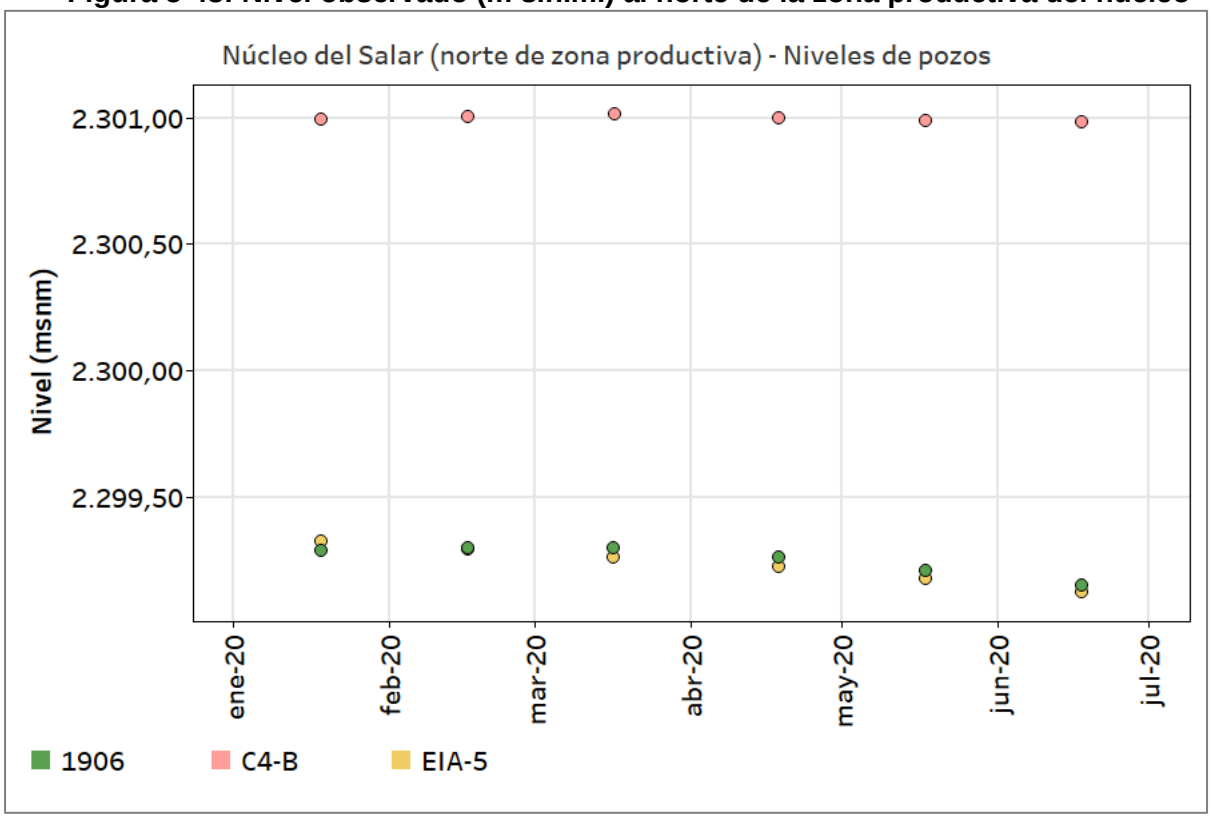
Son tres los puntos en el núcleo que se sitúan al norte de la zona productiva. El resultado del monitoreo se muestra en la Tabla 5-57 y en la Figura 5-48. La visita a estos puntos se pudo efectuar con normalidad y se tomaron las medidas mensuales tal y como estaba previsto.

Tabla 5-57: 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.)
18/01/2020 11:04	2.299,289	18/01/2020 11:36	2.300,994	18/01/2020 10:45	2.299,324
16/02/2020 15:09	2.299,301	16/02/2020 15:46	2.301,006	16/02/2020 14:43	2.299,296
16/03/2020 15:46	2.299,300	16/03/2020 16:22	2.301,012	16/03/2020 15:27	2.299,265
18/04/2020 10:55	2.299,263	18/04/2020 11:38	2.300,999	18/04/2020 10:19	2.299,225
17/05/2020 14:09	2.299,211	17/05/2020 14:40	2.300,989	17/05/2020 13:51	2.299,179
17/06/2020 13:32	2.299,151	17/06/2020 14:00	2.300,981	17/06/2020 13:09	2.299,128

Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-48: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Meteorología

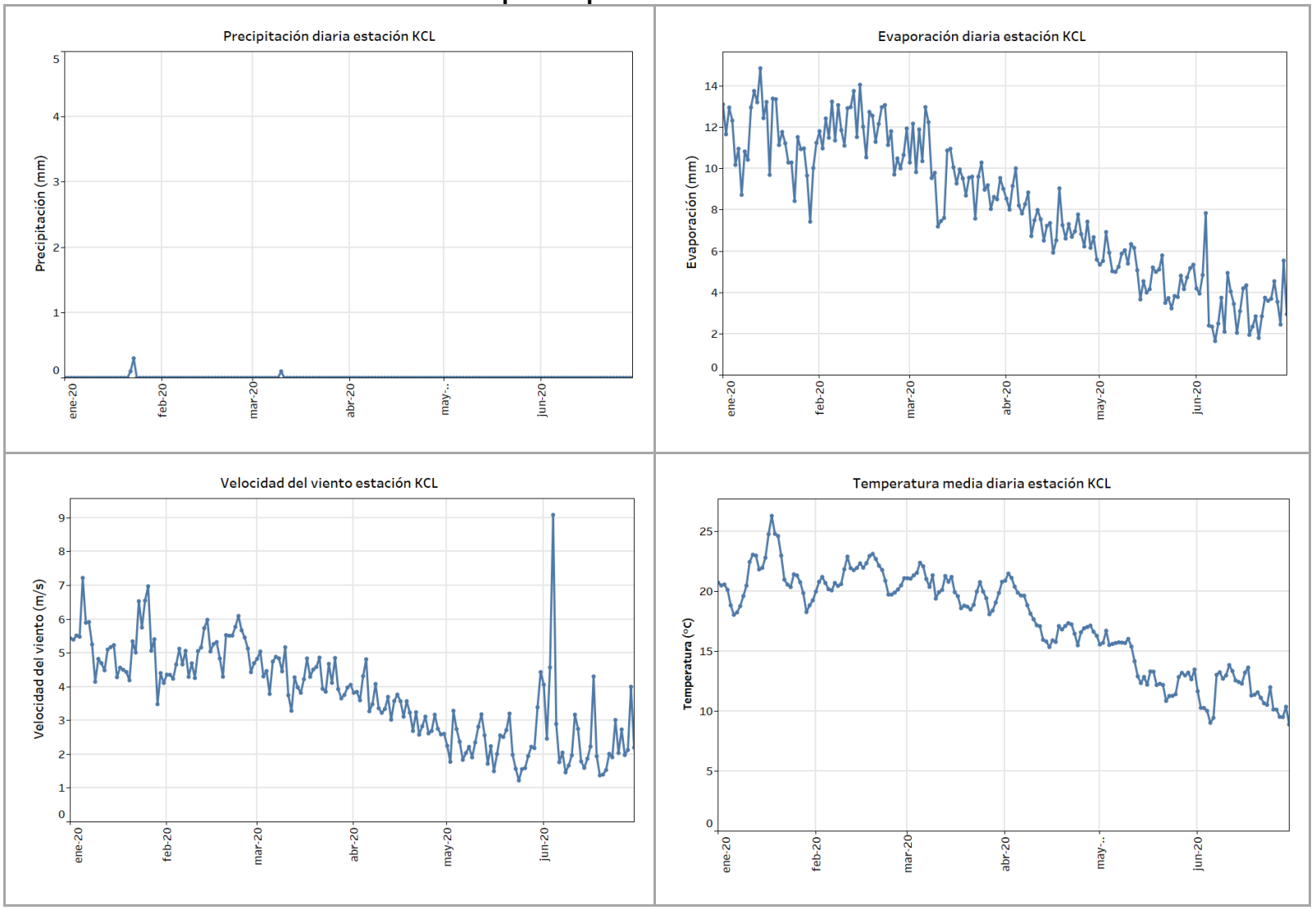
En la Figura 5-49 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica KCL para el período comprendido entre enero y junio de 2020, y que forman parte del PSAH: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario. En la Tabla 5-58 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas.

Tabla 5-58: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL

Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación	**mm/día**	0,00	0,30	0,00	0,02
Evaporación	**mm/día**	1,65	14,87	8,13	3,40
Velocidad del viento	**m/s**	1,23	9,09	3,79	1,40
Temperatura media diaria	**ºC**	8,89	26,28	17,52	4,11

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-49: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el primer semestre de 2020



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Núcleo del Salar de Atacama del primer semestre del año 2020.

En la Figura 4-10 y en la Tabla 4-12 de la Sección 4.3.6 se presentan los puntos de monitoreo del Sistema Núcleo del Salar de Atacama. En esta última se indican las coordenadas y tipo de cada punto de control, las variables ambientales y parámetros de monitoreo comprometidos, además de la frecuencia establecida.

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

En el Anexo 10.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre. Además, se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

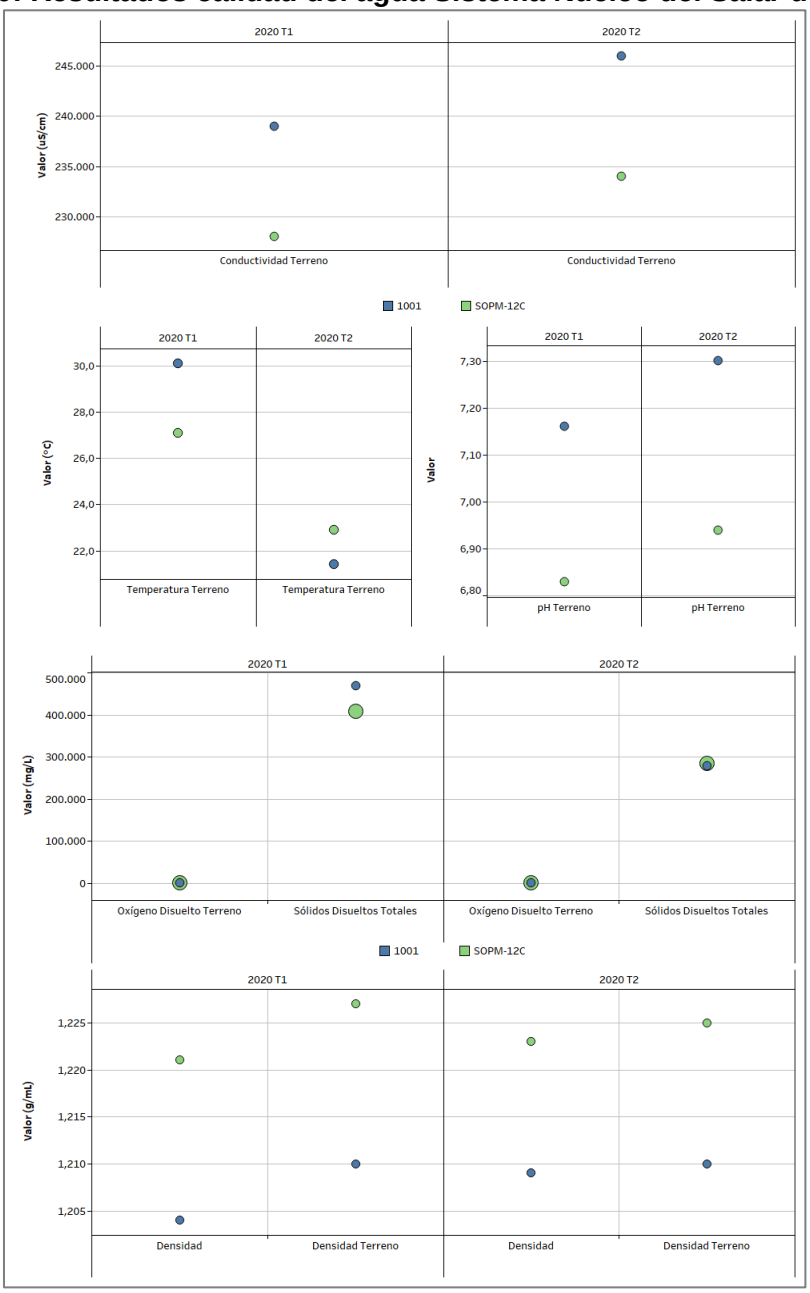
A continuación, en la Tabla 5-59, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestras de salmuera tomadas en terreno (ALS en enero de 2020 y Algoritmos en mayo de 2020) y analizadas por el laboratorio ALS (enero y mayo de 2020), a los pozos de monitoreo en el primer semestre del año 2020. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-50. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-59: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Parámetro	Unidad	SOPM-12C		1001	
		20/01/2020	25/05/2020	20/01/2020	25/05/2020
Conductividad Terreno	µS/cm	228.000	234.000	239.000	245.000
Densidad	g/mL	1,221	1,223	1,204	1,209
Densidad Terreno	g/mL	1,227	1,225	1,210	1,210
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	4,43	4,52	4,01	5,90
pH Terreno	-	6,83	6,86	7,16	7,30
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	408.000	283.600	468.800	278.000
Temperatura Terreno	°C	27,1	22,6	30,1	21,4

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-50: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama



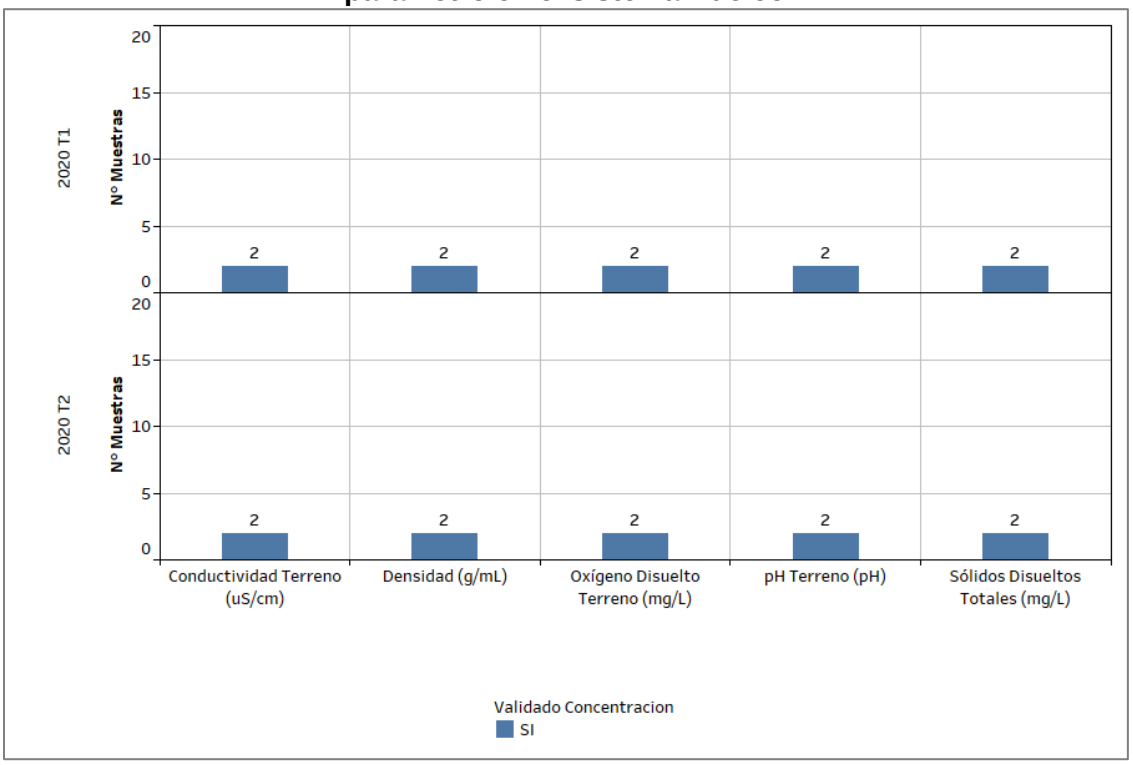
Fuente: Elaboración propia

Validación resultados

En el sistema del núcleo no se muestrean los parámetros necesarios para la validación por balance de masa de sólidos ni para realizar balance iónico.

Los parámetros analizados se validan mediante la comparación de la concentración actual con el análisis de sus concentraciones históricas, de acuerdo con lo explicado en el apartado 4.4.8. En la Figura 5-51 se observa que para el segundo semestre todos los analitos analizados cumplieron con este criterio.

Figura 5-51: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo



Fuente: Elaboración propia

5.1.8. CUÑA SALINA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico la Cuña Salina considera 9 pozos, agrupados en 3 perfiles, y el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (1 punto), conductividad eléctrica (8 puntos) y calidad (1 punto). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2020 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 para los puntos de seguimiento de cuña salina

Identificación	Tipo	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	Motivos
Cuña 3	Pozo				x			La ETFA no pudo alojarse en campamento Andino por la pandemia de COVID-19
Cuña 5	Pozo			x	x	x	xxx	RNF Quelana
Cuña 6	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	xxx (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
Cuña 7	Pozo	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	x (1)	xxx (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria
L10-1	Pozo	xx (1)	x (1)	x (1)	xx (1)	x (1)	xxx (2)	(1) Comunidad de Peine no permite el acceso. (2) La Comunidad suspende las actividades de monitoreo por la contingencia sanitaria

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado; xx: punto no muestreado en la campaña de calidad; xxx: perfilaje de CE no realizado.

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 manera que 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 del Sistema Peine (tanto nivel como calidad). Pero en la Tabla 5-60 se muestran ambos puntos de nuevo, ya que en esta sección se presenta, para ambos, la campaña de perfilaje de conductividad eléctrica.

Nivel del agua subterránea

De los 7 puntos que restan por ver los niveles, se muestra el resultado en este primer semestre de 2020 en la Tabla 5-61 y en la Figura 5-52.

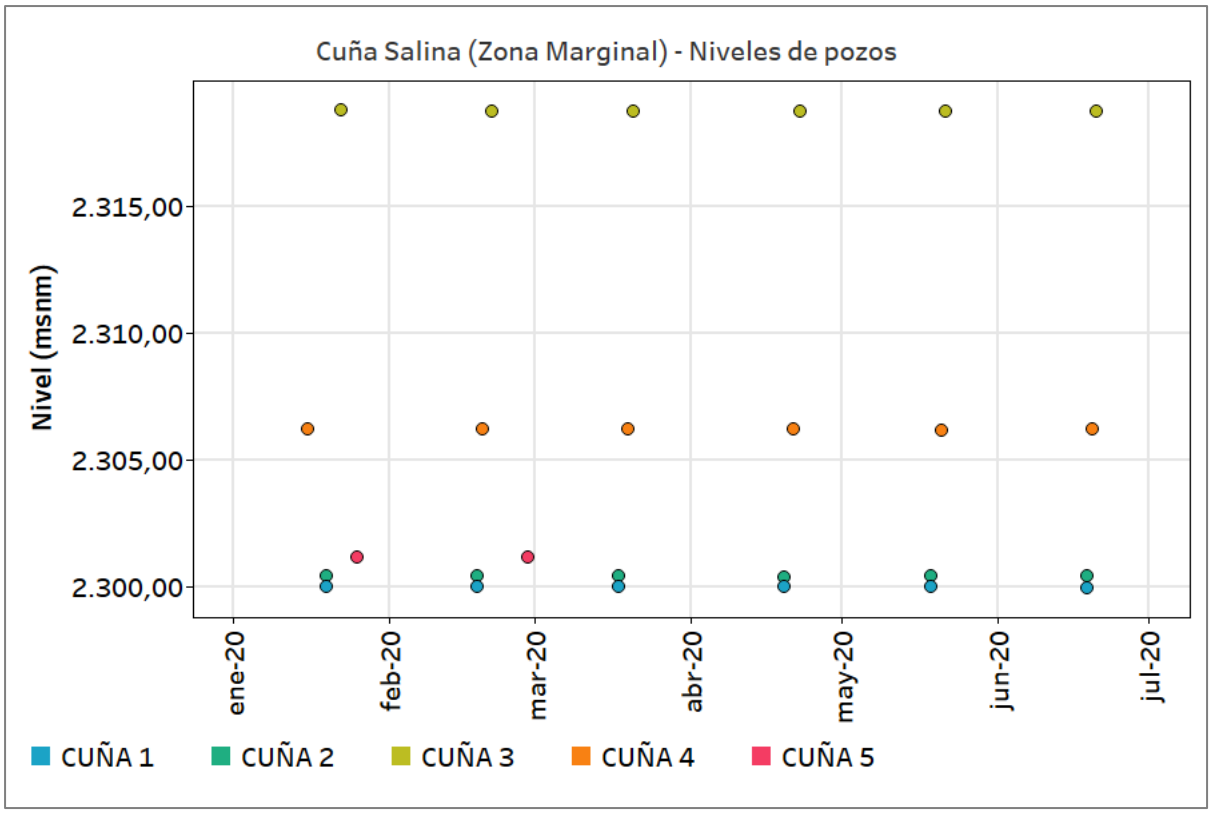
Tabla 5-61: Registro de niveles en pozos para el seguimiento la cuña salina

CUÑA 1		CUÑA 2		CUÑA 3		CUÑA 4	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
19/01/2020 10:52	2.300,001	**19/01/2020 11:14**	2.300,417	**22/01/2020 10:10**	2.318,788	**15/01/2020 17:32**	2.306,178
18/02/2020 11:17	2.299,997	**18/02/2020 11:48**	2.300,399	**21/02/2020 10:42**	2.318,769	**19/02/2020 10:42**	2.306,203
17/03/2020 16:23	2.299,984	**17/03/2020 16:32**	2.300,399	**20/03/2020 12:53**	2.318,768	**19/03/2020 11:49**	2.306,176
19/04/2020 12:07	2.299,965	**19/04/2020 12:15**	2.300,368	**22/04/2020 15:37**	2318,769 (1)	**21/04/2020 11:15**	2.306,177
18/05/2020 15:58	2.299,954	**18/05/2020 16:03**	2.300,379	**21/05/2020 15:22**	2.318,769	**20/05/2020 16:15**	2.306,172
18/06/2020 16:06	2.299,946	**18/06/2020 16:17**	2.300,397	**20/06/2020 15:51**	2.318,775	**19/06/2020 16:30**	2.306,203

CUÑA 5		CUÑA 6		CUÑA 7	
Fecha	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**	**Fecha**	**Nivel (m s.n.m.)**
25/01/2020 13:03	2.301,143	**22/01/2020 12:00**	S/I	**22/01/2020 12:00**	S/I
28/02/2020 11:15	2.301,142	**22/02/2020 12:00**	S/I	**22/02/2020 12:00**	S/I
19/03/2020 12:00	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I	**22/03/2020 12:00**	S/I
19/04/2020 12:00	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I	**22/04/2020 12:00**	S/I
19/05/2020 12:00	S/I	**22/05/2020 12:00**	S/I	**22/05/2020 12:00**	S/I
19/06/2020 12:00	S/I	**22/06/2020 12:00**	S/I	**22/06/2020 12:00**	S/I

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

Figura 5-52: Nivel observado (m s.n.m.) en los pozos para el seguimiento de la cuña salina



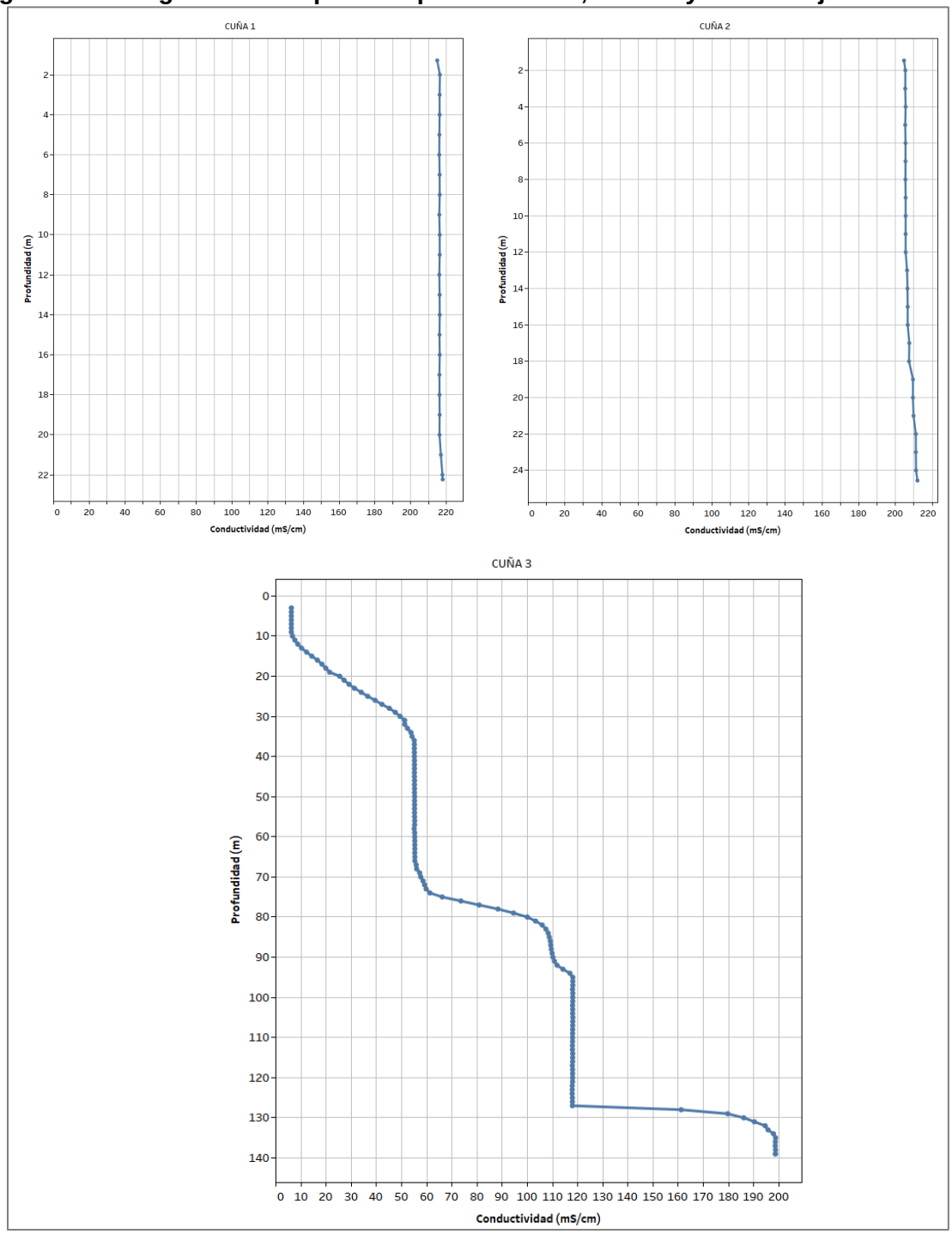
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Calidad química

En el primer semestre de 2020, los perfiles de conductividad fueron medidos en 5 de los 8 pozos comprometidos. Los pozos Cuña 5, Cuña 6, Cuña 7 y L10-1 (medición complementaria efectuada por SQM) no presentan registros para este periodo. Esto se debe a que no se permitió el ingreso al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine (pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1) así como tampoco se pudo acceder a la Reserva Nacional Los Flamencos (Cuña 5).

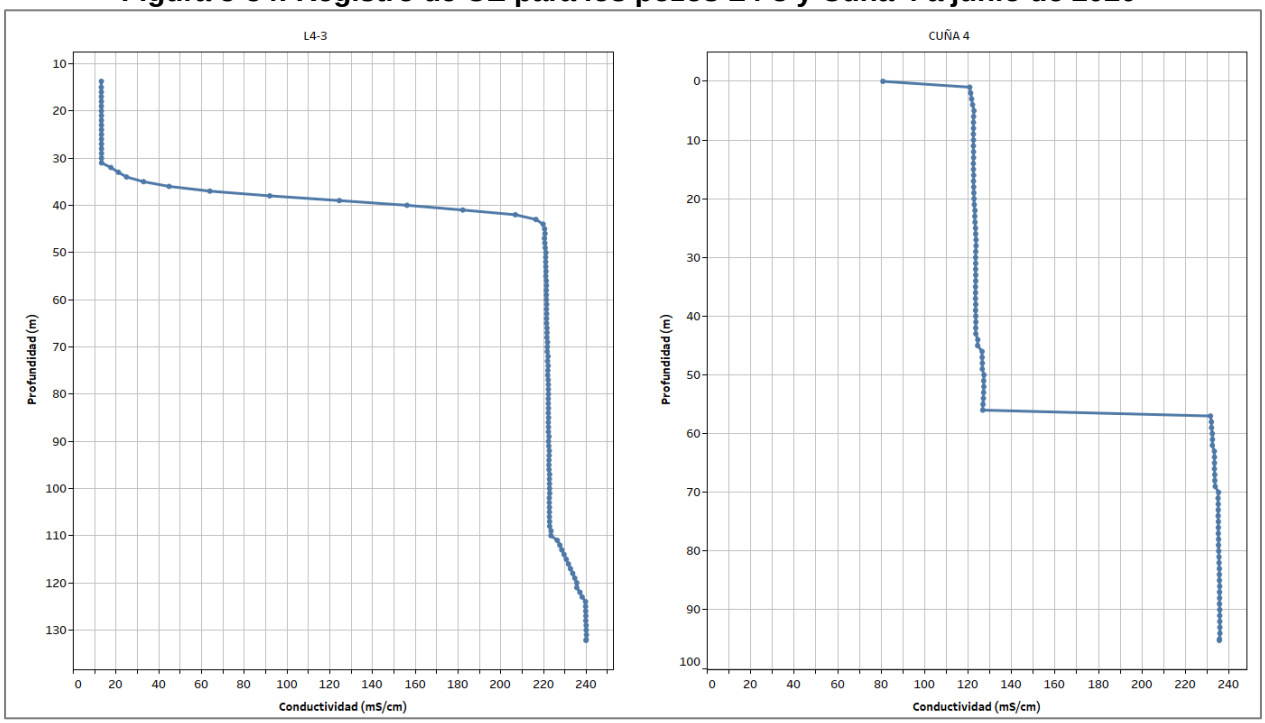
Las mediciones del perfil de CE obtenidas durante el presente período de reporte en los 5 pozos monitoreados se presentan en la Figura 5-53 y Figura 5-54, ordenados de norte a sur para cada perfil cuña. La Figura 5-53 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 y la Figura 5-54 presenta los perfiles de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4. La información tabulada en el Anexo 7.3.

Figura 5-53: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio de 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-54: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a junio de 2020



Fuente: Elaboración propia

5.2. MONITOREO Y ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

A continuación, se presentan los registros de nivel de agua/salmuera subterránea obtenidos en el período reportado en los indicadores de estado que conforman el Plan de Contingencias definido en la sección 4.3.8 del presente informe. Según lo indicado en dicha sección, en el presente informe se consideran los siguientes sistemas objeto del Plan de Contingencias (Tabla 5-62).

Tabla 5-62: 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.

En la línea de lo anterior, la descripción del contexto del monitoreo de cada uno de estos indicadores; las situaciones que hayan podido impedir el acceso a los puntos y/o las medidas adicionales efectuadas por parte de SQM u otra entidad al cargo de las auditorías, 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 primer semestre de 2020 con los umbrales respectivos, para hacer especial mención a aquellas situaciones en que se haya activado algunas de las fases del PC.

En la Tabla 5-63 se presenta un resumen del estado en que se encuentran todos los indicadores para este primer semestre de 2020. 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 5-63: Estado del Plan de Contingencias

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
RCA 226/2006	Soncor	Soncor	L1-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟡	🟡
			L1-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L1-G4 REGLILLA	🟢	🟢	🟡	🟡	🟡	🟡
	Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	L5-8	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-8	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-9	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L5-10	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-12	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
	Vegetación Borde Este	Hidromorfa	L7-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-5	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-10	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L1-17	🟢	🟢	🟡	🟡	🟡	🟢
			L2-27	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	🟢
		Brea-Atriplex	L7-6	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L2-7	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L3-3	🟢	🟡	🟡	🟡	🟢	🟢
			L4-7	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L1-3	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
			L2-28	🟢	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡
		Alerta Temprana	L7-13	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L2-25	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-11	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-3	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-1	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
PdC presentado en proceso SMA F-041-2016	N.A.	Alerta Temprana	1028	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L10-11	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L10-4	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			PN-05B*	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			PN-08A*	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Pozos adicionales	N.A.	Brea-Atriplex	L2-25	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L7-14	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L4-17	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L9-2	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
		Alerta Temprana	L2-26	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
			L3-15	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢

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

* Información de los indicadores de estado PN-05B y PN-08A extraída del Informe Anual Nº4 del PSAH del Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, del titular ALBEMARLE. Documento obtenido desde el SSA del SNIFA. Estado del indicador sujeto a la notificación de activación que efectúe la Superintendencia del Medio Ambiente, de acuerdo a lo indicado en el Programa de Cumplimiento propuesto en el proceso F-041-2016

5.2.1. SISTEMA SONCOR

Los indicadores de estado que conforman el Plan de Contingencias del Sistema Soncor son los piezómetros L1-5, L7-4 y L1-4 y el L1-G4 Reglilla. La frecuencia de medición en estos 4 indicadores es diaria, de acuerdo con lo comprometido en el PdC. Las medidas diarias son tomadas por SQM, no obstante, SQM solicitó a la ETFA que realizara mediciones adicionales con el objetivo de contrastar los resultados y asegurar así un mejor seguimiento de los indicadores de estado. Adicionalmente al monitoreo manual, en el punto L7-4, SQM dispone de un transductor de presión para medición continua en este punto.

Los resultados del monitoreo de nivel en estos indicadores, junto con los umbrales correspondientes se presentan de forma numérica (Tabla 5-64) y gráfica (Figura 5-55, Figura 5-56 y Figura 5-57); en la tabla se indican los registros manuales mensuales máximos y mínimos, y gráficamente se presentan las mediciones manuales diarias junto con los resultados del monitoreo continuo (en el caso que corresponda), y los umbrales de cada indicador. Todos los niveles de agua/salmuera se expresan en m s.n.m. y datum WGS-84 considerando elipsoide de referencia GRS80.

De la información presentada puede verse que los puntos L1-5 y L1-G4 Reglilla sobrepasaron el umbral de la Fase I los días 13 de mayo y 4 de marzo (de 2020), respectivamente. Esta situación fue informada a la SMA mediante las cartas GMPL 087/2020 y GMPL 033/2020 (respectivamente), y que se encuentran en el Anexo 5.4. Desde estas fechas y hasta el final del periodo reportado, se mantuvieron con la Fase I activada. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Cabe mencionar que, en el momento de la elaboración de este reporte, los indicadores L1-5 y L1-G4 Reglilla no se encuentran con ninguna de las fases activadas. No obstante, ambos activaron la Fase II durante el segundo semestre de 2020; esto será debidamente descrito en el reporte del PSAH correspondiente al número 28.

Se destaca de nuevo que, desde el pasado septiembre 2019 y hasta el momento de la elaboración del presente reporte, no ha sido posible visitar el indicador L7-4 debido a las restricciones de

ingreso a RNF, por lo que se desconoce su estado con respecto las fases del PC. Consecuentemente, tampoco se ha podido acceder para la descarga de los datos continuos.

Tabla 5-64: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes

L1-5		
Umbral Fase I:	2.299,40	
Umbral Fase II:	2.299,29	
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2.299,526	2.299,557
feb-20	2.299,494	2.299,525
mar-20	2.299,460	2.299,493
abr-20	2.299,416	2.299,458
may-20	**2.299,370**	2.299,416
jun-20	**2.299,331**	**2.299,369**

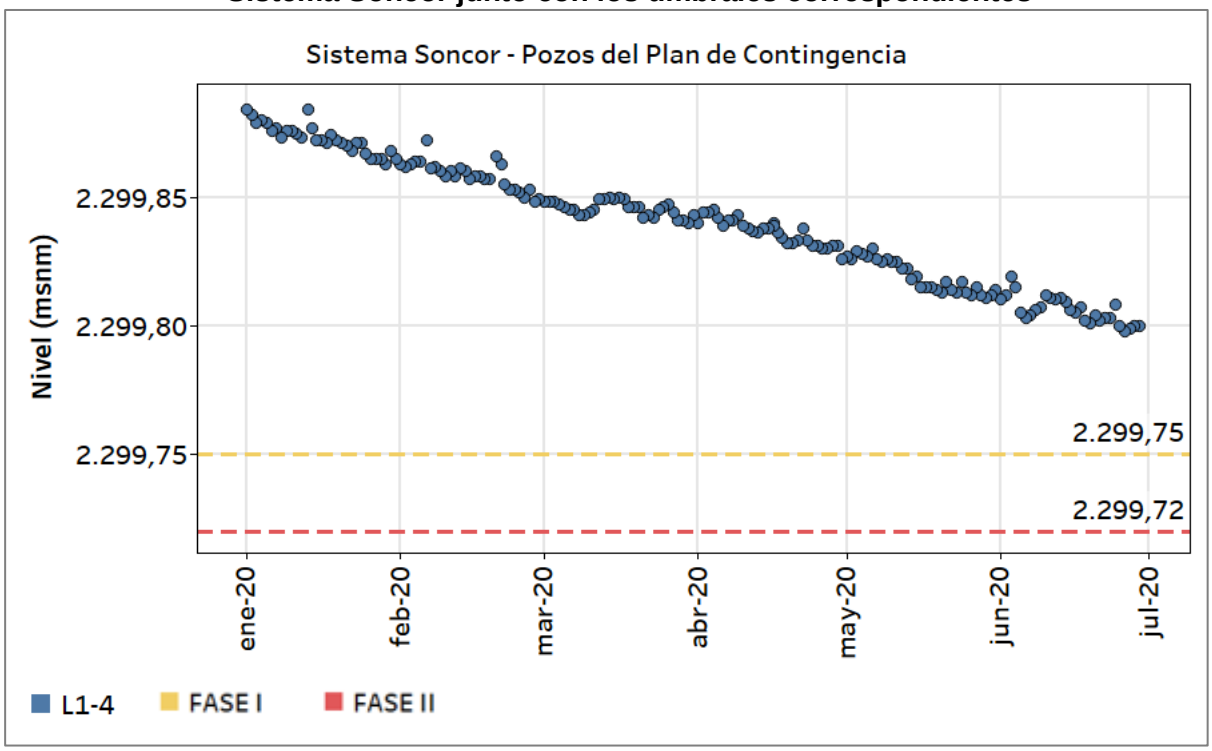
L7-4		
Umbral Fase I:	2.299,40	
Umbral Fase II:	2.299,29	
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	S/I	S/I
feb-20	S/I	S/I
mar-20	S/I	S/I
abr-20	S/I	S/I
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

L1-G4 Reglilla		
Umbral Fase I:	2.299,46	
Umbral Fase II:	2.299,30	
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2299,488	2299,508
feb-20	2299,463	2299,486
mar-20	**2299,437**	2299,462
abr-20	**2299,408**	**2299,436**
may-20	**2299,376**	**2299,407**
jun-20	**2299,337**	**2299,375**

L1-4		
Umbral Fase I:	2.299,46	
Umbral Fase II:	2.299,30	
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
ene-20	2.299,863	2.299,884
feb-20	2.299,848	2.299,872
mar-20	2.299,840	2.299,850
abr-20	2.299,826	2.299,845
may-20	2.299,811	2.299,830
jun-20	2.299,796	2.299,819

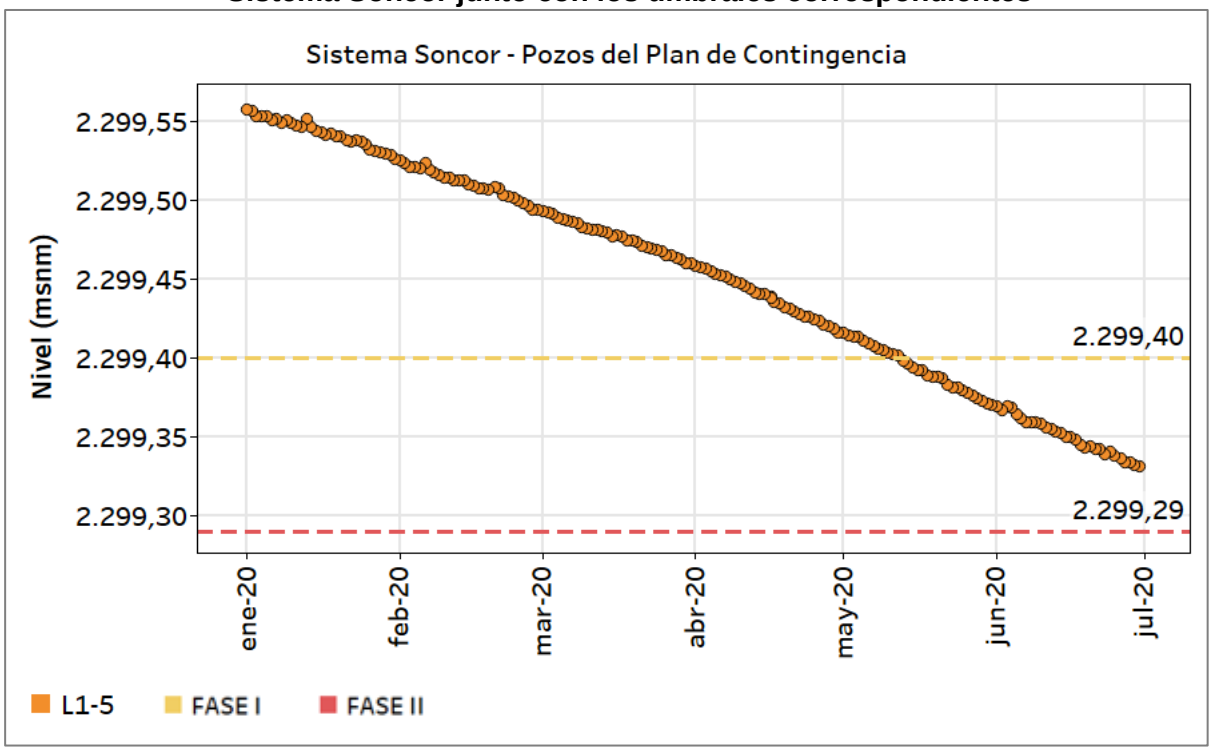
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. Sistema referencia WGS-84. El sombreado amarillo indica valores inferiores a la Fase I del PC.

Figura 5-55: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



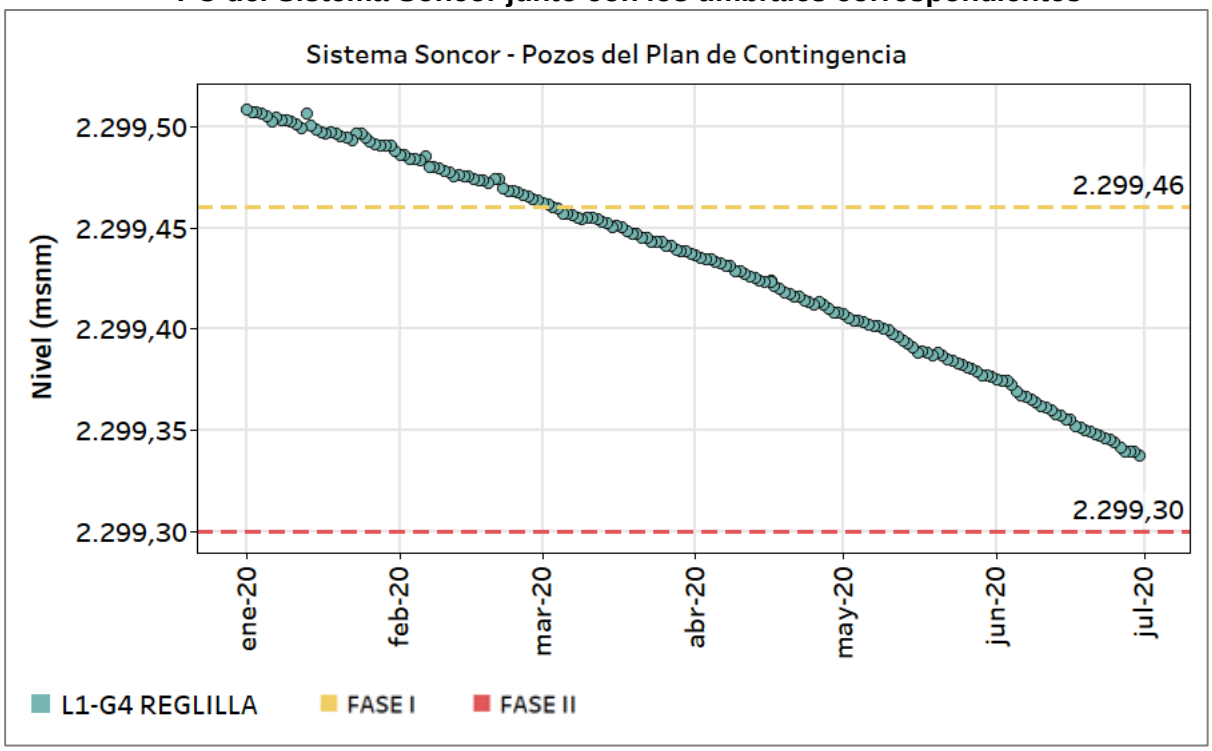
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-56: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 5-57: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Aguas de Quelana son los piezómetros L3-5, L3-9 y L4-8, L4-12, L5-8 y L5-10. Se realizaron las mediciones manuales con frecuencia diaria en los puntos en los que no se tuvo restricción de acceso, según lo comprometido en el PdC. No obstante, SQM solicitó a la ETFA que realizara mediciones adicionales con el objetivo de contrastar los resultados y asegurar así un mejor seguimiento de los indicadores de estado. Adicionalmente al monitoreo manual, en todos puntos indicadores de este sistema, SQM dispone de un transductor de presión para medición continua en cada uno.

Los niveles resultantes se han mostrado en el anterior apartado 5.1; en este apartado se muestran los descensos resultantes y en comparación con los umbrales del PC. De esta forma se presentan de forma numérica en la Tabla 5-65 de forma gráfica en la Figura 5-67. En las tablas se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones

manuales, y gráficamente se presentan todos los resultados de los descensos diarios, junto con los valores del monitoreo continuo.

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).

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales mencionados, con valores por sobre los niveles registrados al inicio del período de monitoreo. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-65: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes

L3-5		
Umbral Fase I: 0,1		
Umbral Fase II: 0,13		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,163	-0,134
feb-20	-0,135	-0,112
mar-20	-0,183	-0,109
abr-20	-0,180	-0,165
may-20	-0,210	-0,181
jun-20	-0,228	-0,204

L3-9		
Umbral Fase I: 0,1		
Umbral Fase II: 0,13		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,078	-0,078
feb-20	-0,066	-0,066
mar-20	S/I	S/I
abr-20	-0,059	-0,055
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

L4-8		
Umbral Fase I: 0,1		
Umbral Fase II: 0,13		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,019	0,019
feb-20	0,016	0,018
mar-20	S/I	S/I
abr-20	0,009	0,011
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

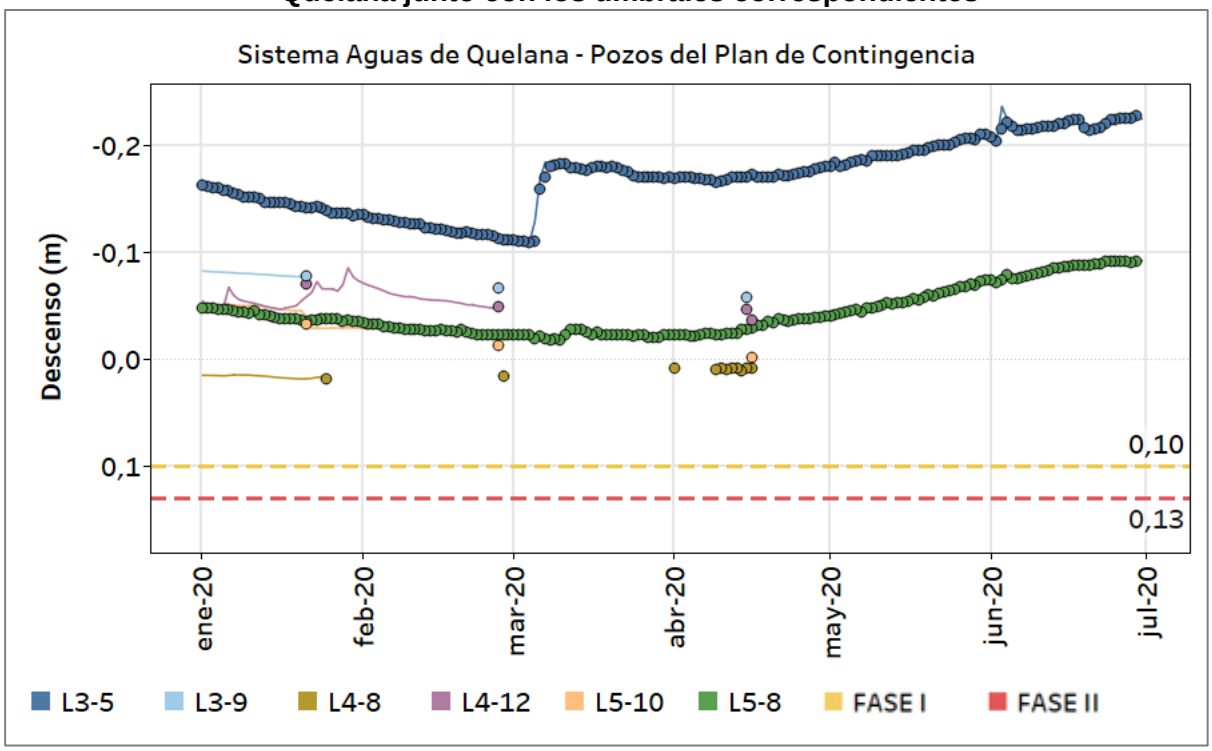
L4-12		
Umbral Fase I: 0,1		
Umbral Fase II: 0,13		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,070	-0,069
feb-20	-0,049	-0,048
mar-20	S/I	S/I
abr-20	-0,048	-0,036
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

L5-8		
Umbral Fase I: 0,1		
Umbral Fase II: 0,13		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,047	-0,035
feb-20	-0,034	-0,022
mar-20	-0,028	-0,018
abr-20	-0,040	-0,021
may-20	-0,074	-0,040
jun-20	-0,092	-0,071

L5-10		
Umbral Fase I: 0,1		
Umbral Fase II: 0,13		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,033	-0,032
feb-20	-0,013	-0,013
mar-20	S/I	S/I
abr-20	-0,002	-0,001
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

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

Figura 5-58: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

5.2.3. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN HIDROMORFA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Vegetación Hidromorfa son los piezómetros L7-3, L2-4, L3-5, L4-10, L1-17 y L2-27. La frecuencia de medición comprometida en estos 6 indicadores es diaria, de acuerdo conel 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 5-66) y gráfica (Figura 5-59). En la tabla, se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales, y gráficamente se presentan todos los descensos diarios, junto con los resultados del monitoreo continuo y los umbrales de cada indicador.

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)

Como puede verse para el primer semestre de 2020 se activaron y desactivaron varias veces las fases del PC; el indicador L1-17 activó la Fase I el día 4 de marzo (2020)[55], desactivó la Fase I el día 11 de marzo y se informó a la SMA el día siguiente (12 de marzo)[56]. Al cabo de tres días (15 de marzo) activó de nuevo Fase I[57]. Finalmente, el día 7 de mayo (de 2020) se informó de que el indicador había desactivado la Fase I[58]. Todas las cartas emitidas se encuentran debidamente ordenadas en el Anexo 5.3. En ningún caso ha sido necesario efectuar medidas adicionales, ya que todos los indicadores ya son medidos de forma diaria según lo propuesto en el PdC, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Por otro lado, se informó que el indicador L2-27 había entrado en Fase I el día 1 de abril (de 2020)[59] pero, tal y como puede verse en la Figura 5-59, con toda seguridad, el indicador habría activado días antes dicha fase. Pero el pozo llevaba sin poder ser visitado desde el 28 de febrero por restricciones de ingreso a RNF. La visita del 1 de abril fue el resultado de una solicitud expresa para medir este punto dado que, de la observación de los niveles vecinos, se tenía la sospecha de que el pozo podía encontrarse con alguna fase del PC activada. A partir de esta fecha, se retomaron las visitas diarias al punto para el adecuado seguimiento de los niveles con respecto los umbrales. Finalmente, el día 8 de abril (2020) activó la Fase II[60], se mantuvo así hasta el día 7 de mayo (2020), que salió de Fase II[61] y el día 17 de mayo (de 2020) se informó el indicador ya

[55] La activación de la Fase I del L1-17 el 4/03/2020 fue informado mediante la carta GMPL 034/2020

[56] Esta comunicación por parte de SQM está recogida en la carta GMPL 041/2020

[57] La activación de la Fase I del L1-17 el 15/03/2020 fue informado mediante la carta 043/2020

[58] La desactivación de la Fase I del L1-17 el 7/05/2020 fue informado mediante la carta 088/2020

[59] La activación de la Fase I del L2-27 el 1/04/2020 fue informado mediante la carta 070/2020

[60] La activación de la Fase II del L2-27 el 8/04/2020 fue informado mediante la carta GMPL 078/2020

[61] La desactivación de la Fase II del L2-27 el 7/05/2020 fue informado mediante la carta GMPL 086/2020

se encontraba fuera de la Fase I[62]. Todas las cartas emitidas se encuentran debidamente ordenadas en el Anexo 5.3.

No ha sido necesario efectuar medidas adicionales producto de las activaciones de Fase I, ya que todos los indicadores ya son medidos de forma diaria de acuerdo con la Acción 6 del PdC. Respecto la activación de la Fase II del indicador L2-27; la RCA 226/2006 no tiene una indicación específica en el considerando 11.4.3, a pesar de ello, SQM consideró aplicable una reducción del 50% del caudal de bombeo de los pozos Allana y Camar-2[63], dada su ubicación entre los perfiles L2 y L3 del Sistema Aguas de Quelana. Por otro lado, el informe de investigación correspondiente fue entregado a la autoridad pertinente el día 8 de mayo de 2020 mediante la carta conductora GMPL 085/2020. La carta se encuentra en el Anexo 5.3 y el informe de investigación en el Anexo 6.2).

En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC y del análisis que se extrae del informe de investigación resultante de la activación de la Fase II del L2-27.

[62] La desactivación de la Fase I del L2-27 el 17/05/2020 fue informado mediante la carta GMPL 090/2020

[63] Sin perjuicio de que el pozo Camar-2 se encuentra detenido desde enero de 2018, conforme a lo informado en el marco del proceso F-041-2016, de la SMA.

Tabla 5-66: 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)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,202	0,232
feb-20	0,232	0,276
mar-20	0,268	0,289
abr-20	0,269	0,291
may-20	0,221	0,268
jun-20	0,172	0,217

L2-4		
Umbral Fase I: 0,33		
Umbral Fase II: 0,38		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,074	0,091
feb-20	0,093	0,112
mar-20	0,099	0,115
abr-20	0,092	0,113
may-20	0,054	0,091
jun-20	0,029	0,054

L3-5		
Umbral Fase I: 0,33		
Umbral Fase II: 0,38		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,163	-0,134
feb-20	-0,135	-0,112
mar-20	-0,183	-0,109
abr-20	-0,180	-0,165
may-20	-0,210	-0,181
jun-20	-0,228	-0,204

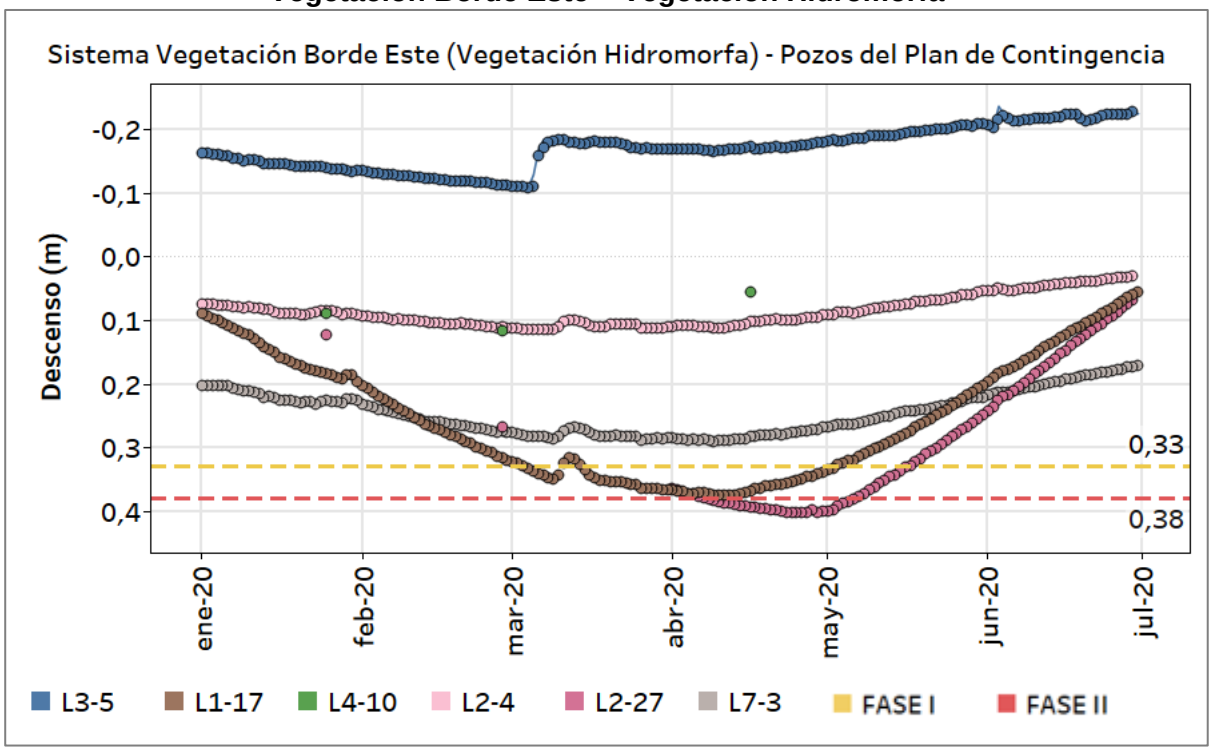
L4-10		
Umbral Fase I: 0,33		
Umbral Fase II: 0,38		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,090	0,090
feb-20	0,117	0,117
mar-20	S/I	S/I
abr-20	0,056	0,057
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

L1-17		
Umbral Fase I: 0,33		
Umbral Fase II: 0,38		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,09	0,196
feb-20	0,202	0,320
mar-20	0,317	**0,367**
abr-20	**0,339**	**0,376**
may-20	0,202	**0,336**
jun-20	0,056	0,196

L2-27		
Umbral Fase I: 0,33		
Umbral Fase II: 0,38		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,122	0,123
feb-20	0,268	0,268
mar-20	S/I	S/I
abr-20	**0,365**	**0,403**
may-20	0,249	**0,400**
jun-20	0,064	0,242

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. 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 5-59: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX

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

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-67) y gráfica (Figura 5-60). En la tabla se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales, indicando (en negrita y sombreado amarillo) aquellos que superan el umbral de activación de fase I. En la figura se presentan todos los descensos diarios junto con los resultados del monitoreo continuo y los umbrales de cada indicador.

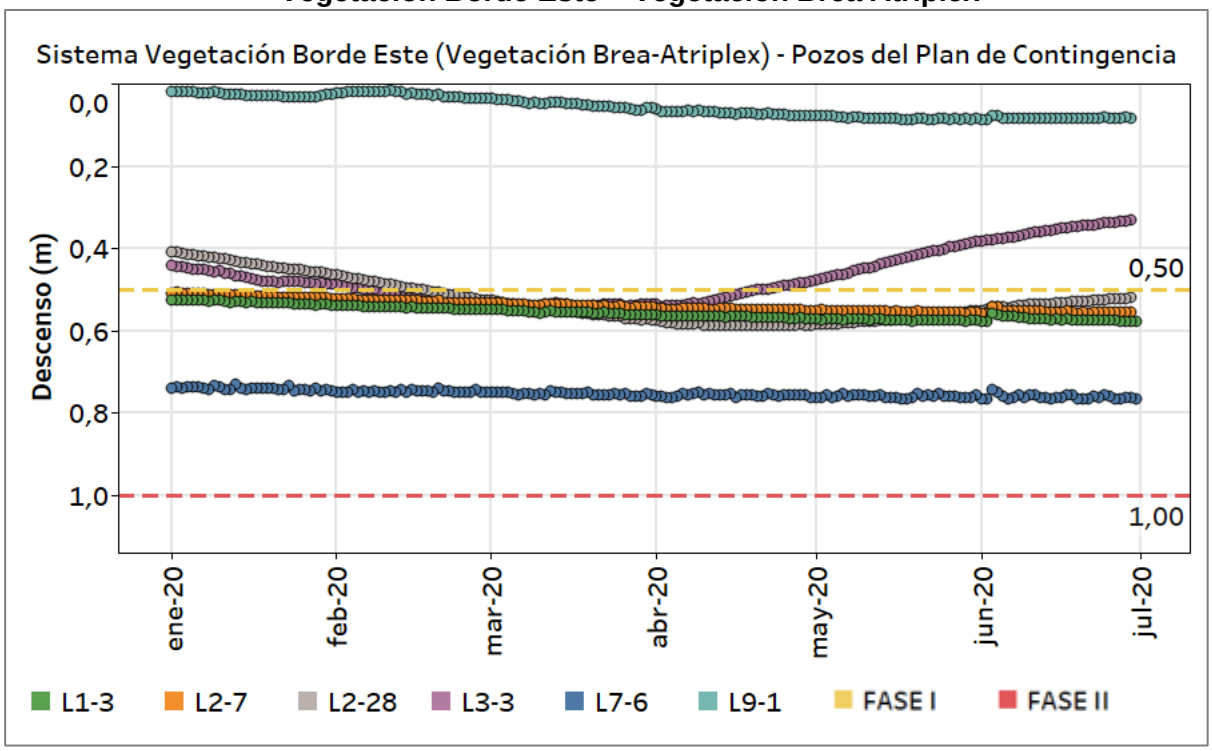
Tabla 5-67: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este- Vegetación Brea-Atriplex

L7-6			L2-7			L3-3			L9-1		
Umbral Fase I: 0,5			Umbral Fase I: 0,5			Umbral Fase I: 0,5			Umbral Fase I: 0,5		
Umbral Fase II: 1,00			Umbral Fase II: 1			Umbral Fase II: 1			Umbral Fase II: 1		
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
ene-20	0,730	0,749	ene-20	0,508	0,522	ene-20	0,442	0,488	ene-20	0,018	0,034
feb-20	0,740	0,752	feb-20	0,523	0,534	feb-20	0,489	0,534	feb-20	0,017	0,036
mar-20	0,749	0,760	mar-20	0,534	0,545	mar-20	0,534	0,542	mar-20	0,037	0,064
abr-20	0,751	0,764	abr-20	0,545	0,552	abr-20	0,480	0,542	abr-20	0,061	0,079
may-20	0,753	0,767	may-20	0,551	0,558	may-20	0,384	0,477	may-20	0,079	0,088
jun-20	0,744	0,768	jun-20	0,543	0,559	jun-20	0,333	0,382	jun-20	0,078	0,087

L1-3			L2-28			L4-7		
Umbral Fase I: 0,5			Umbral Fase I: 0,5			Umbral Fase I: 0,5		
Umbral Fase II: 1,00			Umbral Fase II: 1,00			Umbral Fase II: 1,00		
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
ene-20	0,525	0,541	ene-20	0,411	0,464	ene-20	0,040	0,045
feb-20	0,540	0,551	feb-20	0,466	0,526	feb-20	0,044	0,047
mar-20	0,550	0,564	mar-20	0,528	0,575	mar-20	0,044	0,048
abr-20	0,564	0,573	abr-20	0,577	0,589	abr-20	0,041	0,046
may-20	0,572	0,579	may-20	0,552	0,586	may-20	0,031	0,043
jun-20	0,560	0,579	jun-20	0,521	0,552	jun-20	0,028	0,035

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

Figura 5-60: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex



Fuente: Elaboración propia.

5.2.5. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: ALERTA TEMPRANA

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Brea-Atriplex 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 solo 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 5-68) y gráfica (Figura 5-61, Figura 5-62, Figura 5-63 y Figura 5-64), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales y gráficamente se presentan todos los descensos diarios junto con los umbrales de cada indicador.

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes a ambas fases. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-68: 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)	
	mínimo	máximo
ene-20	-2,427	-2,351
feb-20	-2,411	-2,389
mar-20	-2,424	-2,378
abr-20	-2,439	-2,412
may-20	-2,452	-2,406
jun-20	-2,438	-2,404

L2-25		
Umbral Fase II: 0,88		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,048	-0,041
feb-20	-0,041	-0,032
mar-20	-0,033	-0,029
abr-20	-0,032	-0,026
may-20	-0,039	-0,030
jun-20	-0,052	-0,038

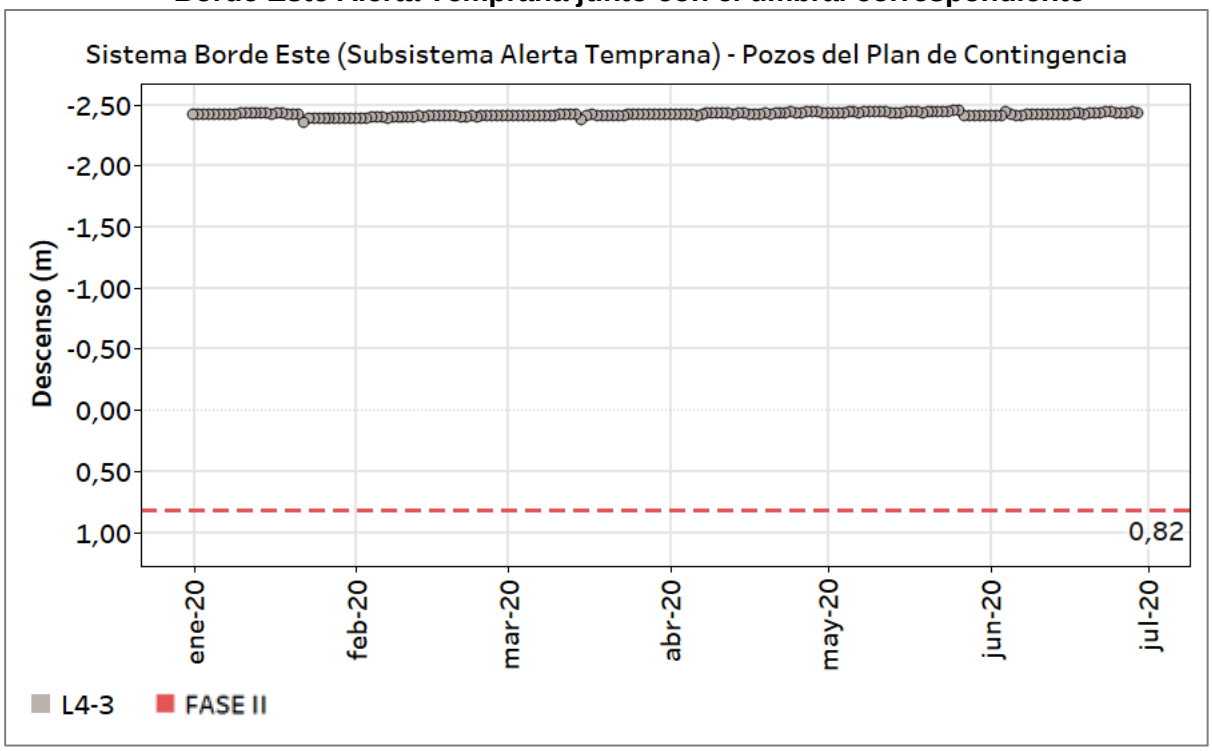
L7-13		
Umbral Fase II: 1,25		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,526	0,538
feb-20	0,539	0,546
mar-20	0,546	0,557
abr-20	0,556	0,562
may-20	0,562	0,569
jun-20	0,553	0,572

L3-11		
Umbral Fase II: 0,86		
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	-0,077	-0,077
feb-20	-0,069	-0,069
mar-20	S/I	S/I
abr-20	-0,062	-0,062
may-20	S/I	S/I
jun-20	S/I	S/I

L9-1		
Umbral Fase II:	0,86	
Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo
ene-20	0,018	0,034
feb-20	0,017	0,036
mar-20	0,037	0,064
abr-20	0,061	0,079
may-20	0,079	0,088
jun-20	0,078	0,087

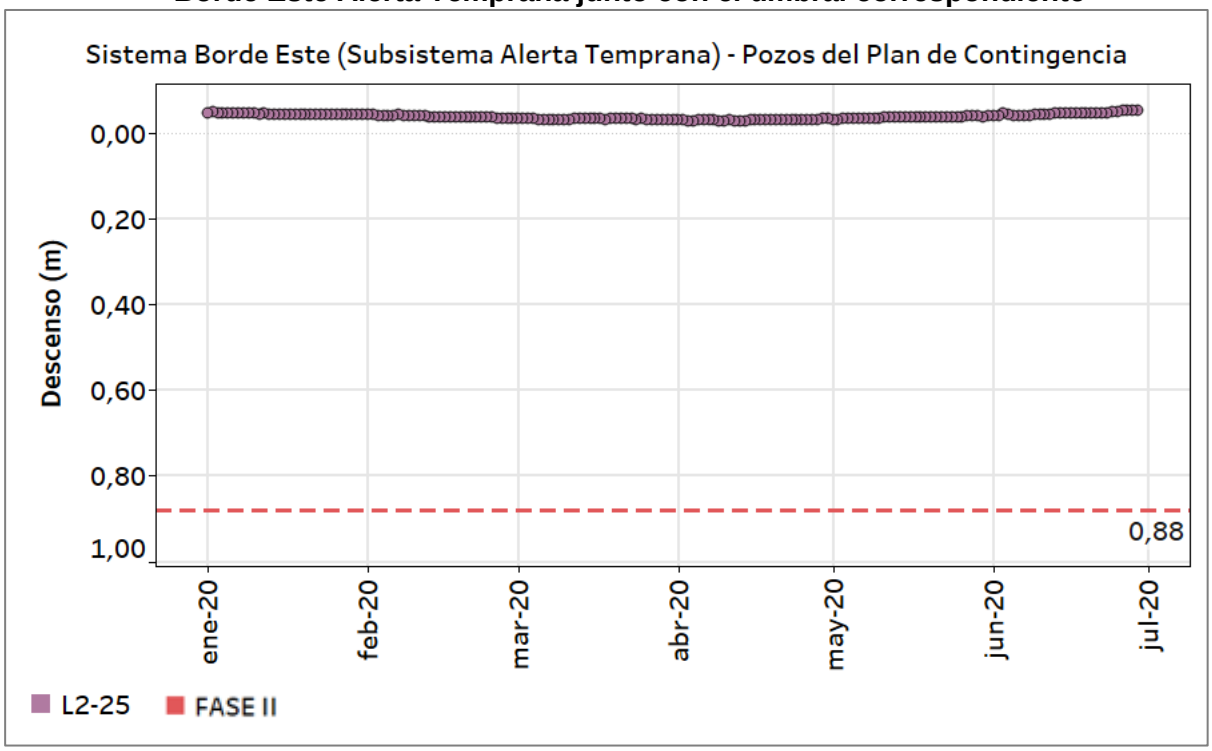
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información.

Figura 5-61: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



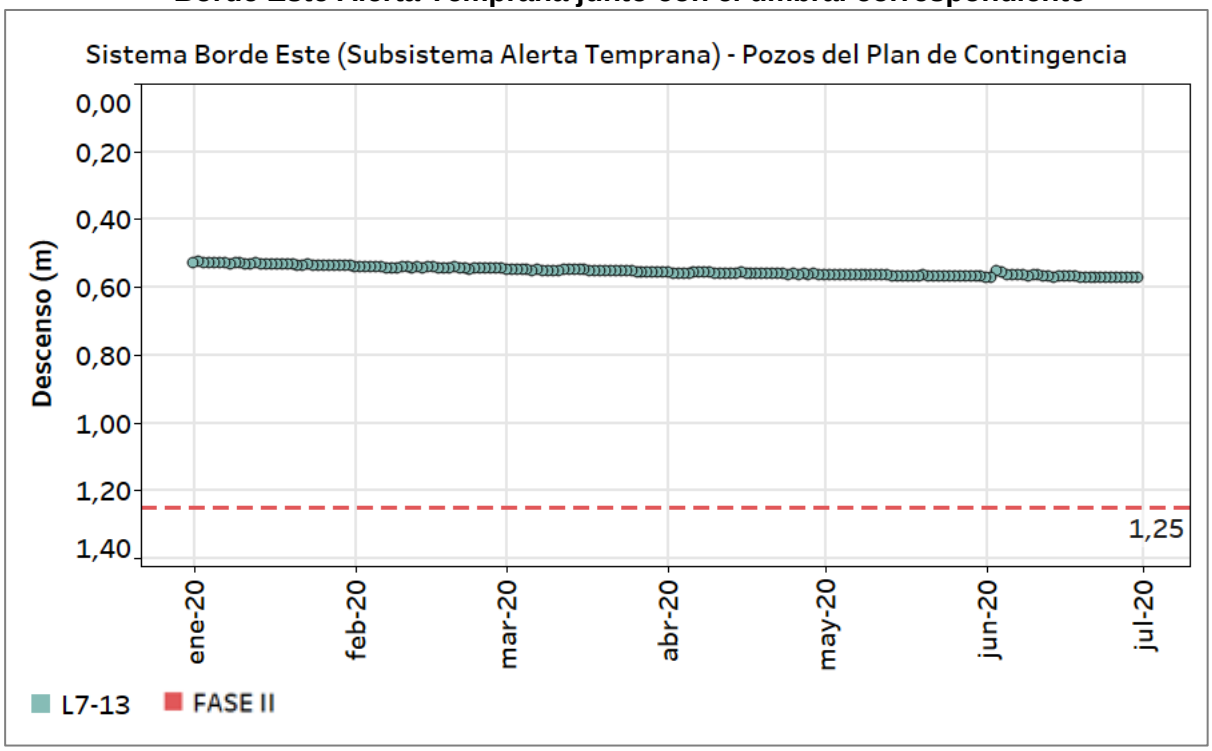
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-62: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



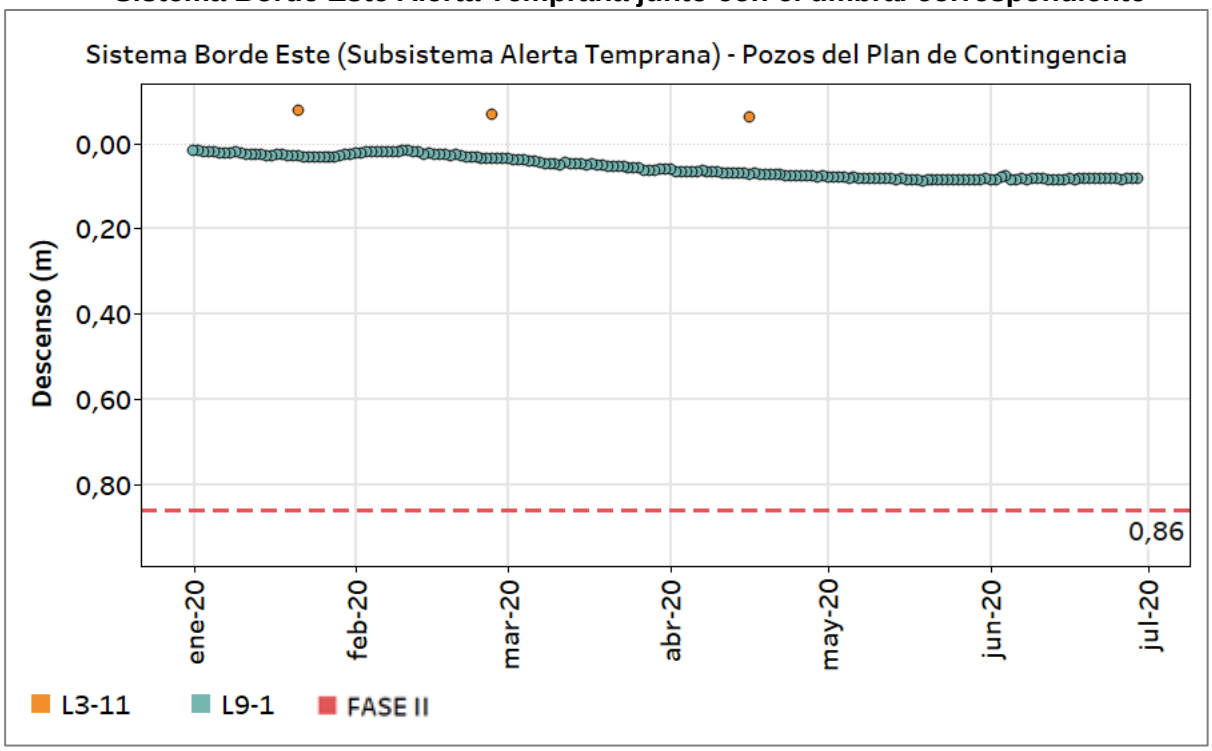
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-63: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-64: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6. SISTEMA PEINE

Los indicadores de estado que representan el Sistema de Peine están definidos en el marco del procedimiento administrativo Rol F-041-2016 de la SMA; como ya se ha descrito en el capítulo 4, se contemplan los indicadores de estado y umbrales de activación de fase I y/o II definidos en las 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)[64]. 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. Para el caso de los piezómetros PN-05B y PN-08A, si bien SQM no tiene comprometidas mediciones en estos puntos, ya que son propiedad de Albemarle, en el PdC se establece que la adopción de medidas de control se condiciona al aviso por parte de la SMA a SQM de la activación de Fase II. Para el periodo reportado, no se ha producido dicha comunicación, por lo que se entiende que no ha habido activación de la Fase II en estos indicadores.

De acuerdo con lo comprometido en el PdC propuesto a la SMA, las mediciones en estos puntos deben realizarse de forma diaria, aunque como ya se ha descrito en el anterior apartado (5.1) no siempre ha podido mantenerse esta frecuencia por la prohibición de acceso a las áreas donde se encuentran los puntos por parte de la Comunidad de Peine. Los resultados del monitoreo de nivel en los indicadores de estado se presentan de forma numérica (Tabla 5-69) y gráfica (Figura 5-65, Figura 5-66 y Figura 5-67). Numéricamente se indican los registros manuales mensuales máximos y mínimos, y gráficamente se presentan las mediciones manuales diarias. Todos los niveles de agua se expresan en m s.n.m. y datum WGS-84 considerando elipsoide de referencia GRS80.

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes a ambas fases. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

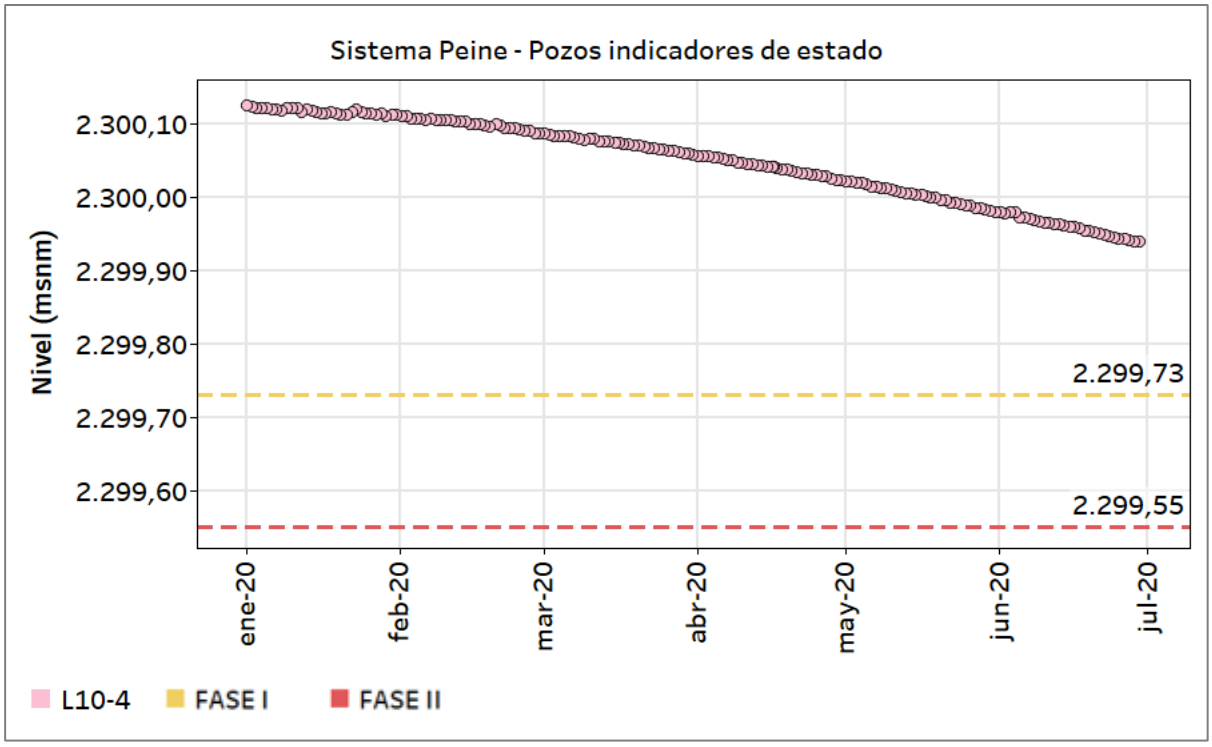
[64] Adicionalmente, a la fecha de presentación de este informe, la Superintendencia del Medio Ambiente ha ordenado medidas provisionales a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. N°2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

Tabla 5-69: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine

L10-4			1028			L10-11		
Umbral Fase I (m s.n.m.)			Umbrales Fase I (m s.n.m.)			Umbral Fase I (m s.n.m.)		
28 sept 2019 – 26 sept 2020:	2.299,73		28 sept 2019 – 26 sept 2020:	2.299,40		28 sept 2019 – 26 sept 2020:	2.299,35	
Umbrales Fase II (m s.n.m.)			Umbrales Fase II (m s.n.m.)			Umbrales Fase II (m s.n.m.)		
28 sept 2019 – 26 sept 2020:	2.299,55		28 sept 2019 – 26 sept 2020:	2.299,22		28 sept 2019 – 26 sept 2020:	2.299,14	
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
ene-20	2300,109	2300,124	ene-20	2299,73	2299,752	ene-20	2299,644	2299,673
feb-20	2300,086	2300,11	feb-20	2299,684	2299,741	feb-20	2299,601	2299,66
mar-20	2300,057	2300,086	mar-20	2299,645	2299,685	mar-20	2299,562	2299,6
abr-20	2300,023	2300,056	abr-20	2299,601	2299,651	abr-20	2299,516	2299,565
may-20	2299,979	2300,021	may-20	2299,557	2299,603	may-20	2299,467	2299,516
jun-20	2299,935	2299,978	jun-20	2299,519	2299,557	jun-20	2299,427	2299,467

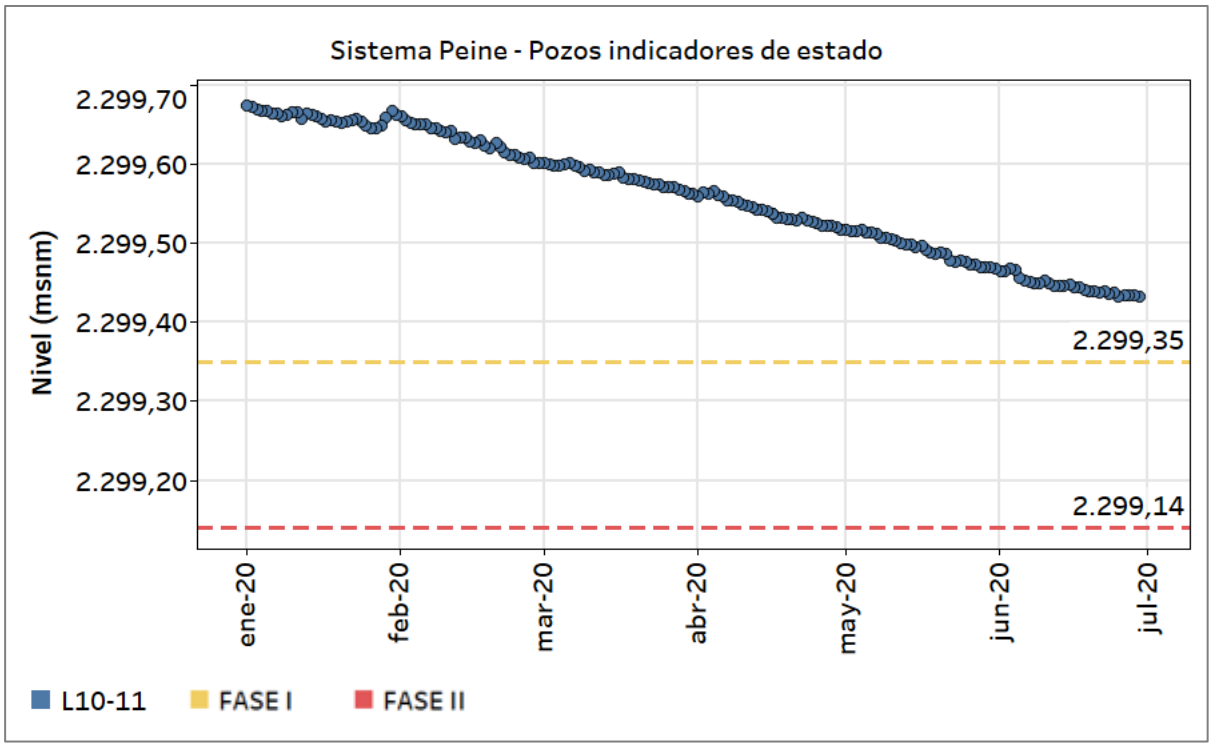
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-65: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine



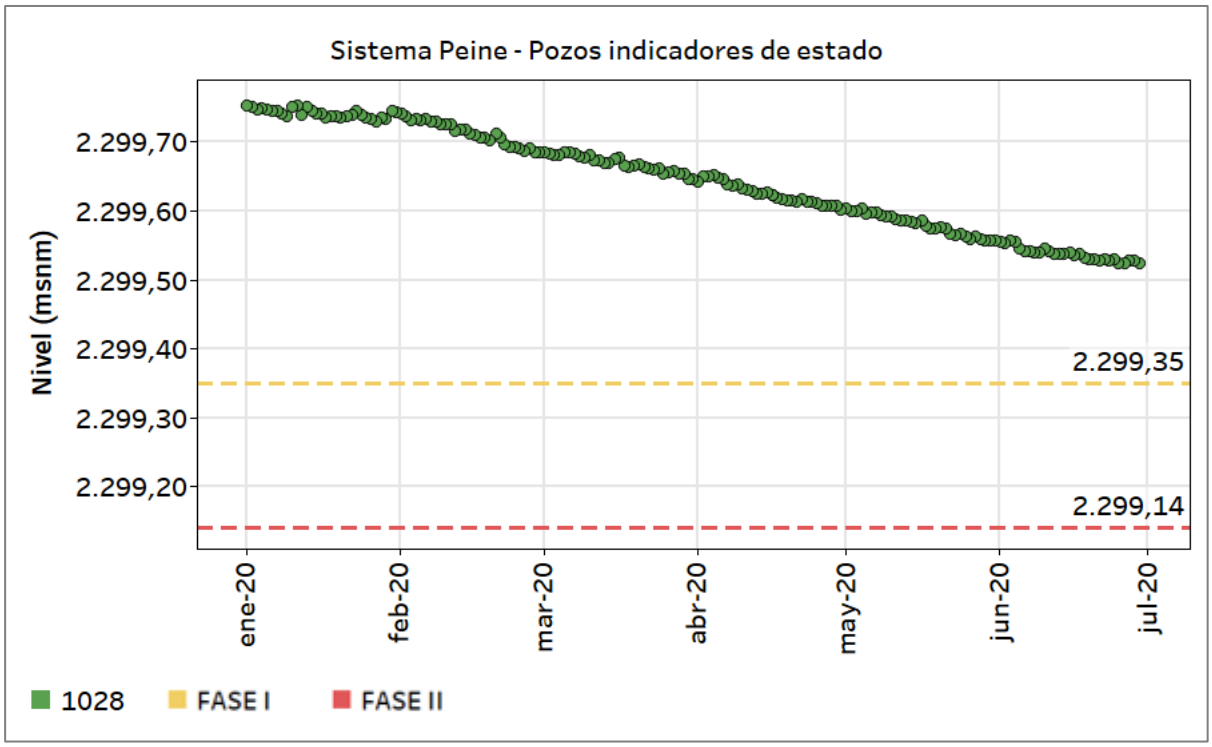
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-66: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-67: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.2.7. POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIAS

Dentro del Plan de Contingencias del proyecto, SQM contempla 6 indicadores de estado adicionales que complementan la red que conforma el PC del Sistema Vegetación Borde Este. De esta manera, el titular 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 5-70[65].

[65] En esta tabla se indican los subsistemas a los que pertenecen los indicadores adicionales a modo de recuerdo, ya que esta información se ha presentado con más detalle en el capítulo 4.

Tabla 5-70: 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 solo poseen umbrales de activación de Fase II, límites fijados con el objeto de asegurar que no se generen descensos superiores a 1 m en la zona de conexión vegetación-acuífero, estableciéndose umbrales de 0,78 m para el pozo L2-26 y 0,85 m para el pozo L3-15.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-71) y gráfica (Figura 5-68, Figura 5-69 y Figura 5-70), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales diarias y gráficamente se muestran todos los descensos diarios junto con los umbrales de cada indicador.

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-71: Descenso observado (m) en pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este

L2-25		
Umbral Fase I: 0,5		
Umbral Fase II: 1,00		
Mes	Descenso (m)	
	mín	máx
ene-20	-0,048	-0,041
feb-20	-0,041	-0,032
mar-20	-0,033	-0,029
abr-20	-0,032	-0,026
may-20	-0,039	-0,030
jun-20	-0,052	-0,038

L4-17		
Umbral Fase I: 0,5		
Umbral Fase II: 1		
Mes	Descenso (m)	
	mín	máx
ene-20	0,169	0,188
feb-20	0,189	0,200
mar-20	0,196	0,203
abr-20	0,188	0,198
may-20	0,170	0,19
jun-20	0,146	0,17

L7-14		
Umbral Fase I: 0,5		
Umbral Fase II: 1		
Mes	Descenso (m)	
	mín	máx
ene-20	0,067	0,092
feb-20	0,093	0,124
mar-20	0,124	0,144
abr-20	0,142	0,151
may-20	0,136	0,149
jun-20	0,110	0,136

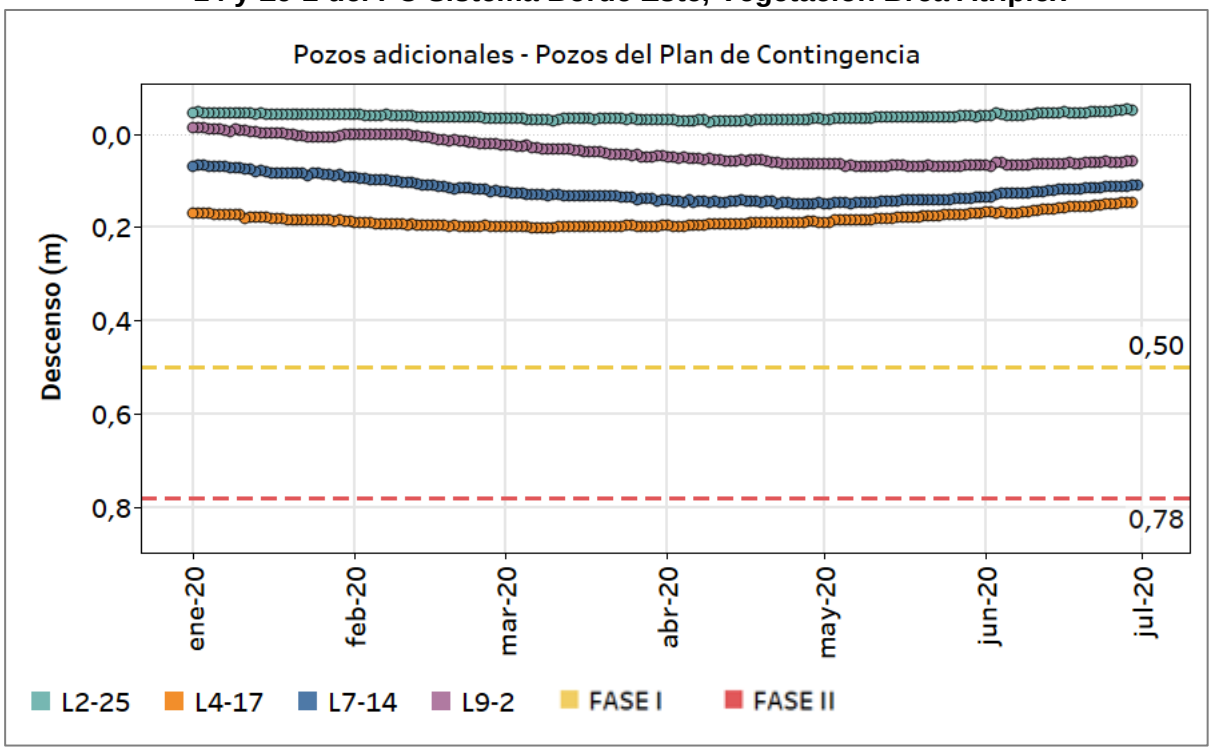
L9-2		
Umbral Fase I: 0,5		
Umbral Fase II: 1		
Mes	Descenso (m)	
	mín	máx
ene-20	-0,014	0,008
feb-20	0,000	0,023
mar-20	0,024	0,05
abr-20	0,049	0,065
may-20	0,064	0,071
jun-20	0,059	0,069

L2-26		
Umbral Fase II: 0,78		
Mes	Descenso (m)	
	mín	máx
ene-20	0,472	0,49
feb-20	0,491	0,505
mar-20	0,504	0,517
abr-20	0,516	0,525
may-20	0,524	0,531
jun-20	0,513	0,533

L3-15		
Umbral Fase II: 0,85		
Mes	Descenso (m)	
	mín	máx
ene-20	0,701	0,721
feb-20	0,722	0,738
mar-20	0,738	0,751
abr-20	0,743	0,755
may-20	0,734	0,75
jun-20	0,715	0,737

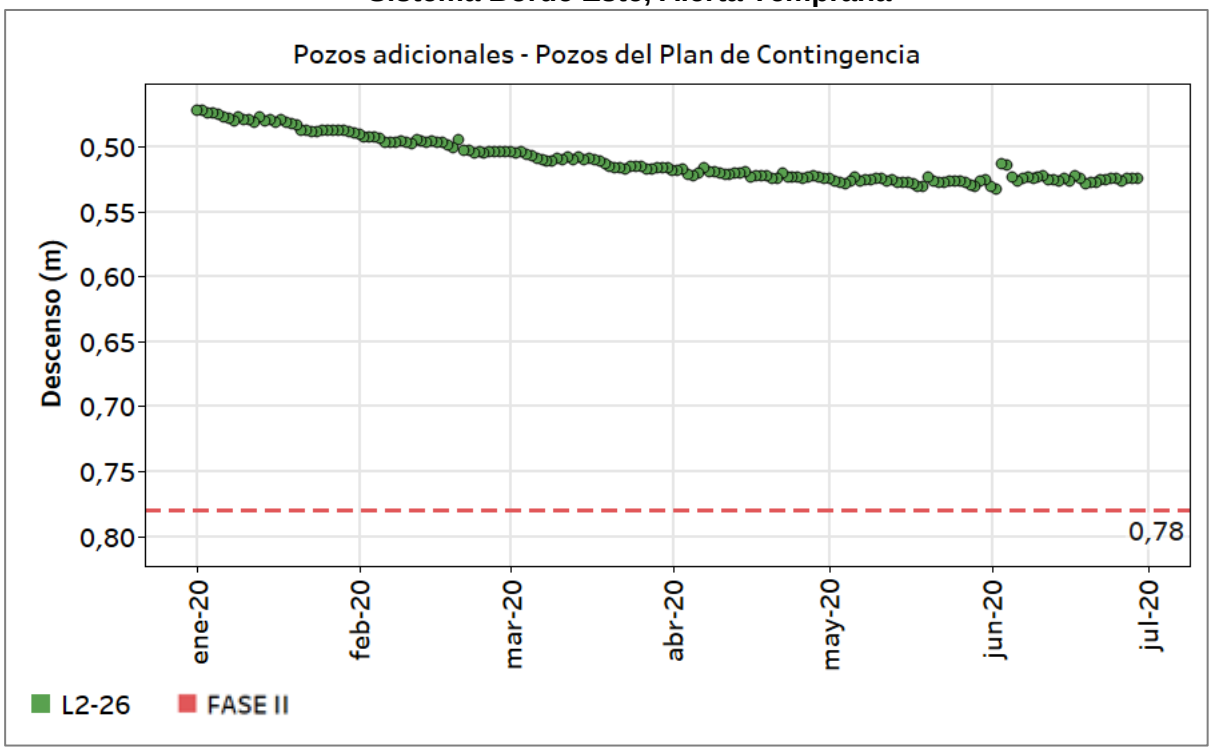
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-68: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex



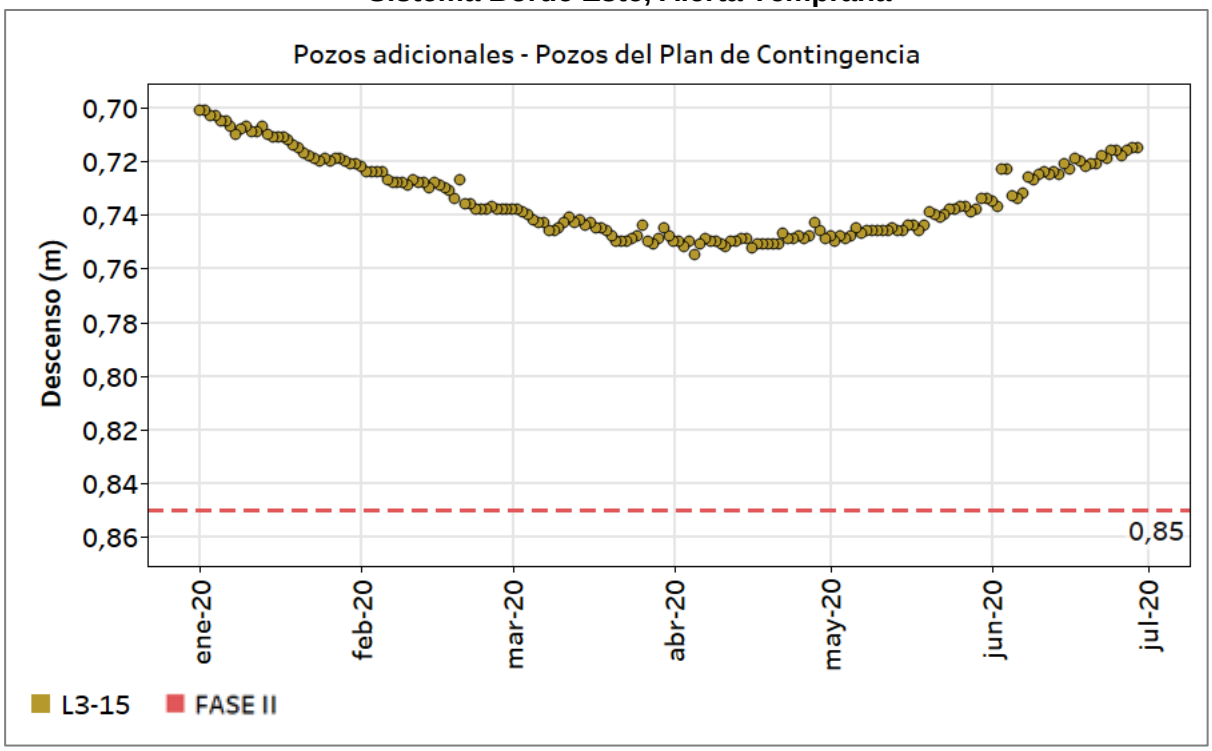
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-69: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-70: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se analizan y discuten las mediciones del PSAH, incluyendo tanto los registros obtenidos en el último semestre, como las tendencias históricas y regionales para cada uno de los sistemas ambientales. En particular, se incluye el análisis de niveles de aguas subterráneas y superficiales, superficie lacustre, 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 del borde este y sur de la cuenca del Salar y los posibles cambios que se estén efectuando. En un segundo apartado se profundiza en 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 al marco hidrogeológico descrito en el anterior apartado, que permite analizar la tendencia de los indicadores en relación a los umbrales establecidos.

Previamente, se presenta un análisis basado en los resultados históricos de calidad y que permite establecer una clasificación de aguas en base a los parámetros conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT) y densidad.

6.1. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS HISTÓRICOS

6.1.1. CLASIFICACIÓN AGUA DULCE, SALOBRE Y SALMUERA

En el presente apartado se van a definir los valores a partir de los que se clasificarán los distintos puntos en agua dulce, agua salobre o salmuera. Esta clasificación se va a realizar desde la clasificación de (Fetter, 2001) modificado, empleado en el informe PSAH 19, la cual puede verse en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1 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

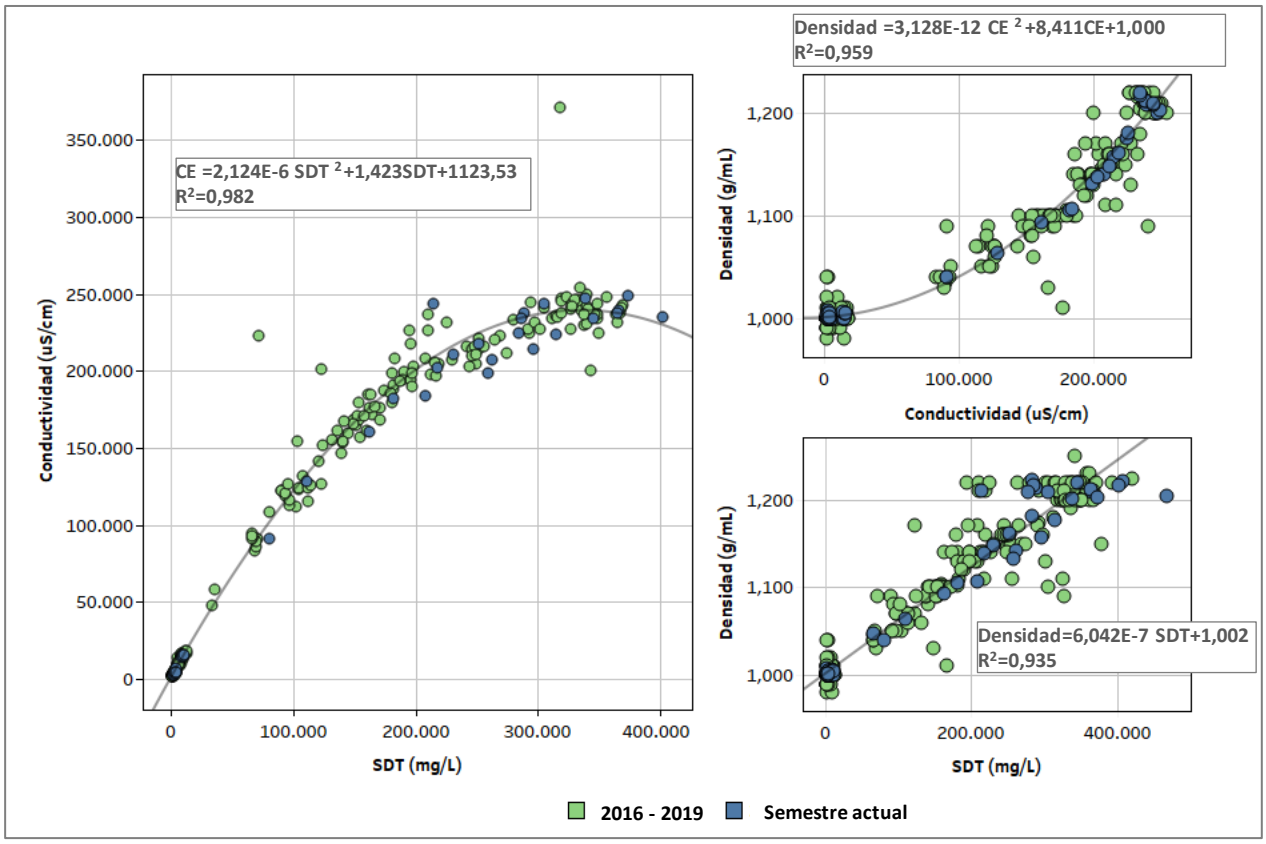
Fuente: Informe n° 19 PSAH. (SQM, 2016)

En la Figura 6-1 se presentan las correlaciones entre SDT- CE y SDT – densidad que 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 6-1 se presenta también la correlación entre CE y densidad que resulta útil conocer para otros potenciales estudios.

Los datos empleados en la Figura 6-1 son los posteriores 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 azul mientras que los del semestre reportado en este informe se presentan en color verde.

Para la elaboración de estas correlaciones se han empleado los resultados validados según el criterio de concentración histórica (4.4.8) y que no presentan una diferencia entre los datos de CE de laboratorio y de terreno mayor de un 20% ni una diferencia entre densidad de laboratorio y densidad de terreno mayor de un 1%.

Figura 6-1: Correlaciones CE-SDT, Densidad – CE y Densidad -SDT para las muestras colectadas desde 2016.



Fuente: Elaboración propia.

Considerando estas correlaciones y la definición para agua dulce, zona de transición y salmuera mostrada en la Tabla 6-1, se obtienen los distintos rangos para SDT, CE y densidad, mostrados en la Tabla 6-2. 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 y densidad calculados.

Tabla 6-2 Clasificación de tipos de agua en base a TSD, CE y Densidad.

Tipo Agua	TSD (mg/L)	CE (mS/cm)	Densidad (g/mL)
Dulce	0 - 3.000	0 - 5 ± 0,5 mS/cm	1-1,004±0,5 mS/cm
Z. Transición	3.000-100.000	5 - 122 ± 12 mS/cm	1,004-1,063±12 mS/cm
Salmuera	>100.000	>122 ± 12 mS/cm	>1,063±12 mS/cm

Fuente: Elaboración propia

6.2. 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 esto, el segundo objetivo es el de poder analizar los nuevos datos medidos del presente semestre de reporte y valorar si se muestran desviaciones respecto 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 hidráulico por el que 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 la misma línea, para exponer este análisis global, se incluyen los niveles de los puntos que forman parte del Plan de Contingencia, ya que esta información permite 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 los fenómenos 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 ha usado en las ocasiones en que era necesario analizar el comportamiento conjunto de niveles en pozos que se encontraban a cotas piezométricas muy distantes. De esta forma, el gráfico resultante permite identificar las variaciones a una escala mucho más adecuada y cuando el objetivo era, 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 ($\boldsymbol{h'_t}$) 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 y para la misma fecha.

iv. **Diferencias de altura piezométrica**: A partir del concepto de las redes de flujo, donde los niveles situados a una misma cota (m s.n.m.) constituyen las líneas equipotenciales. 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 directa; permite diferenciar si el punto

se ve influenciado de forma directa por la lluvia (respuesta inmediata) o bien en forma de recarga indirecta (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 calidad química se enfoca principalmente en evaluar tendencias generales mediante la evolución temporal para los distintos parámetros con el objetivo de mejorar el conocimiento del modelo conceptual, evidenciar posibles cambios en el funcionamiento de los sistemas y, en lo posible, tratar de atribuir el origen de estos. 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.

Para aquellos puntos con información disponible, se realizan diagramas de Piper, que permite clasificar los distintos tipos de agua en la cuenca y 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.

6.2.1. SISTEMA SONCOR

Como se ha introducido al inicio, para el análisis de los datos se han incluido todos los puntos ubicados en el sistema Soncor, aunque formen parte de la clasificación administrativa del sistema Vegetación Borde Este. Se incluyen por tanto en este apartado también los siguientes puntos;

- **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.

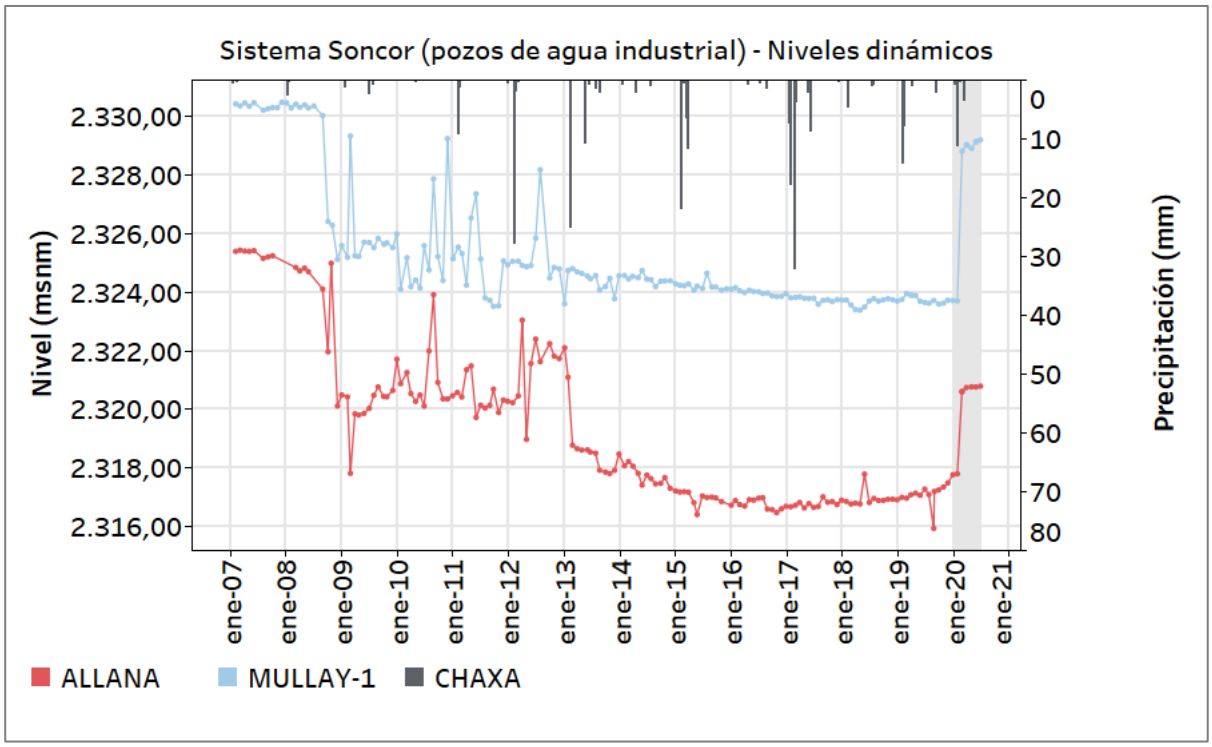
- **De la serie L7**: L7-3, L7-6, L7-13, L7-14, L7-15.

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 6-2 se muestran los niveles hasta el mes de junio 2020. El pozo Mullay-1 se ha mostrado con una pendiente de descenso estable, hasta este febrero de 2020 (presente periodo reportado), donde se observa un ascenso respecto el mes anterior de poco más de 5m, iniciando así un periodo recuperación en los siguientes meses. La cota alcanzada en junio (2020) es de 2.329,20 m.s.n.m., 1m por debajo de la cota inicial de enero de 2007. El motivo de este salto es, claramente, la detención de la extracción de agua industrial de este pozo en marzo (2020), así como también influencia la reducción a la mitad del caudal en pozo Allana, que se produce en febrero (2020).

El pozo Allana mostraba un descenso constante entre 2013 y mediados del 2016. A partir de entonces se empezó a medir una recuperación del nivel, cuya tasa de variación aumentó en 2018. Este comportamiento puede ser debido a la detención del pozo Camar-2, que se detuvo en enero de 2018 y se mantiene así hasta la fecha. En febrero 2018, el nivel muestra un ascenso brusco de 2,79 m con respecto el mes anterior y en los siguientes meses se mantiene con un muy leve ascenso. En junio de 2020, se mide el nivel en 2.320,80 m.s.n.m., 4,5 m bajo la cota medida en enero de 2007. Este salto es debido a la reducción de más de la mitad del caudal del pozo (de 39 L/s hasta los 18 L/s) que se produce el mismo febrero (2020) y, probablemente se vea influenciado también por la detención del pozo Mullay-1.

Figura 6-2: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Pozos en zona aluvial

El primer grupo de pozos que se analiza para el sistema Soncor son los que se encuentran sobre el acuífero aluvial. Se caracterizan todos por presentar una tendencia histórica al descenso, incluso antes del inicio de la operación de los pozos de extracción de agua industrial del sector (así, los pozos Mullay-1 y Allana en 2008). Este comportamiento se interpreta como una etapa de recuperación de una época anterior, donde se produjo un máximo de recarga desde la cordillera oriental, y que produce una leve tendencia al descenso sobre la cual se sobrepone el efecto inducido por la explotación de agua industrial de los pozos. Este grupo presenta una tasa de descenso de entre 5,5 a 10 cm/año, sin oscilación estacional.

En la Figura 6-3 se muestran los niveles medidos para estos puntos. Como puede observarse, entre este grupo existen fuertes diferencias de cota en los niveles que, por un lado, es una situación esperable para este sector, pero, por otro lado, no permite visualizar las variaciones del

nivel con detalle. Por este motivo se ha calculado el descenso para éstos y es el que se muestra en la Figura 6-4. El sombreado gris de la figura indica el primer semestre de 2020, que es el actual periodo reportado.

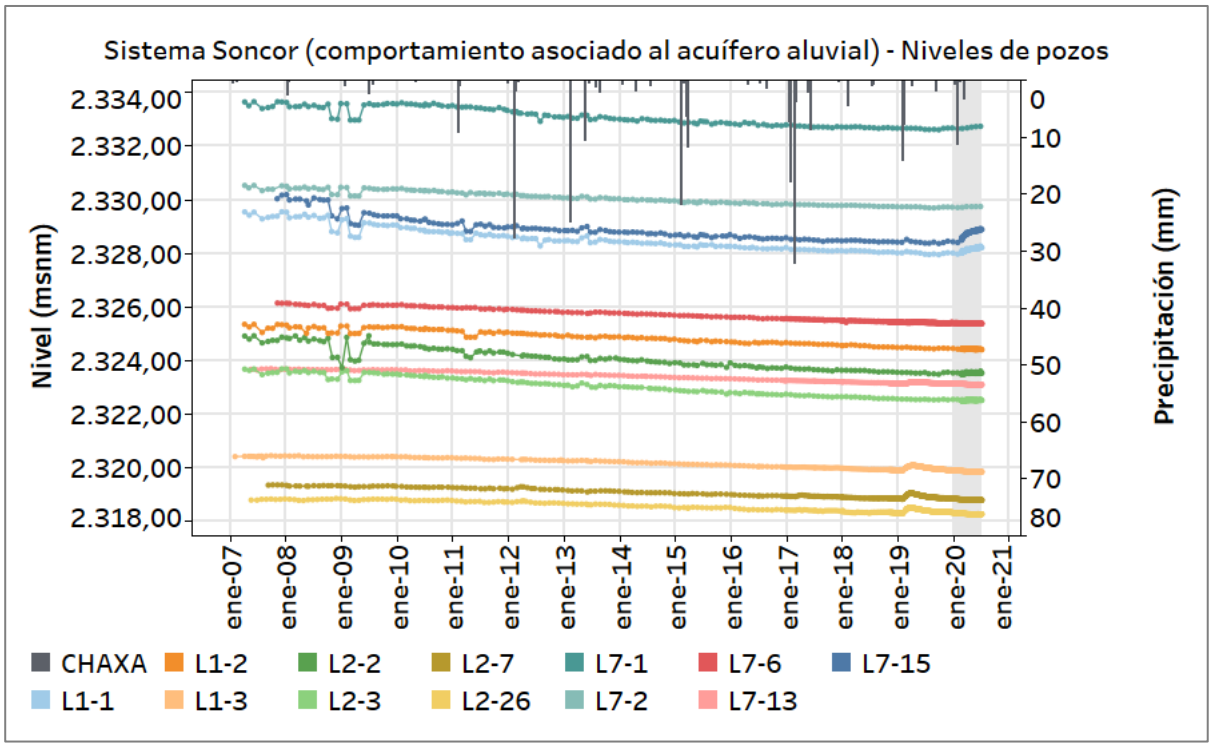
En general, los niveles en esta área no presentan respuestas a las precipitaciones. A excepción de los pozos L1-3, L2-7, L2-26 y L7-13 que mostraron un ascenso de los niveles producto de las lluvias de febrero 2019. Estos cuatro puntos son los que mostraron una respuesta más fuerte a este episodio de precipitación y esto 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, en el primer semestre de 2020, se observa lo que podría ser el final de la recuperación del nivel después del pulso (aumento del nivel) generado por la lluvia de febrero 2019.

En el primer semestre de 2020 se observa que los puntos L1-1 y L7-15 han mostrado un ascenso en forma de recuperación de los niveles, que puede estar relacionado con el cese de la extracción del pozo Mullay-1 ya que se encuentran a 800 y 300 m, sucesivamente, de éste. Al cierre de junio de 2020 han registrado una recuperación de 41 cm el L7-15 y 24 cm el L1-1.

En los puntos L7-1 y L7-2 también se observan recuperaciones de nivel a partir de febrero (2020), aunque más leves que los anteriores (8 y 3 cm, sucesivamente) lo cual es esperable, ya que éstos se encuentran más al norte y a unos 4 km de distancia del pozo Mullay-1.

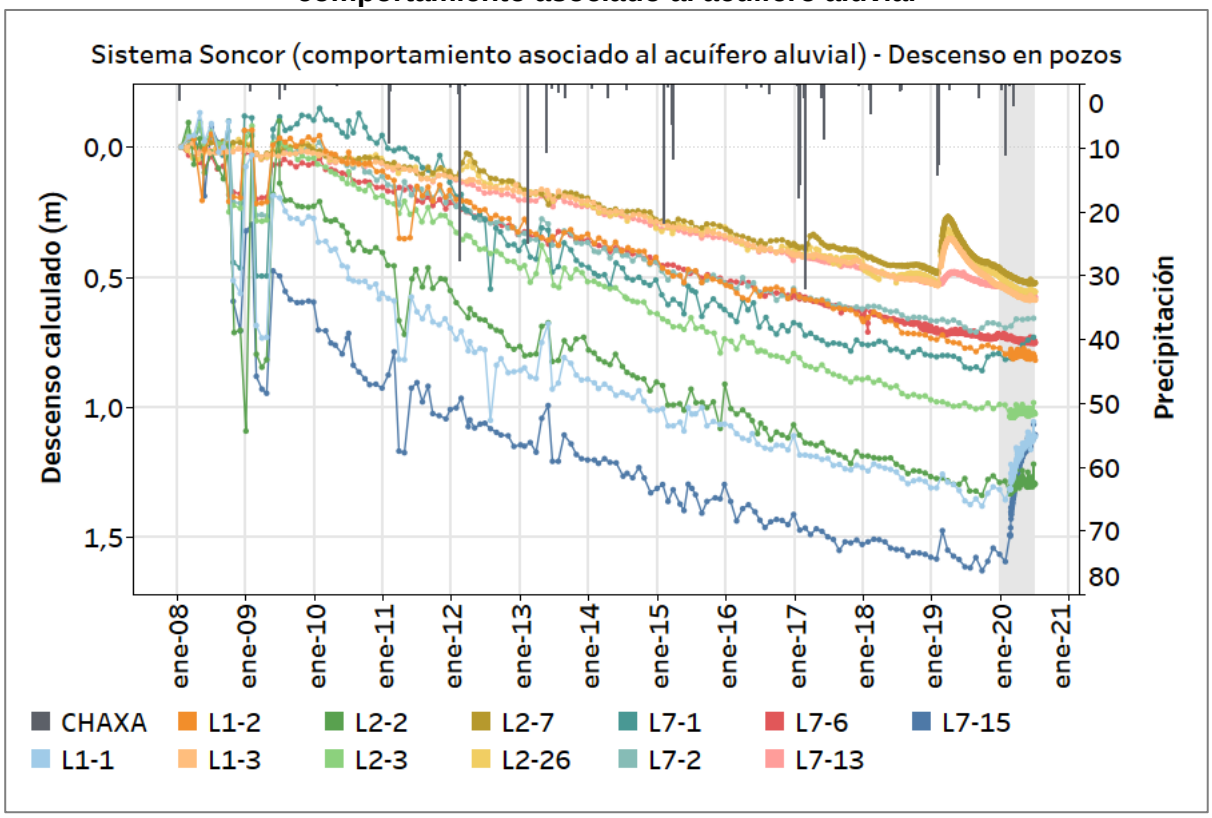
Por último, los puntos L2-2, L2-3 y L1-2 muestran una disminución en la tasa de descenso para este primer semestre de 2020. Es esperable que se mantenga esta nueva y menor tasa descenso en estos puntos durante los siguientes (si se mantuviera el actual régimen de explotación de agua industrial), ya que el L2-2 y L2-3 se encuentran al norte del pozo Allana, a 1 y 2 km (sucesivamente) y el L1-2 a 4,3 km al sureste del pozo Mullay-1.

Figura 6-3: Niveles medidos en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-4: Descensos calculados de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

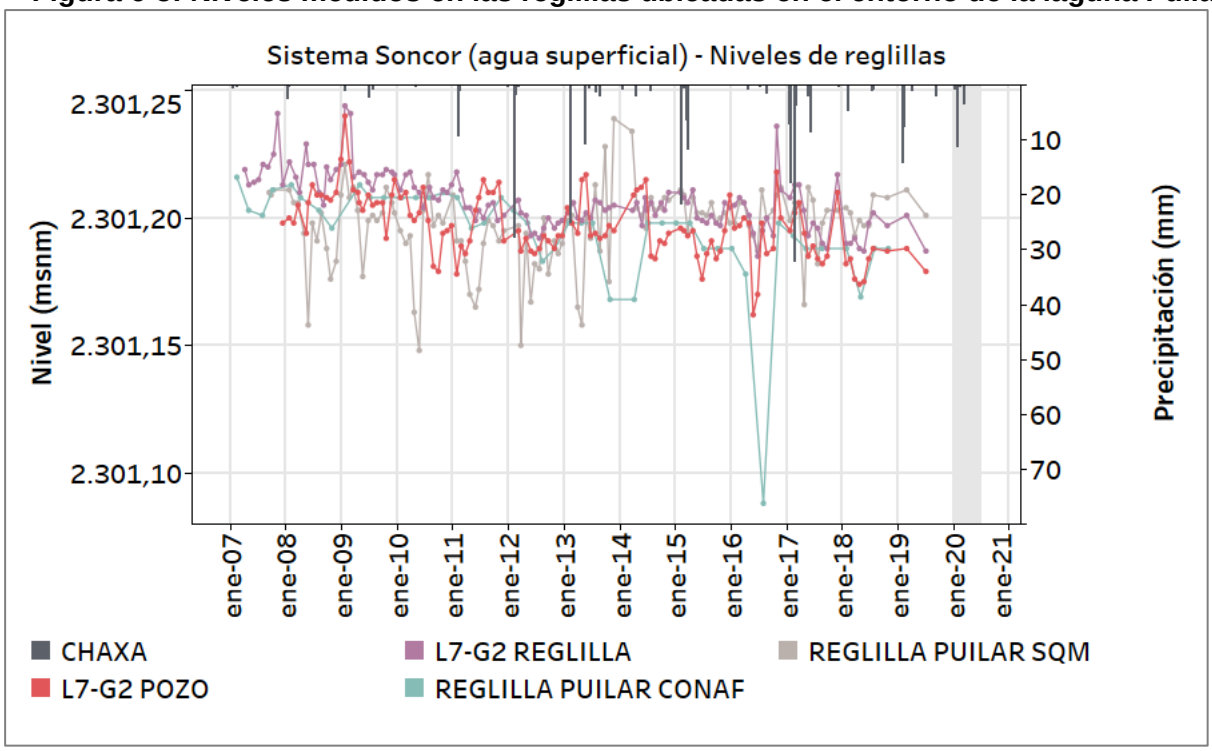
Niveles de reglillas para agua superficial

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 el medir el nivel de los cuerpos de agua superficiales del entorno de desborde de Cola de Pez (área de desborde la laguna Barros Negros), en realidad se ha observado durante todo este tiempo de mediciones, 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).

Se han graficado los niveles agrupando los puntos cercanos y representativos de cada cuerpo de agua. En la Figura 6-5 se muestran los niveles de los puntos en el entorno de la laguna Puilar: Reglilla Puilar (SQM y CONAF) y los L7-G2 (Reglilla y Pozo). Como ya se he descrito en el

capítulo de resultados (sección 5.1.1) no hay medidas nuevas para este primer semestre de 2020, por lo que no se tiene información que permita extraer conclusiones actualizadas del comportamiento de estos niveles.

Figura 6-5: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

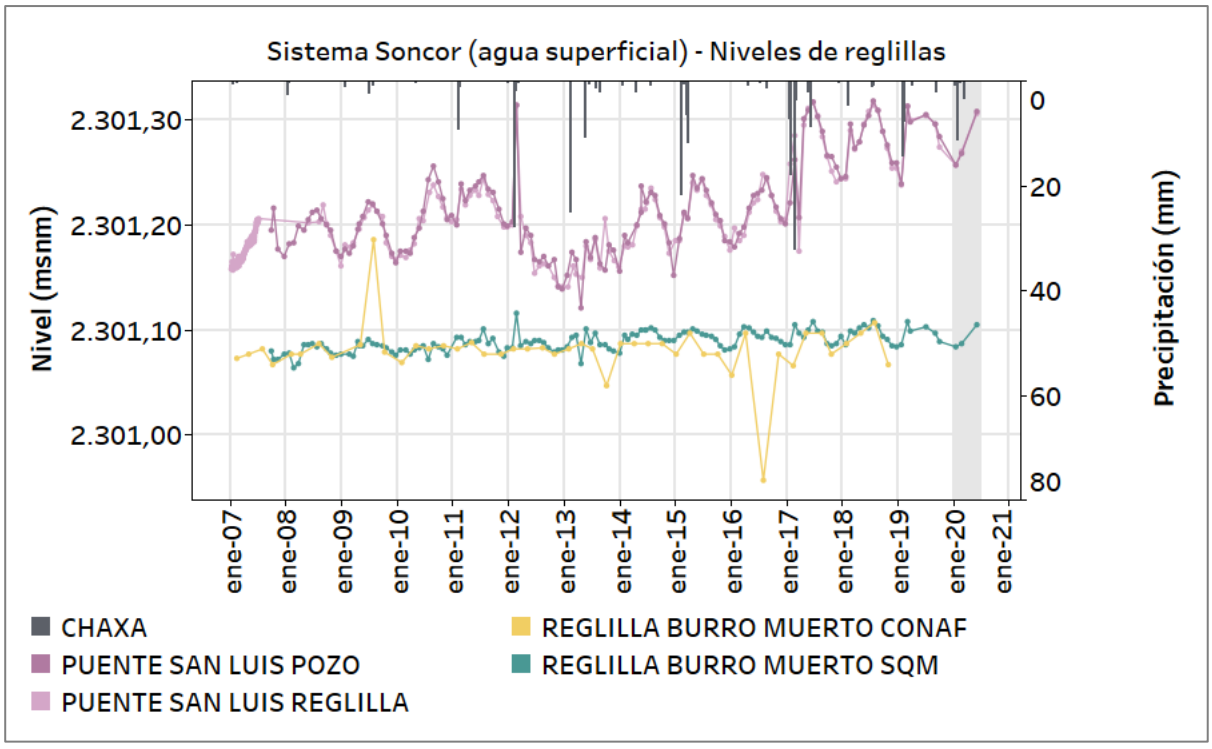
Se centra a continuación el análisis en el sistema de canales y lagunas que alimentan finalmente la laguna de Barros Negros. Empezando por los puntos ubicados aguas más arriba del sistema, se muestra en la Figura 6-6 los niveles de Puente San Luis Pozo y Reglilla Burro Muerto (SQM y CONAF). Se observa que las nuevas mediciones de Puentes San Luis (Reglilla y Pozo) son equivalentes y lo mismo con las Reglilla Burro Muerto SQM y CONAF.

Se observa de los puntos Puentes San Luis (Reglilla y Pozo) una oscilación poco regular, aunque sí mantienen la coherencia de máximos en invierno y mínimos en verano. Se puede ver también que a partir del año 2013 el nivel claramente se muestra ascendente con una tasa promedio de unos 2 cm/año. 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.

En el primer semestre de 2020 se observa para todas las reglillas (a excepción de la Reglilla Burro Muerto CONAF, que no se dispone de datos desde octubre 2018) un ascenso de los niveles, que resulta esperable en esta época del año por la oscilación estacional.

Figura 6-6: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís

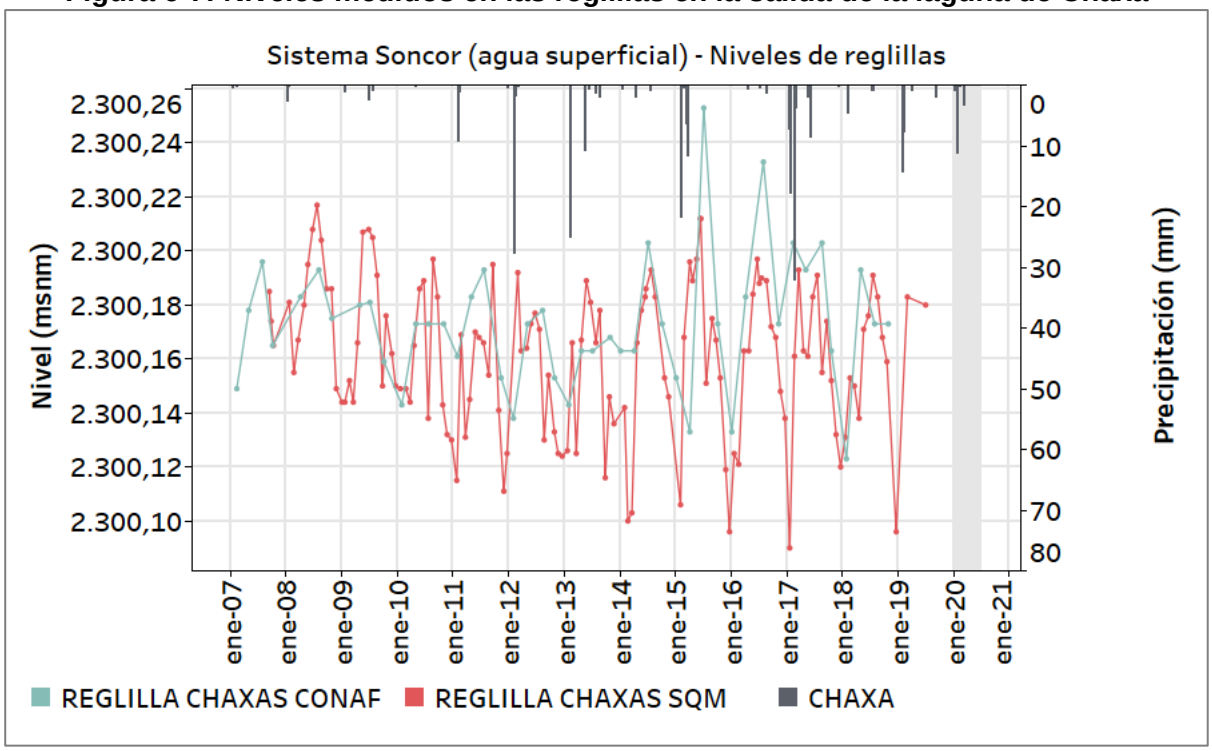


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Aguas abajo, 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 que se muestran los niveles registrados en la Figura 6-7. 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 2012, el nivel mostraba una tendencia a descender a la vez que una oscilación estacional de unos 6 cm de amplitud. Llegado 2012 se registra un descenso de 2

cm y a partir de entonces, el nivel se muestra estable y oscilante alrededor de los 2.300,15 m s.n.m. y con una amplitud de unos 9 cm, mayor al periodo anterior. Para el semestre reportado en este informe (primero de 2020) no existen nuevas mediciones que contrastar.

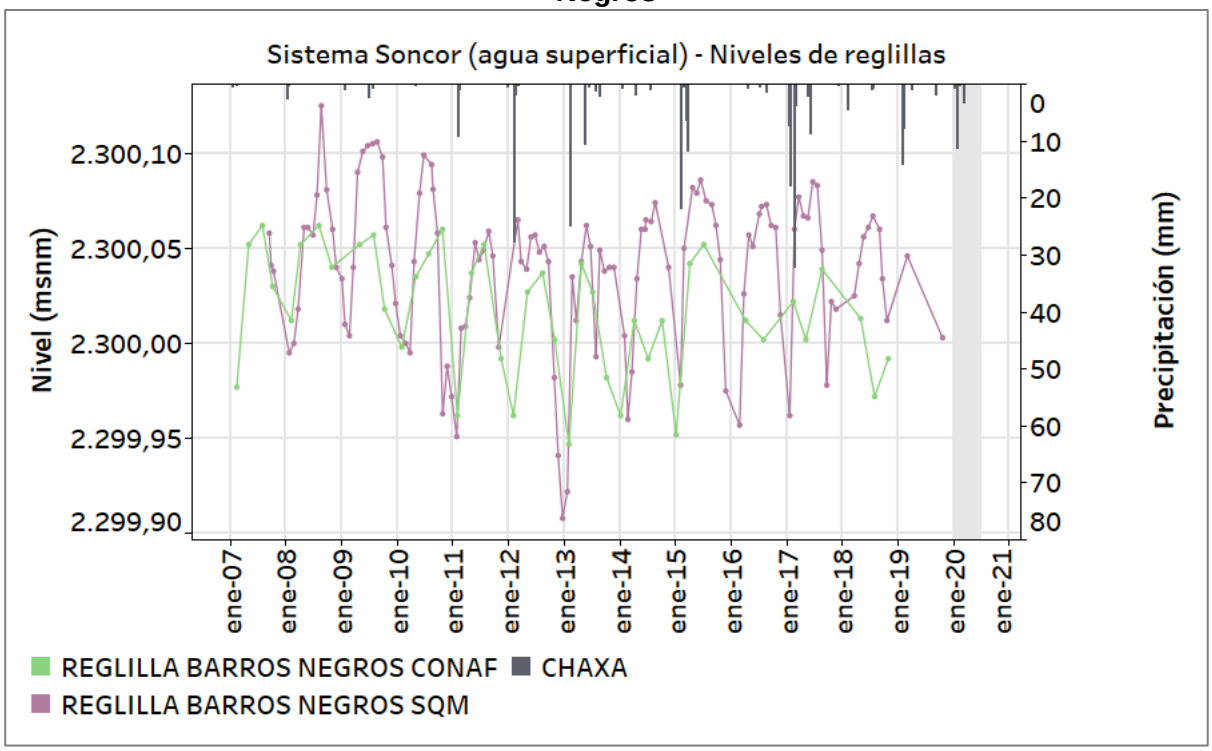
Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa



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 6-8. 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.). Para el semestre reportado en este informe (primero de 2020) no existen nuevas mediciones que contrastar.

Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Para última instancia, se centra el análisis en el canal de Burro Muerto, que conecta la laguna de Chaxa con la de Barros Negros. En este tramo fluvial se encuentra la reglilla L7-G1. En la Figura 6-9 se muestran los niveles medidos en este punto, junto con las reglillas de Chaxa y Barros Negros, que aunque ya se han mostrado anteriormente, de forma conjunta permiten extraer ciertas conclusiones interesantes para el análisis. Como puede verse, se incluye también el nivel del punto RC-1 y es 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). Volviendo a la Figura 6-9, se extraen las siguientes conclusiones:

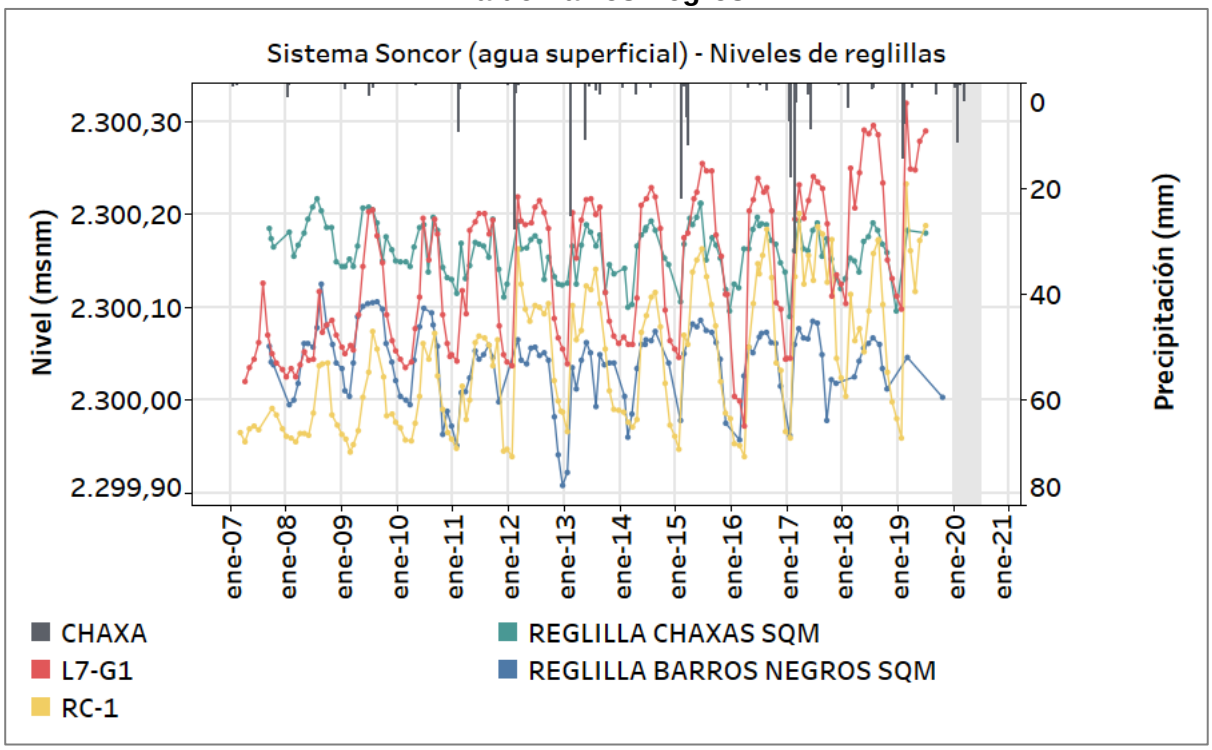
- Entre la laguna Chaxa y Barros Negros existe un gradiente hidráulico, que se ha mantenido durante todo el periodo medido, que determina la dirección del flujo. Incluso, como ya se ha mencionado, ambos cuerpos de agua sostienen una disminución de la

cota del nivel promedio a partir del año 2010-2011. Por otro lado, esta diferencia de cota es esperable puesto que se trata de un curso de agua fluvial.

- 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.

Para el semestre reportado en este informe (primero de 2020) no existen nuevas mediciones que contrastar, por lo que no puede evaluarse la tendencia actual de los comportamientos descritos en estos cuerpos de agua.

Figura 6-9: 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

Pozos en zona marginal

En esta sección se hace el análisis para aquellos puntos que se encuentran en la zona marginal del sistema Soncor. Se trata de un área con diversidad de comportamientos, puesto que existen varios elementos hidrogeológicos que modifican los niveles de forma distinta según el sector; la zona marginal en el sistema Soncor se encuentra limitada al oeste por 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; presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial, pero además muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal. En la Figura 6-10 se muestran los niveles medidos para este grupo de pozos. Como existen diferencias de cota importantes y que no permiten apreciar el comportamiento a describir, se presenta también la Figura 6-11 donde se muestran los descensos calculados.

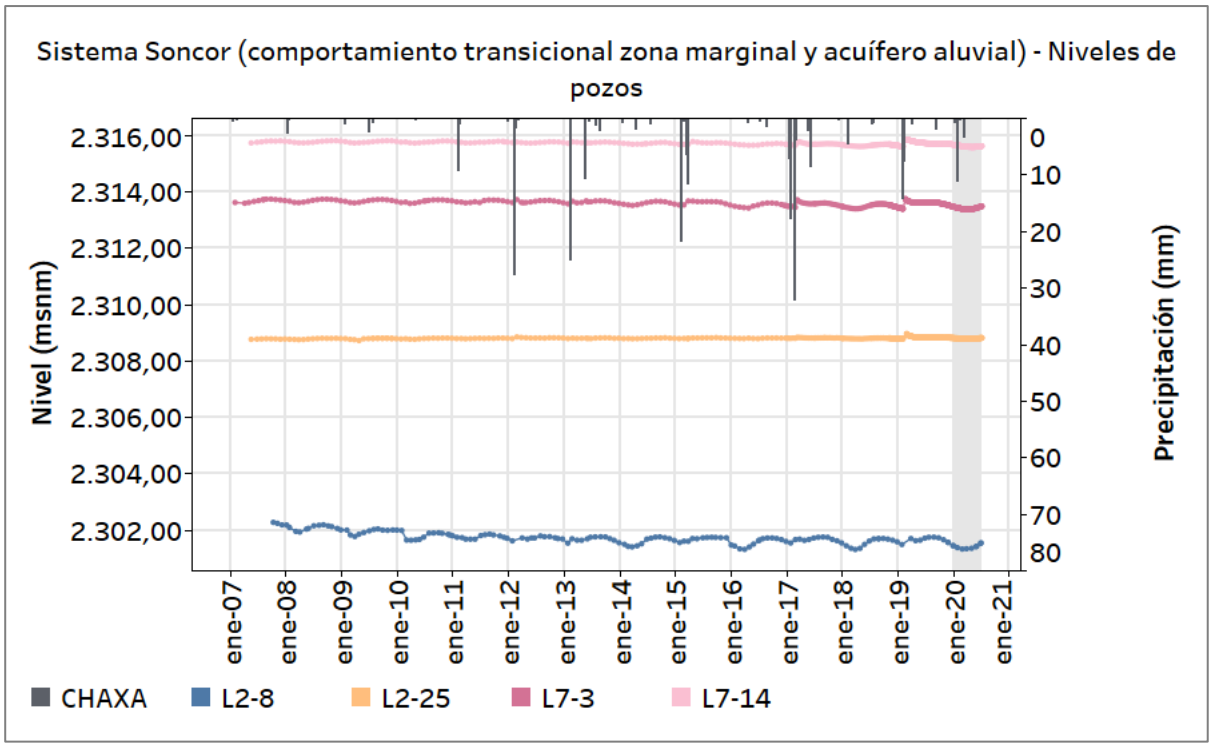
Como se observa en la Figura 6-11, todos los puntos (a excepción del L2-25) muestran una tendencia de descenso; la mayor pendiente la registra el L2-8 con una tasa promedio para el periodo (2008-2019) de 3,56 cm/año y por tanto es menor que la registrada en los puntos del acuífero aluvial (que era de entre 5,5 y 10 cm/año). Los puntos L7-3 y L7-14 muestran una todavía menor tasa promedio (1 cm/año y 0,49 cm/año respectivamente). Éstos últimos, además, se observan ser más reactivos a los eventos de precipitación, en cambio, el L2-8 no muestra respuesta inmediata a las lluvias, pero sí muestra una variación en la amplitud de la oscilación en función de si se ha registrado un año hidrológico húmedo o seco (en el primer caso, se observa que la amplitud es menor que en el segundo caso). Esto indica que probablemente el punto L2-8 está más ligado a la recarga subterránea proveniente del borde este. Se destaca, por último, que el L2-8 muestra un cambio a partir de 2015 aproximadamente, a partir de esta fecha se observa una estabilización (los niveles no muestran tendencia de descenso, ni ascenso) en las cotas de los mínimos y los máximos de la oscilación estacional.

El punto L2-25 muestra un comportamiento con una oscilación menos clara que los puntos descritos anteriormente y se destaca respecto el resto, por mostrar una tasa de ascenso (y no

descenso), que es de 0,39 cm/año aproximadamente. Se observa también que muestra una respuesta inmediata a los eventos de lluvia, destacando el registrado en febrero de 2019.

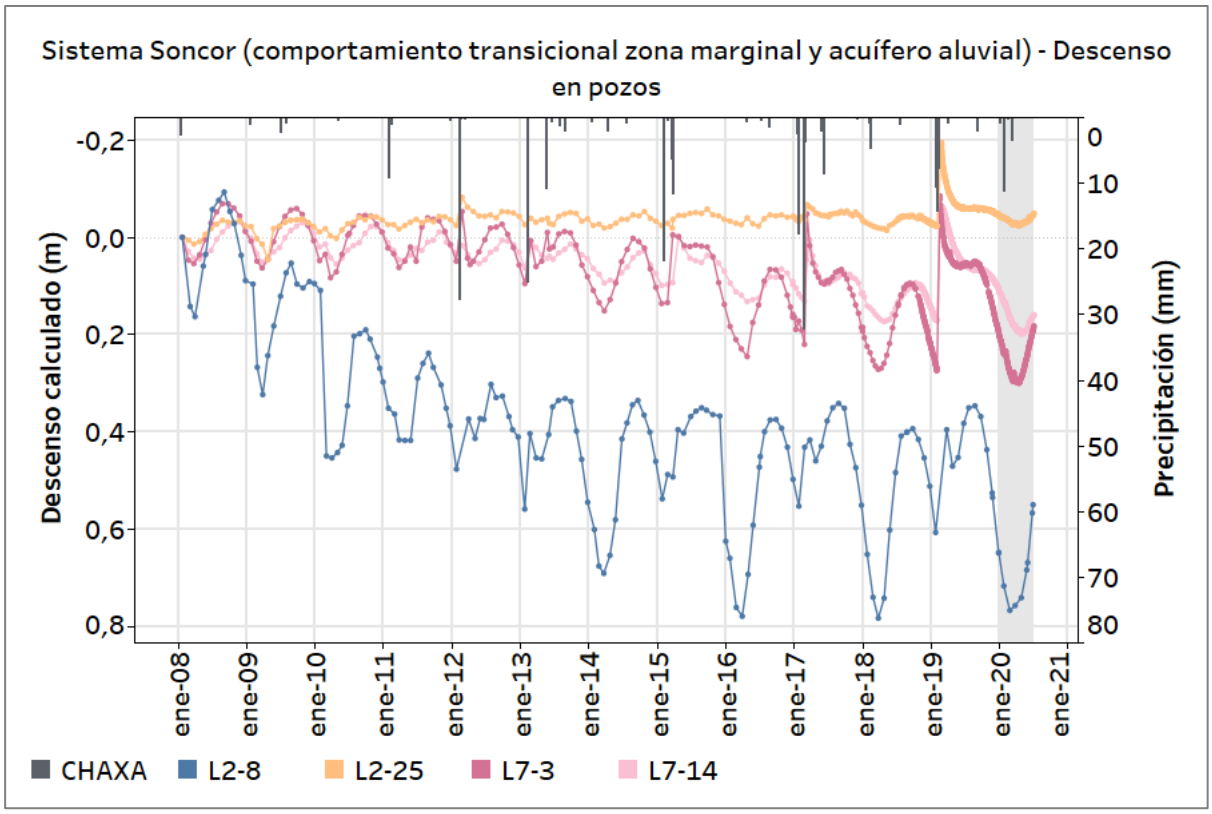
Las medidas tomadas en el primer semestre de 2020 confirman las tendencias y comportamientos descritos anteriormente, por lo que no se observa ningún cambio con respecto las tendencias históricas.

Figura 6-10: Niveles medidos en los pozos ubicados en la zona marginal más cercanos al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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. En la Figura 6-12 se muestran los niveles medidos en los pozos de este grupo, pero como existen diferencias de cota entre ellos que no permite distinguir el comportamiento a describir, se muestra también la Figura 6-13 con los descensos calculados desde 2008, para los mismos puntos.

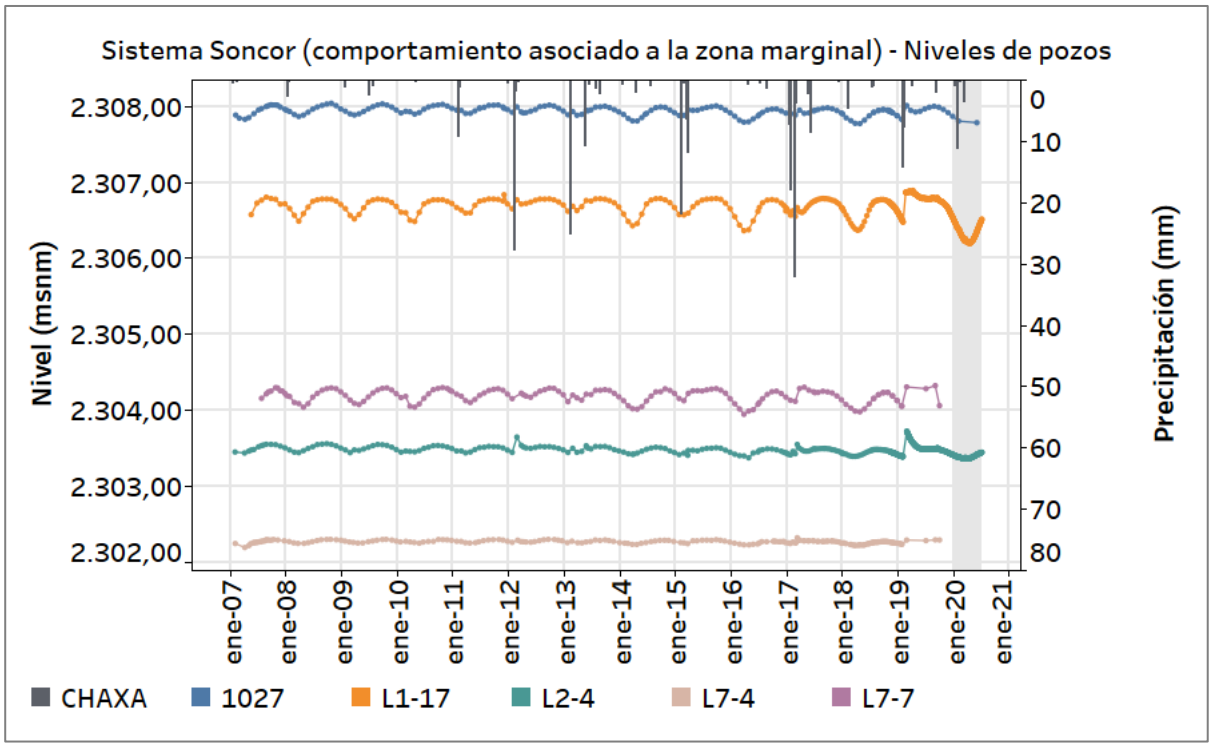
Los puntos de este grupo se distribuyen de norte a sur, sobre la zona de afloramiento de la interfaz salina en superficie; se trata del 1027 (el ubicado más al norte), L7-4 y L7-7 (ubicados cerca de la laguna Puilar), el L1-17 (ubicado sobre las vegas de Carvajal) y el L2-4 (ubicado más al sur, próximo al sistema Aguas de Quelana). De la Figura 6-13 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 estos puntos solo han mostrado una respuesta inmediata a los eventos de lluvia más fuertes (febreros de 2012, 2017 y, sobre todo, 2019) y que, por lo general, la amplitud de las oscilaciones está relacionado con si el año hidrológico ha sido seco o húmedo; en los años secos, las amplitudes son mayores (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.

Respecto las medidas realizadas en el primer semestre de 2020 se destaca el mínimo alcanzado por el punto L1-17 que, a su vez, es indicador de estado de vegetación hidromorfa (y que precisamente alcanzó el umbral de Fase I este semestre[66]). A priori, parece ser el único punto de este sector que ha presentado este fuerte incremento en la amplitud de la oscilación, pero se destaca que, para el mismo periodo no se dispone de ninguna medida del L7-7 ni para el 1027 (desconoce el comportamiento entre enero y mayo 2020). Por lo que no es posible saber si este comportamiento resulta ser un efecto local sobre las Vegas de Carvajal o está relacionado con el acuífero de la zona marginal. Por otro lado, el L2-4 dispone de medidas diarias y el mínimo reproducido en este periodo también ha alcanzado menores cotas (mayor amplitud) que los mínimos de los años anteriores. Pero es necesario realizar un análisis más profundo y que incluya más variables para determinar las causas que llevan al comportamiento registrado en este primer semestre 2020.

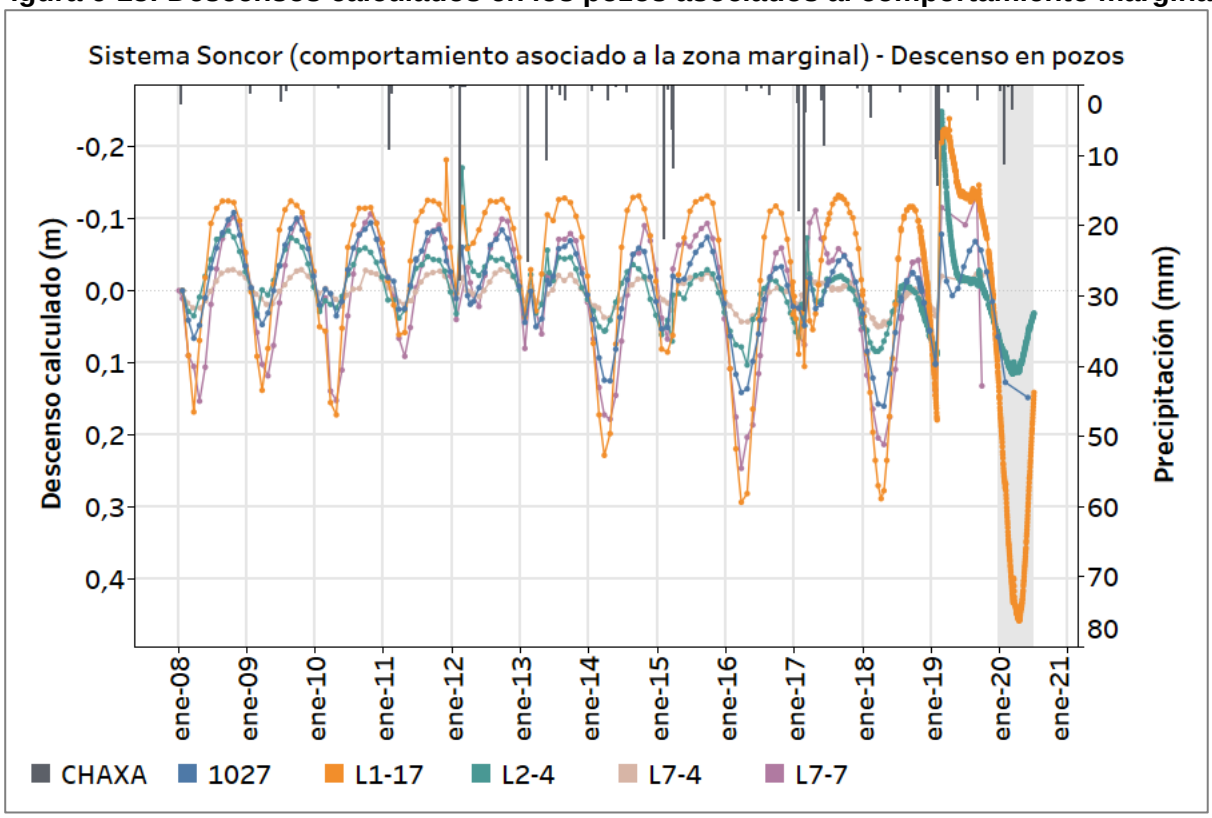
[66] El detalle del análisis de las mediciones con respecto los umbrales, se realiza en el siguiente capítulo (6.3)

Figura 6-12: Niveles medidos en los pozos asociados al comportamiento marginal del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-13: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal



Fuente: Elaboración propia.

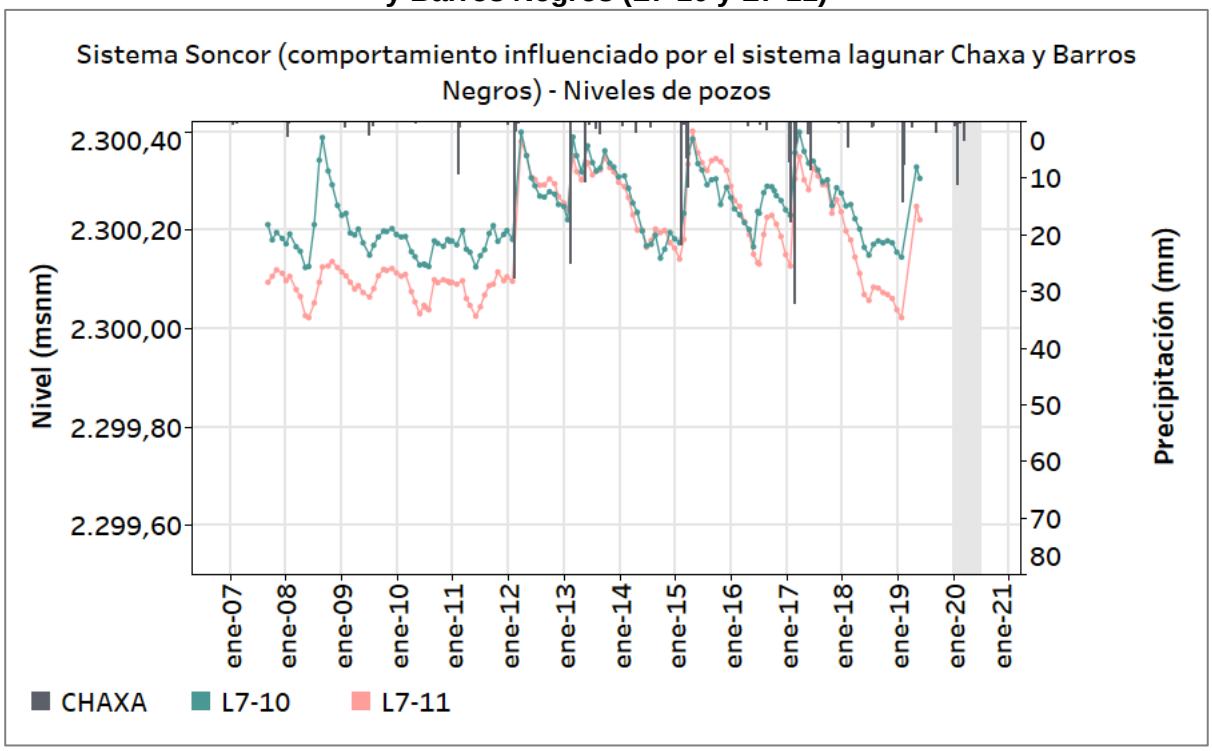
El comportamiento de los niveles en la zona marginal cambia cuando los puntos de observación se encuentran cercanos al sistema lagunar del Sistema Soncor. Se trata del cordón de puntos ubicados al este del sistema Chaxa-Barros Negros y al oeste de la interfaz salina. Su distribución de norte a sur, es L7-10 y L7-11 (Figura 6-14), L1-15 y L1-16 (Figura 6-15), L1-9 y L1-10 (Figura 6-16) y finalmente L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 (Figura 6-17). 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 6-15); 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 (15cm) que en el L1-16 (10cm), siendo que el segundo es el que se encuentra más cerca del Canal de Burro Muerto, por lo que hace pensar que a partir de esta fecha se empieza a producir

una vía preferente de recarga subterránea desde el borde este. De todas formas, tanto estos dos puntos, como el L7-10, L7-11, L1-9 y L1-10 no han podido medirse desde el pasado mayo de 2019, por lo que no es posible analizar el esta actual en esos sectores.

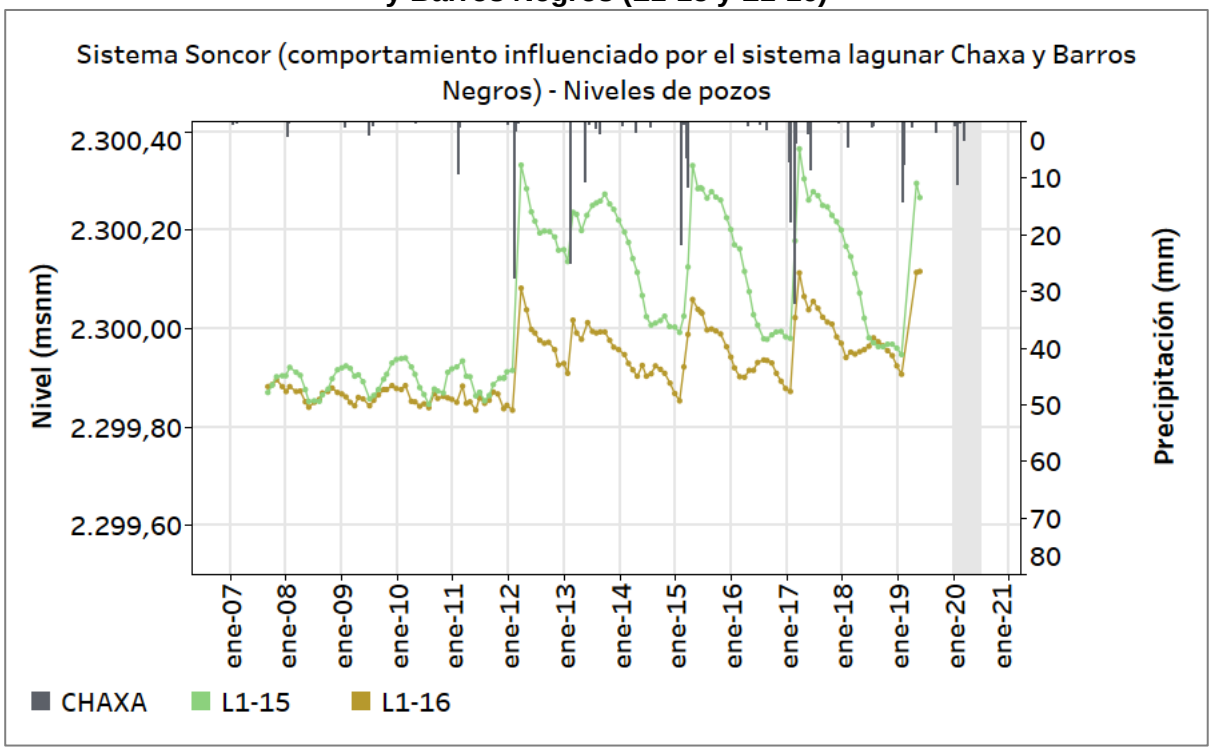
Los puntos ubicados más al sur (L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 en la Figura 6-17), sí disponen de medidas de forma más regular en el periodo de reporte del presente informe. Se observa como estos puntos presentaron una respuesta a la lluvia de febrero de 2019 con una magnitud que no se había registrado anteriormente. Los niveles de este primer semestre de 2020 todavía están mostrando la recuperación después de este episodio.

Figura 6-14: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L7-10 y L7-11)



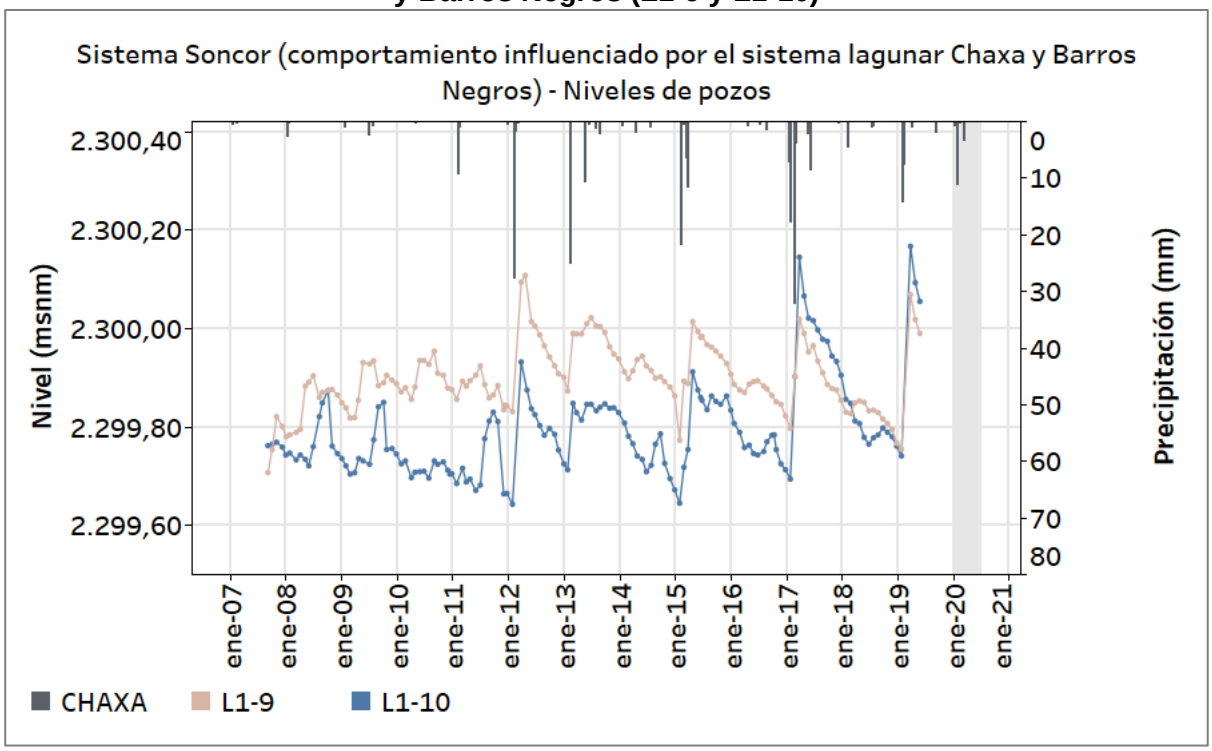
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-15: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15 y L1-16)



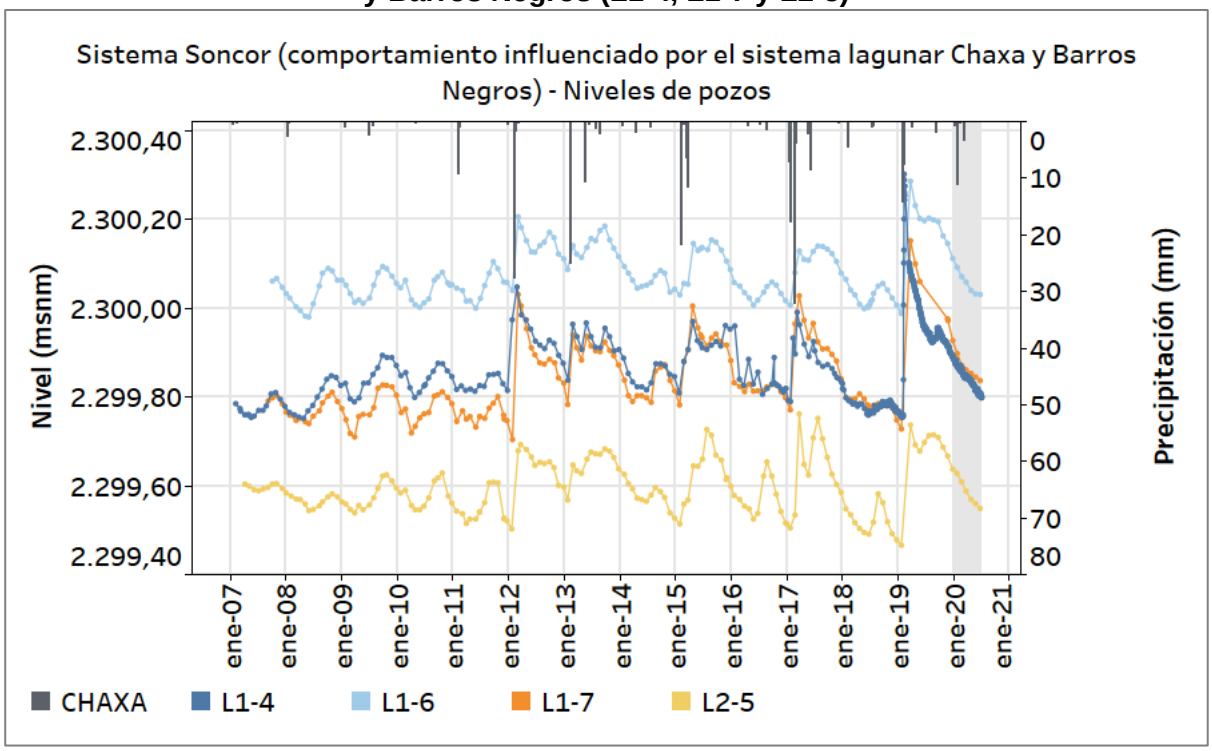
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-16: 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.

Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-7 y L2-5)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Al oeste y al sur de la laguna Barros Negros es donde históricamente se han producido los eventos de desborde de la laguna. En el sector de desborde de Cola de Pez (al oeste del cuerpo principal), de los pozos influenciados por estos episodios de desborde, se ha observado dos grupos; el primero es el que recibe el aporte directo del evento de desborde y que se caracterizan 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 y no en forma de recarga directa.

En la Figura 6-18 se muestran los niveles de los puntos que reciben en forma de recarga directa el desborde (L1-5, L1-8, L1-13, L1-G4 Pozo y Reglilla, L2-24, P1-3, P1-4, P1-5, P1-6 y P1-7). En ellos se observa una marcada estacionalidad (oscilación), que disminuye en la medida que el punto se encuentra más alejado del punto por el que se produce el desborde, es decir, que se reduce la amplitud de la oscilación (por ejemplo, el L1-13 tiene una amplitud de 24 cm y para la misma fecha para el P1-3 es de 7 cm). Se interpreta, por tanto, como un impulso que se produce

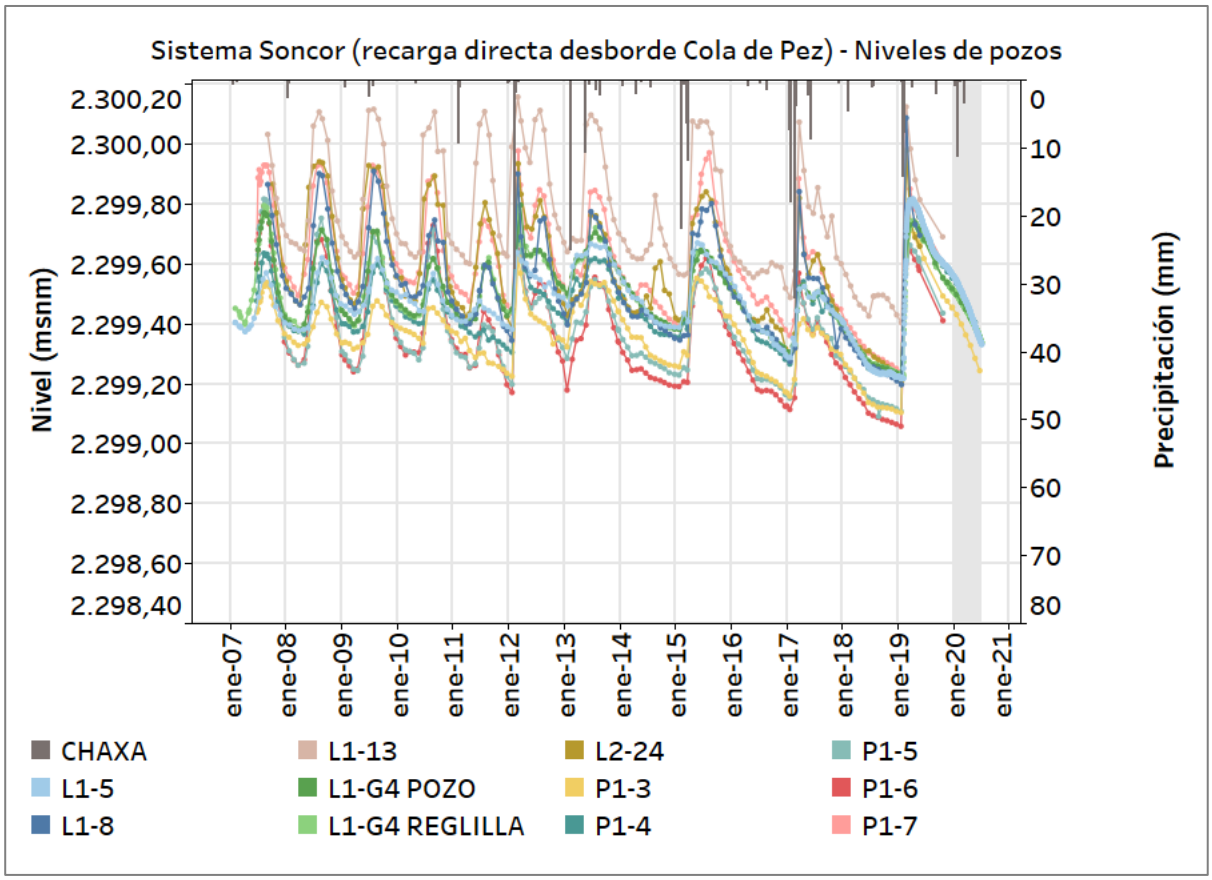
localmente (punto de desborde) y que se propaga en dirección del sentido del flujo del acuífero (desde la laguna y en dirección suroeste), dando lugar a una reducción progresiva de la respuesta al desborde.

Pero esta dinámica se observa como 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 en la estación de Chaxa) y que se estima que fue el evento a partir del cual cambió la dinámica de desbordes de la laguna Barros Negros (IDAEA-CSIC, 2018)[67]. 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 como, progresivamente, en los años 2014, 2016 y 2018, que no fueron años lluviosos, 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, sólo se dispone de mediciones en este primer semestre 2020 en L1-5, L1-G4 (Reglilla y Pozo), P1-3 y P1-4. Éstos se muestran para este periodo en fase todavía de recuperación de los niveles después del evento de lluvia de febrero 2019.

[67] Esta referencia bibliográfica se refiere al Informe de Investigación que se elaboró producto de la activación de los indicadores L1-5 y L1-G4 Reglilla, donde se presentó un análisis exhaustivo de la dinámica de la laguna Barros Negros y sus efectos sobre el acuífero.

Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

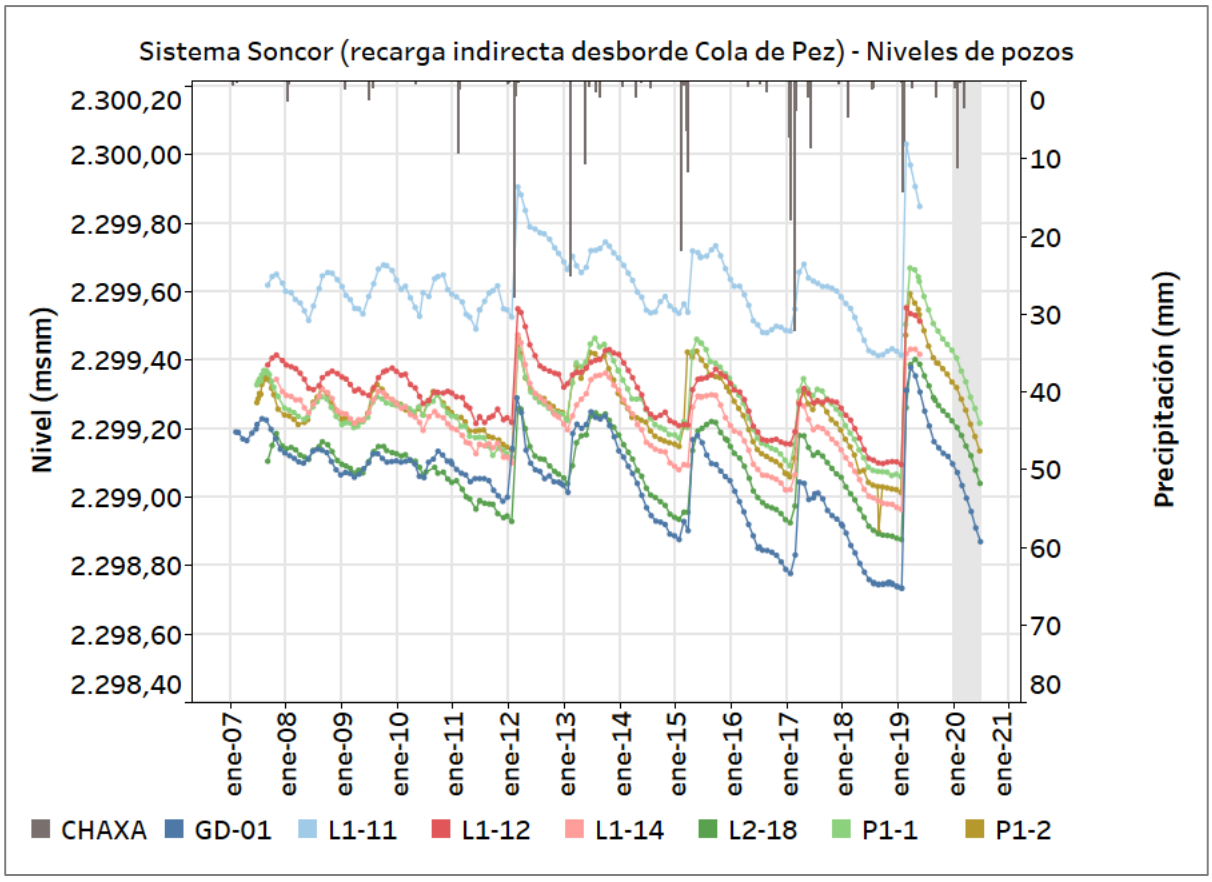
Los pozos que se sitúan más alejados del punto de desborde de Cola de Pez (GD-01, L1-11, L1-12, L1-14, L2-18, P1-1, P1-2) se muestran en la Figura 6-19. En general, se caracterizan por presentar una amplitud de la oscilación que disminuye y se suaviza en la medida que el pozo se encuentra más alejado. Se diferencian además de los anteriores (influenciados de forma directa) porque las cotas en este caso son inferiores; disminuye la cota de forma gradual a medida que el punto se encuentra más alejado del punto de desborde. Todo esto conduce a concluir que el agua proveniente de la descarga llega a estos puntos como un pulso de recarga subterránea.

De la misma forma que se ha identificado en el anterior grupo de pozos (los influenciados de forma directa por el desborde), estos puntos, como es de esperar, también muestran en sus niveles el cambio de la dinámica de desborde de Barros Negros. Por lo que, hoy en día, estos

puntos se caracterizan más por presentar la respuesta debida a la recarga directa de precipitación junto con una tasa de descenso.

De este grupo de puntos, sólo se dispone de mediciones en este primer semestre 2020 en GD-01, L2-18, P1-1 y P1-2. Éstos se muestran para este periodo en fase todavía de recuperación de los niveles después del evento de lluvia de febrero 2019.

Figura 6-19: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

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 tal 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 que se describen a continuación.

Los pozos influenciados por el Desborde Sur se han dividido en dos figuras (Figura 6-20 y Figura 6-21) para mostrar mejor los distintos comportamientos. En ambas, se acompañan de los niveles de la Reglilla Barros Negros SQM como referencia para el análisis.

En la Figura 6-20 se muestra un primer grupo de pozos, que se caracteriza por estar estrechamente ligados al nivel de la reglilla de Barros Negros. Como puede verse, el punto L2-23 se solapa completamente (en cota y en amplitud de oscilación) con el nivel de la reglilla de la laguna a partir de la segunda mitad del año 2010 y, dada su ubicación con respecto el límite de la laguna se interpreta que este punto en realidad está midiendo las oscilaciones del cuerpo lagunar. Es decir, que se podría decir que el límite de la laguna habría aumentado hasta alcanzar este punto.

Ocurre algo similar con el punto P2-5, que durante el periodo de entre 2007-2017 se muestra oscilante a una cota inferior a la de la laguna (Figura 6-20). Pero a partir de 2017, se observa cómo se solapan los niveles durante los meses de máximos. Se trata del siguiente punto más cercano al cuerpo de la laguna en este sector, después del L2-23. Por lo que, por ubicación y comportamiento de los niveles, se extrae que durante los periodos húmedos del año el límite del cuerpo lagunar llega hasta la ubicación de este punto.

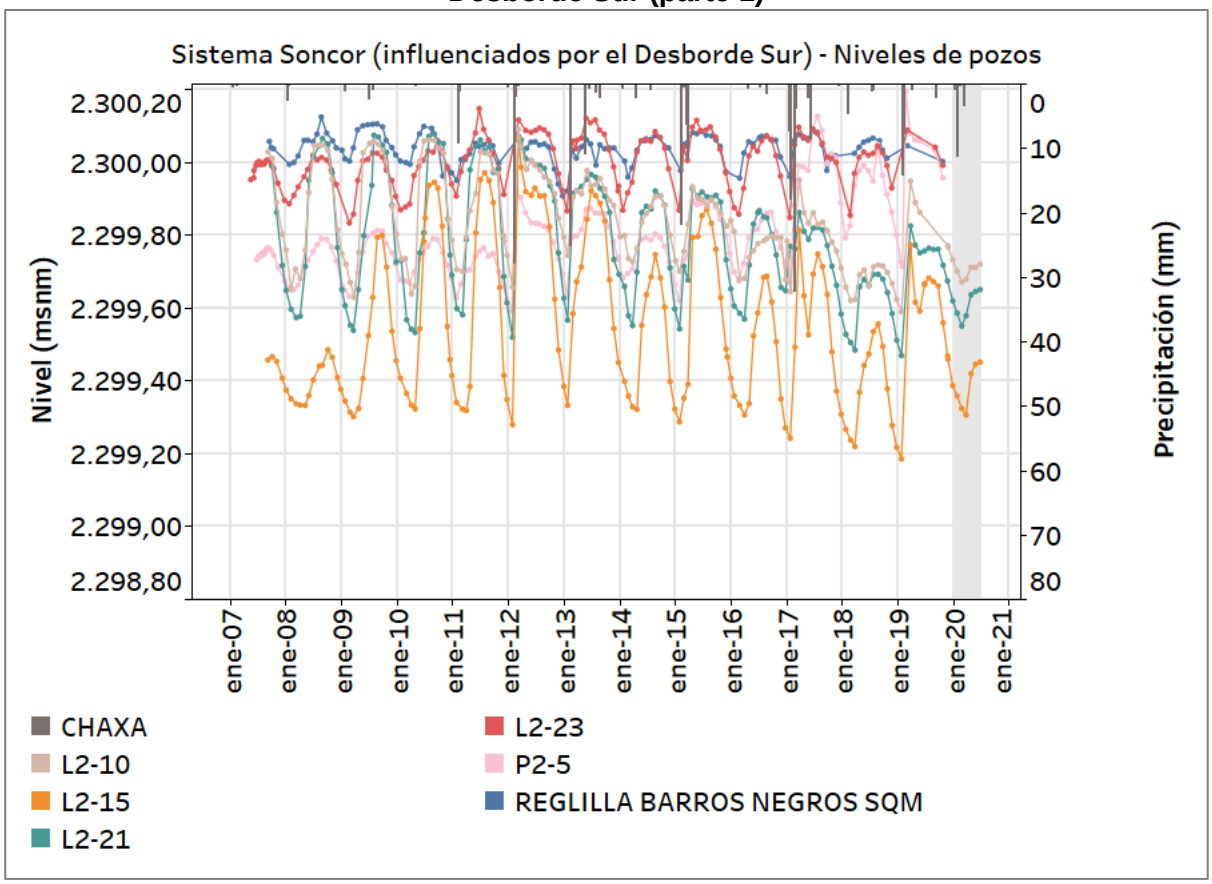
En el lado este del Desborde Sur, se encuentran los puntos L2-10, L2-21 y L2-15. En la Figura 6-20 también se puede ver como los puntos L2-10 y L2-21, durante el periodo entre 2007 y 2011, los niveles máximos alcanzaban cotas similares a las de la reglilla Barros Negros (no iguales como en los casos 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 (Figura 6-20), que a partir del año 2009 va aumentando la cota de los máximos hasta alcanzar prácticamente la de la reglilla de la laguna en 2012. Posterior a este año, empieza a disminuir de nuevo. Se extrae, por tanto,

que durante el periodo entre 2009-2013 aproximadamente, el Desborde Sur llegó a cubrir el área de este punto. 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 en su relieve topográfico. Esta es una conclusión a la que otros análisis también han llegado, como por ejemplo el elaborado por Le Roux a partir del estudio de los depósitos sedimentarios en la zona (Le Roux, 2018)

En el primer semestre de 2020, para los puntos mostrados en la Figura 6-20, solo se dispone información de L2-10, L2-15 y L2-21. No se tiene información de la propia laguna Barros Negros ni de los pozos cercanos al punto de desborde sur. Por lo que, para el actual periodo reportado, no se puede contrastar lo descrito anteriormente en esta zona.

Los puntos que sí disponen de información actualizada son los que se encuentran en el lado este del desborde. Los niveles muestran un ascenso que podría ser debido a la estacionalidad, pero que no puede analizarse con relación al cuerpo principal de la laguna por falta de datos de ésta.

Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1)

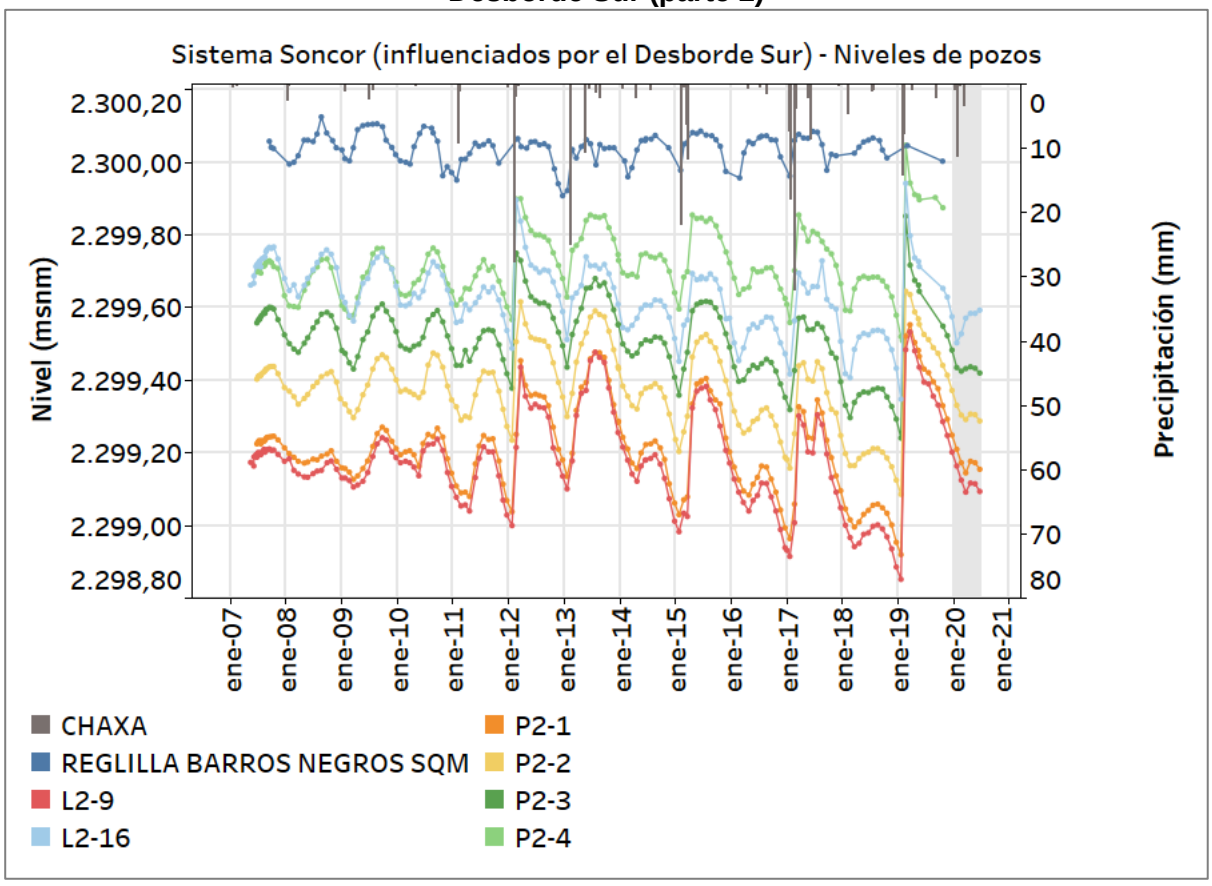


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Del segundo grupo de puntos influenciados por el Desborde Sur (Figura 6-21) se destaca el gradiente hidráulico que hay entre la reglilla de Barros Negros y estos puntos. Se observa también que estos puntos reproducen los ciclos estacionales (de máximos y mínimos) de la laguna (a cotas más bajas) de una forma suavizada, a la vez que también responden a los eventos de lluvia. Se interpreta por tanto que estos puntos reciben la recarga proveniente del desborde, pero a través del acuífero, en forma de pulso, además de la recarga directa por lluvia. Se observa también que los mínimos reproducen también una tendencia al descenso desde el inicio de las mediciones, en mayo 2007, de unos 2 cm/año.

Los valores medidos de este grupo de pozos, para el periodo del primer semestre de 2020, muestran un ascenso que parece propio de los ciclos estacionales, pero que no puede contrastarse con la dinámica de la laguna porque no se tiene información actualizada de ésta.

Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2)



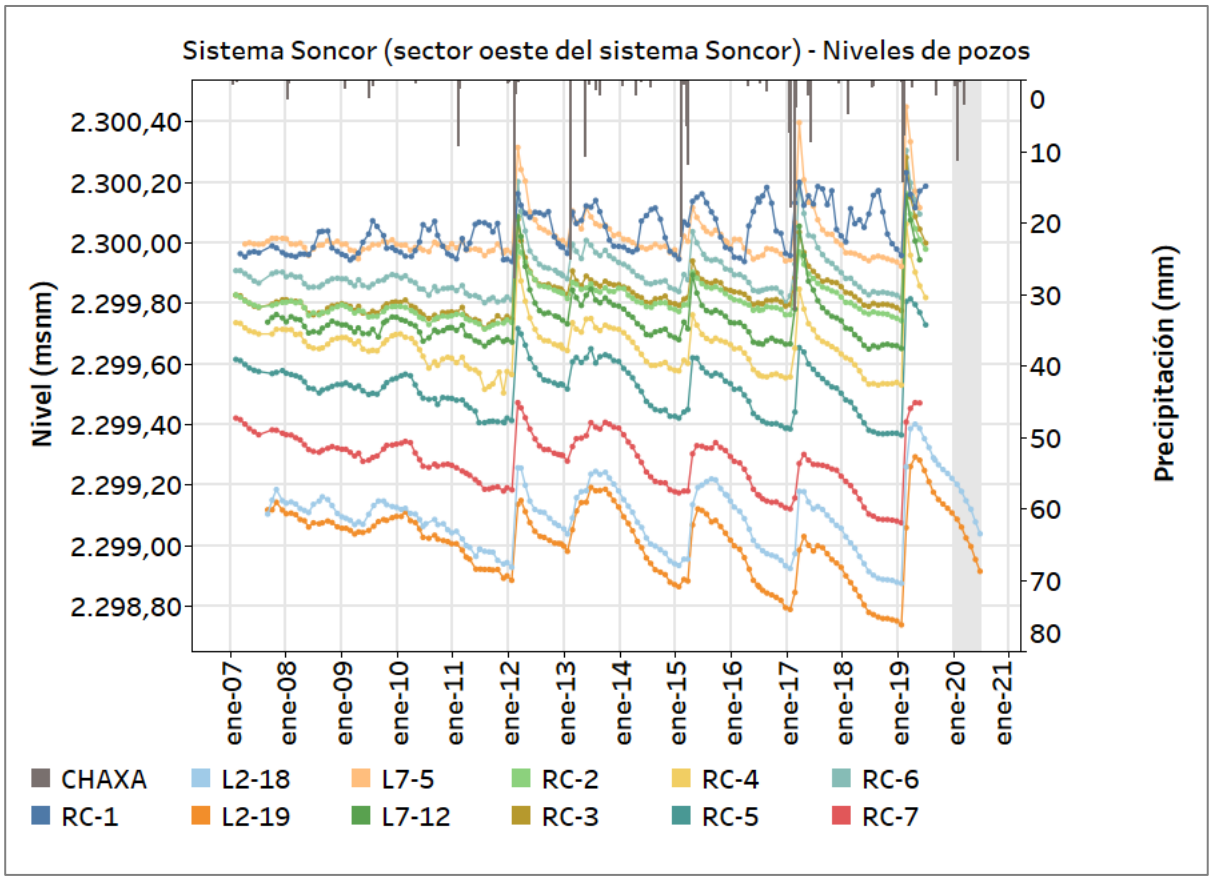
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Al oeste de las lagunas Chaxa y Barros Negros, se encuentra otro grupo de pozos y que se analiza a continuación. Se trata de los puntos L2-18, L2-19, L7-4, L7-12, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-22, junto con el nivel del pozo RC-1 que, aunque se ha mostrado su análisis 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.

En este grupo de pozos solo se pudieron efectuar mediciones durante este primer semestre de 2020 en los puntos L2-18 y L2-19 y se observa cómo todavía muestran recuperación de los niveles después de la lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Pozos en Zona núcleo

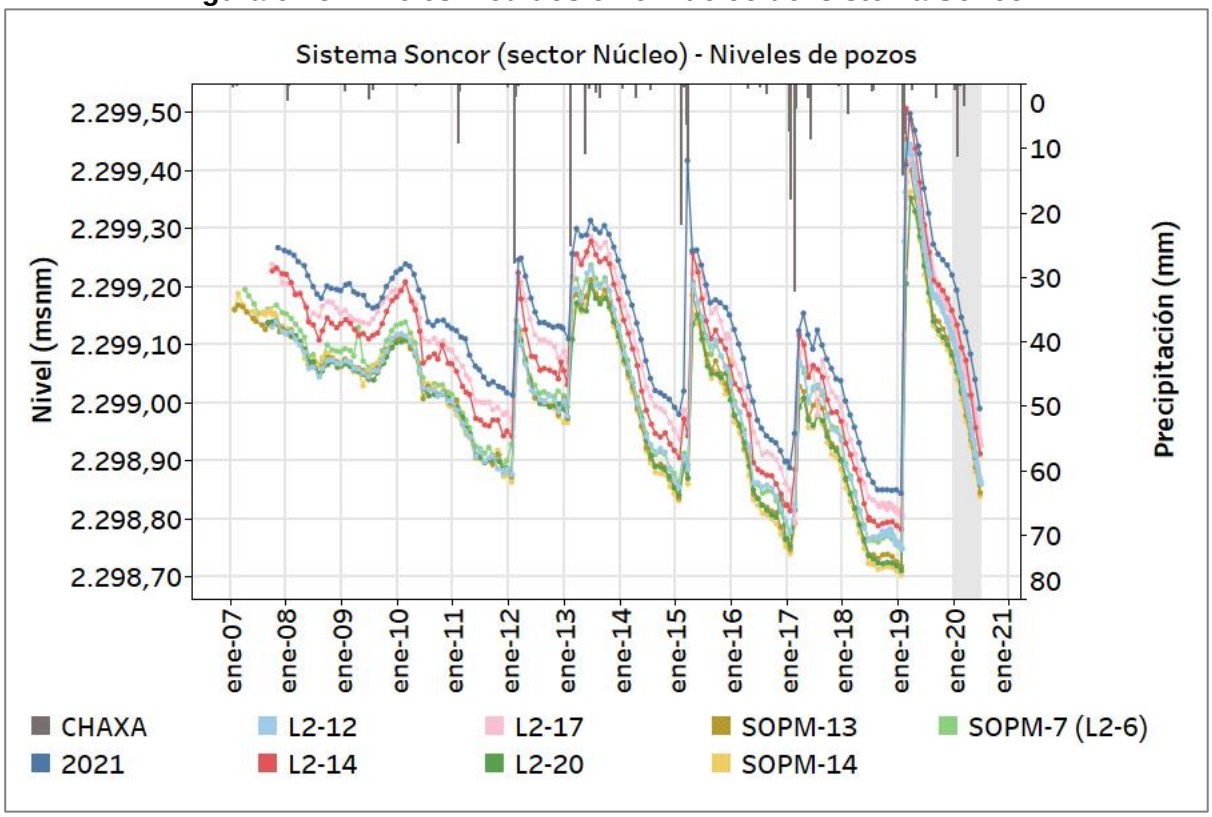
Cerrando el análisis de los puntos del sistema Soncor, el último grupo de puntos son los que se encuentran sobre el núcleo del Salar. Se trata de los pozos SOPM-7 (L2-6), SOPM-13, SOPM-14, L2-14, L2-12, L2-17, L2-20 y 2021, de los que se muestran sus niveles en la Figura 6-23. Éstos no presentan estacionalidad, 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 sólo debido a los episodios de precipitación, que actúan como recarga directa. A la tendencia de descenso base (preoperacional), se sobrepone el efecto de la extracción de salmuera de los dos actores de la cuenca (SQM y Albemarle) lo que implica una tasa de descenso más acusada. Estos puntos han demostrado ser sensibles a las modificaciones de las tasas de extracción de salmuera, tal como se comprobó en el informe de Efectividad de Acción, producto de la activación de los indicadores de Soncor (IDAEA-CSIC, 2018), con la estabilización del descenso observado en los puntos L2-17, L2-14 y SOPM-14 y una recuperación observada en el punto L2-12.

Los niveles medidos en el primer semestre de 2020 corroboran el análisis descrito; actualmente los puntos todavía muestran una recuperación después de la lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-23: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Superficie de los sistemas lacustres

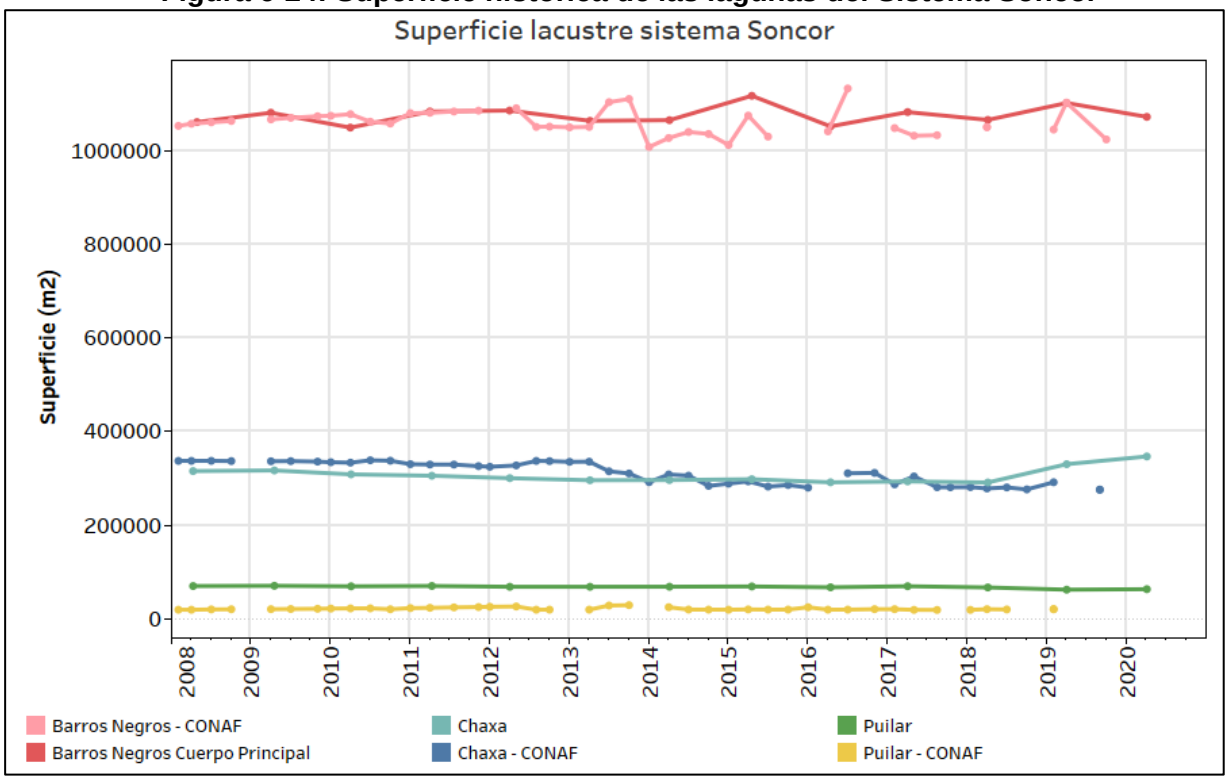
El conjunto lacustre del sistema Soncor está compuesto por las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros. La superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida históricamente a través de imágenes satelitales (Tabla 6-3) y estacas perimetrales.

La Figura 6-24 muestra la evolución temporal de la superficie lacustre del sistema Soncor[68]. Durante el primer semestre de 2020 se visualizan las mediciones realizadas mediante imágenes satelitales en las lagunas Barros Negros, Puilar y Chaxa. Al comparar las mediciones históricas por imágenes satelitales con las de estacas perimetrales se puede señalar que para el caso de las lagunas de Barros Negros y Chaxa no se observan diferencias sistemáticas entre ambos registros, mientras que para el caso de Puilar las mediciones efectuadas por CONAF[69] son consistentemente menores, esto porque que las mediciones de CONAF corresponden sólo a la superficie del canal de aporte y no a la laguna como tal, debido que fue incorporado inicialmente como un seguimiento experimental durante el año 2004 (Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama).

[68] Cabe mencionar que los resultados correspondientes a los años 2008 y 2009 no fueron reportados de forma correcta en el Informe PSAH Nº 25, y que corresponden a los datos históricos calculados previo a la Resolución Ex. Nº 244/2010. En el presente informe se entregan los valores correctos en el Anexo 10.3.

[69] Convenio vigente hasta diciembre 2018.

Figura 6-24: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-3: Superficie total de los sistemas lacustres de Soncor con imágenes satelitales

Fecha	Barros Negros (cuerpo principal)	Barros Negros (áreas aledañas)	Chaxa	Puilar
Abr-2008	1.060.666	211.583	315.363	69.823
Abr-2009	1.080.628	243.388	316.764	70.360
Abr-2010	1.048.924	154.737	308.357	69.267
Abr-2011	1.083.311	242.137	305.433	70.003
Abr-2012	1.085.391	241.942	300.248	68.280
Abr-2013	1.063.325	192.643	295.786	68.264
Abr-2014	1.064.767	193.848	296.162	68.419
Abr-2015	1.116.891	263.359	297.955	68.940
Abr-2016	1.051.449	131.257	291.397	67.151
Abr-2017	1.082.109	207.049	293.310	69.434
Abr-2018	1.065.345	97.428	291.001	66.828
Abr-2019	1.101.511	227.782	330.083	62.101
Abr-2020	1.071.838	107.945	346.599	63.142

Fuente: Elaboración propia

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 deproyecto (Figura 6-25). La precipitación, evaporación y temperatura son variables condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema.

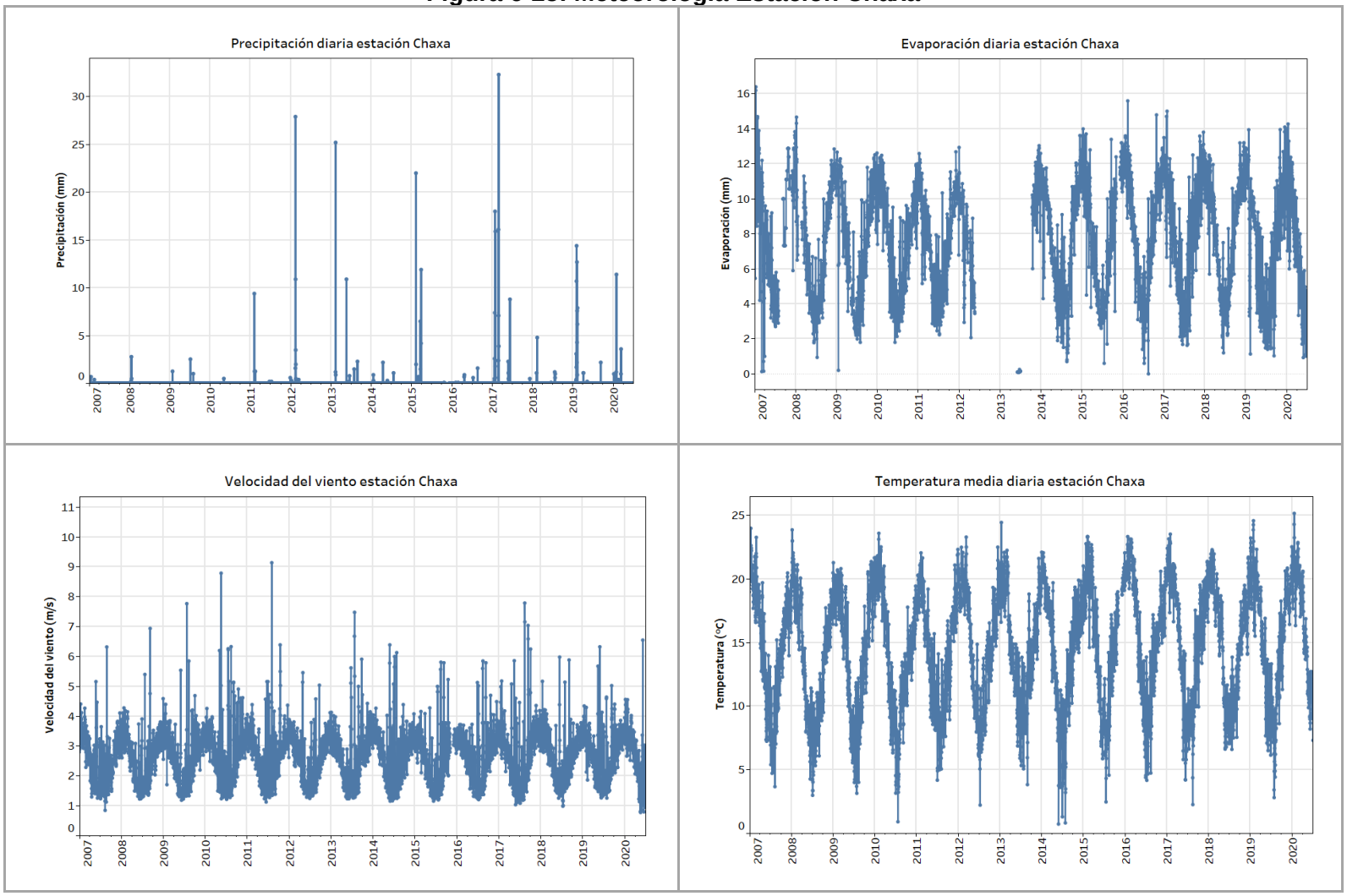
La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. El primer periodo, entre mayo 2007 y diciembre 2011, puede considerarse una época seca. Esto dado que se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 9,4 mm en 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, destacan dos eventos de precipitación los días 28 de enero y 02 de marzo, de 11,4 mm/día y 3,6 mm/día respectivamente. Acumulando un total de 18,8 mm durante el primer semestre del año 2020.

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con máximos en verano. Cabe señalar que aquellos pozos que tienen una periodicidad anual en sus niveles se encontrarían determinados por la evaporación y la temperatura del sector.

Finalmente, es importante mencionar que la falta de datos entre mediados de mayo 2012 hasta octubre 2013 se reportó en el informe Nº10 del PSAH. Esta falta de datos se debe al corte de camino producido por las precipitaciones, lo que imposibilitó el transporte del agua necesaria para el correcto funcionamiento del estanque evaporímetro. Adicionalmente, debido a las restricciones de ingreso al sector evidenciadas durante el presente período, los datos de evaporación, precipitación, temperatura y velocidad del viento debieron ser rellenados en algunos periodos[70].

[70] Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de evaporación, precipitación, temperatura y velocidad del viento debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 11.1).

Figura 6-25: Meteorología Estación Chaxa



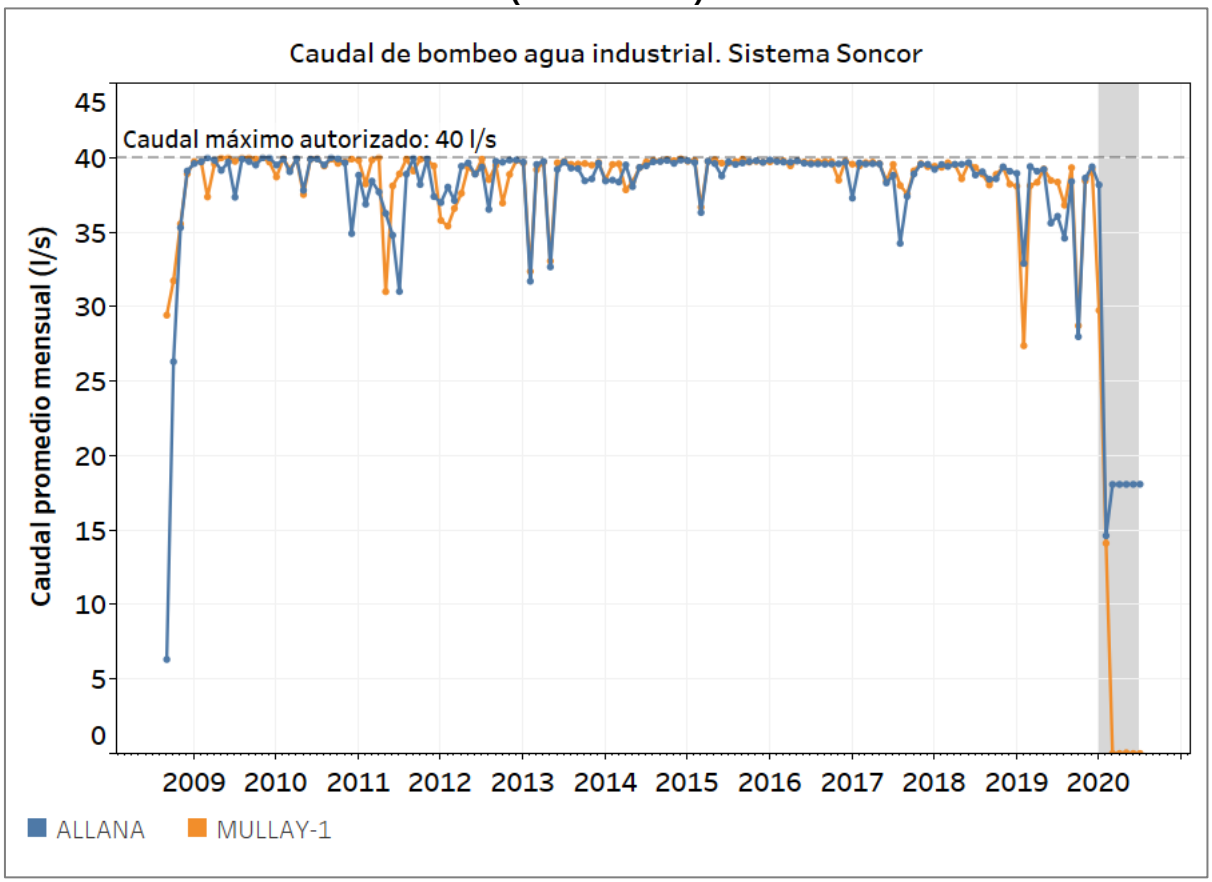
Fuente: Elaboración propia.

Caudal bombeado

Los pozos de bombeo de agua industrial Mullay-1 y Allana (ubicados en el sector aluvial frente al sistema Soncor) iniciaron sus operaciones el día 15 de septiembre de 2008. En la Figura 6-26 se muestran los caudales medios mensuales históricos hasta 30 de junio de 2020. 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 redujeron su caudal alrededor de los 39 L/s y en 2019 disminuyó aún más el régimen de extracción, registrando alcanzo mínimos sobre los 27 L/s.

En febrero de 2020, en el marco de decisiones de carácter operacional, se reduce a más de la mitad el caudal del pozo Allana (unos 18 L/s) y se deja de bombear el Mullay-1.

Figura 6-26: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Calidad Química

Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

La evolución histórica de los parámetros fisicoquímicos medidos en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor se presenta en las siguientes figuras: .

Figura 6-27, Figura 6-28, Figura 6-29, Figura 6-30, Figura 6-31,Figura 6-32 Figura 6-33, Figura 6-34, Figura 6-35, Figura 6-36 y Figura 6-37, que corresponde a los puntos L2-4, L1-4, L1-5, L1-6, L2-3, L2-5, L7-3, SOPM-7 (L2-6), SOPM-14, L1-G4 Reglilla, L7-G1, respectivamente[71, 72].

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.

[71] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008. Se adjuntó carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

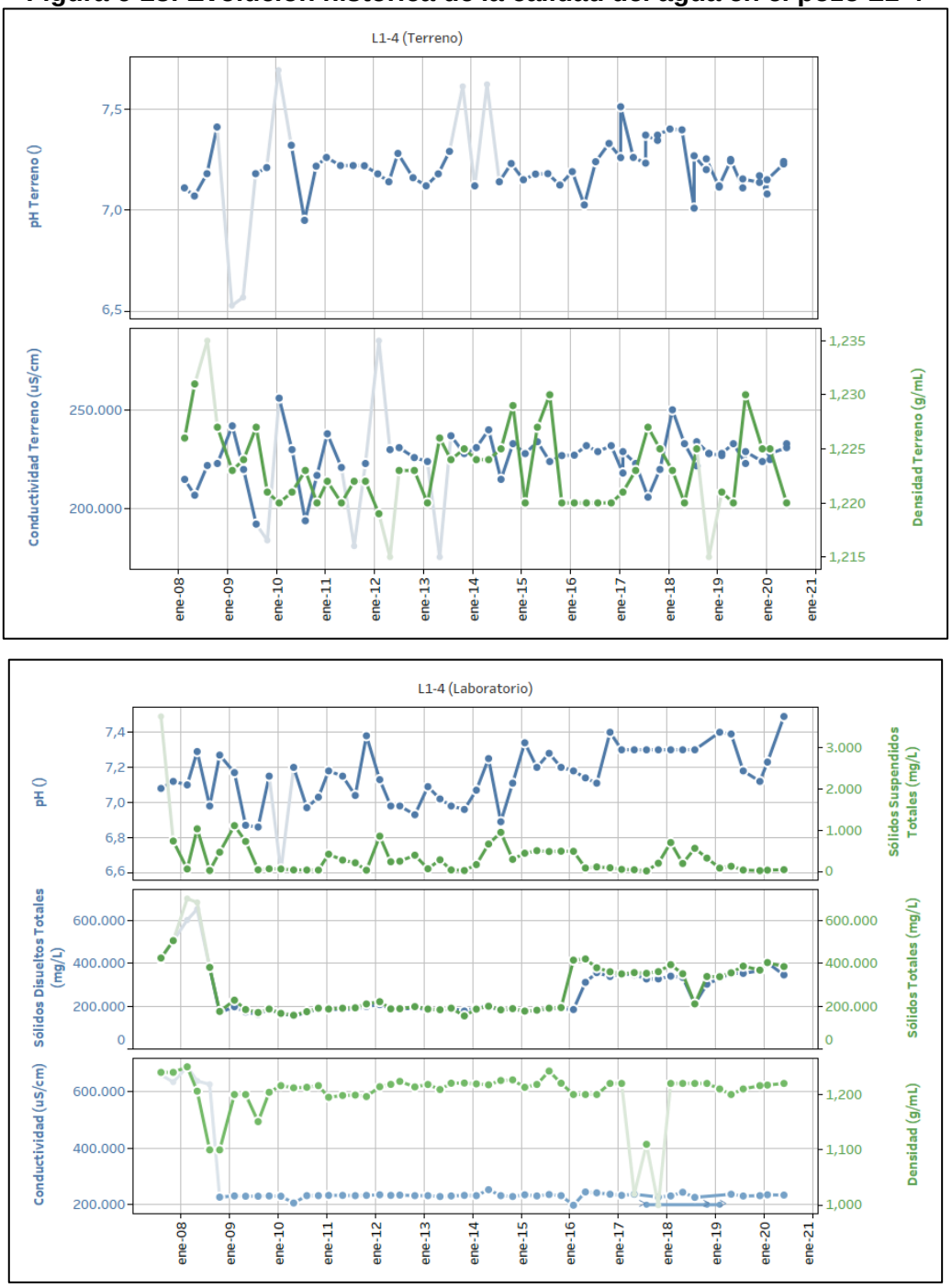
[72] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para evitar que vuelva a suceder. Esta carta se presenta en el Anexo 10.2.

Figura 6-27: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4



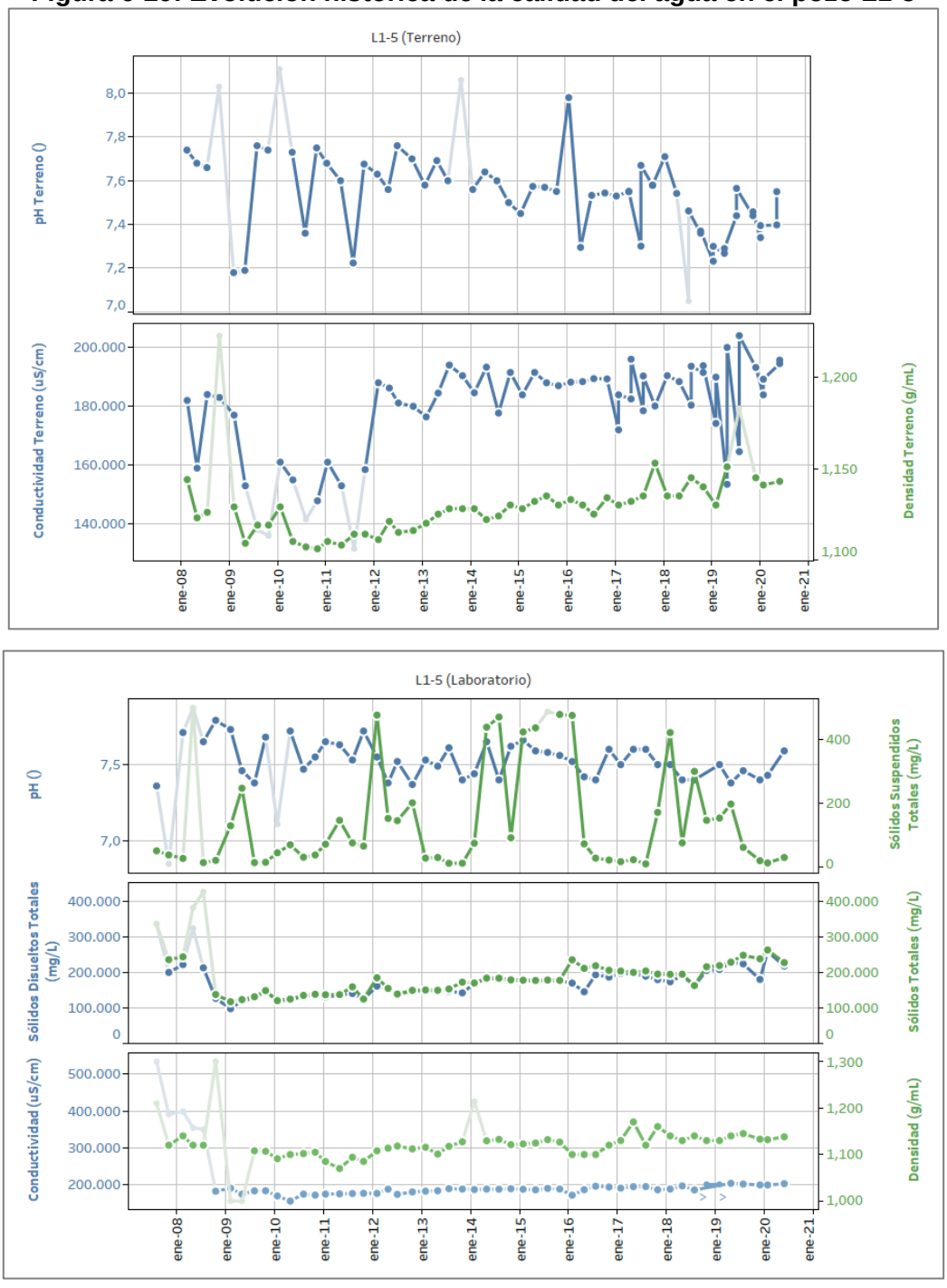
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-28: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4



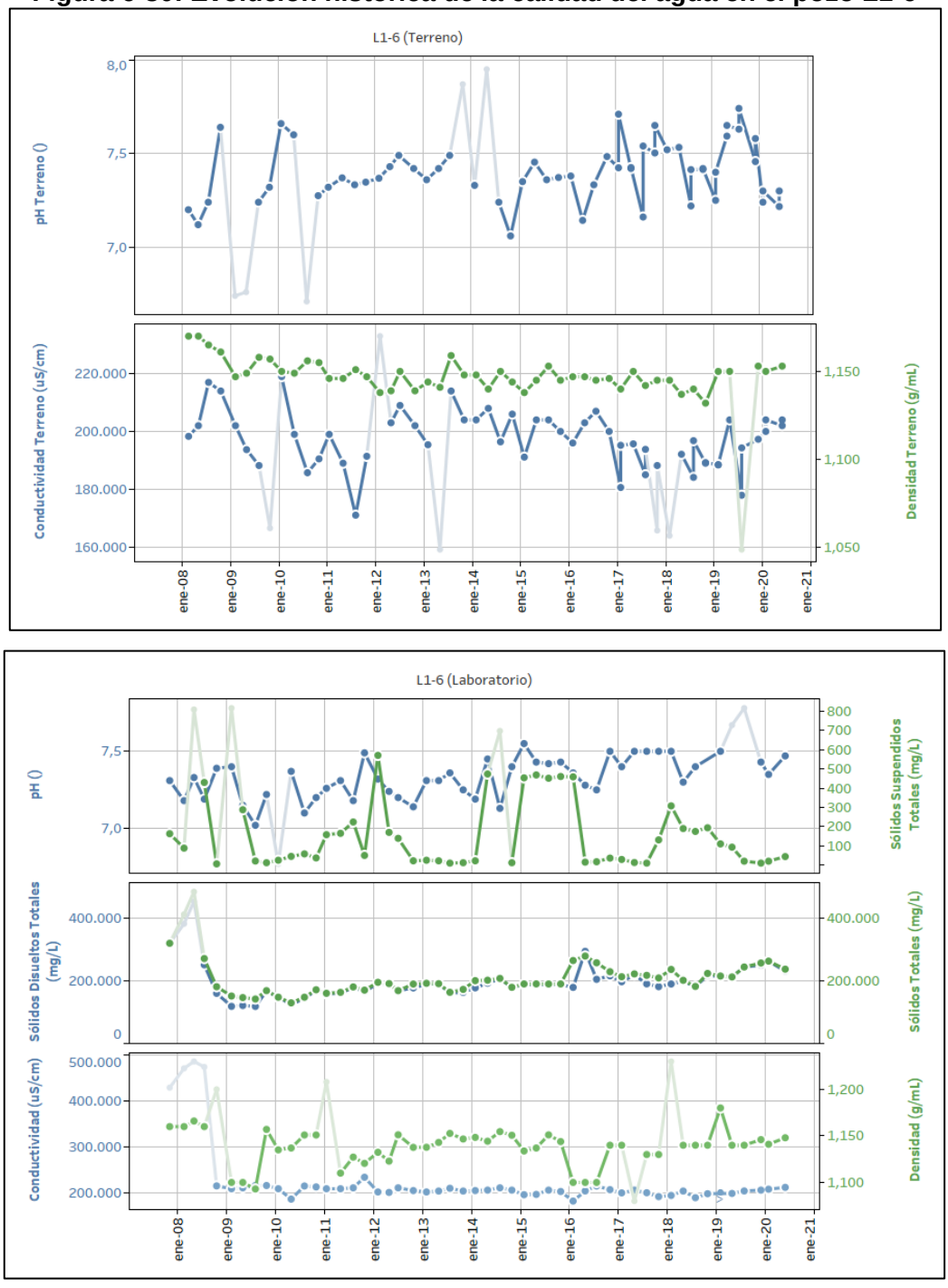
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-29: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5



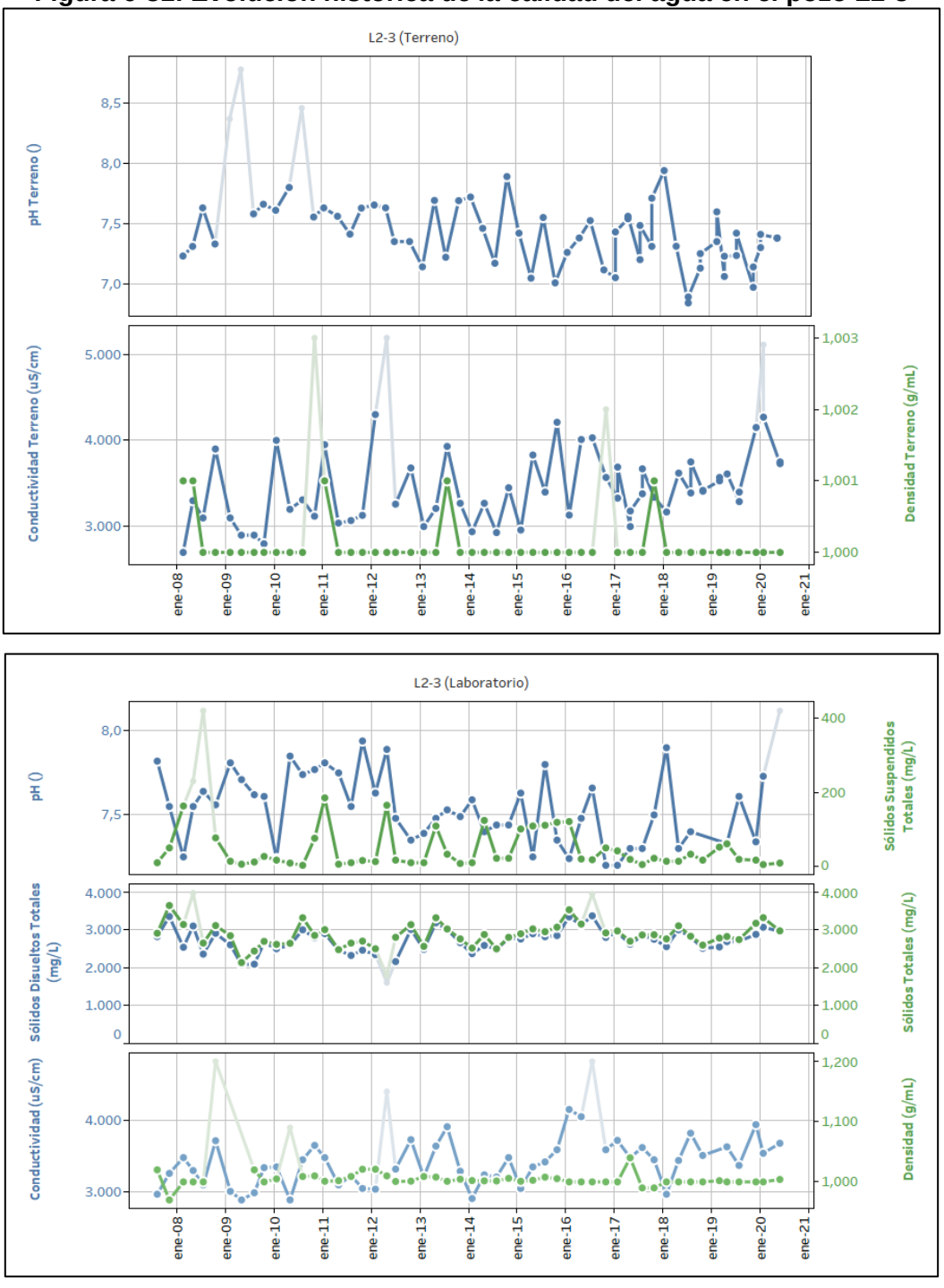
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6



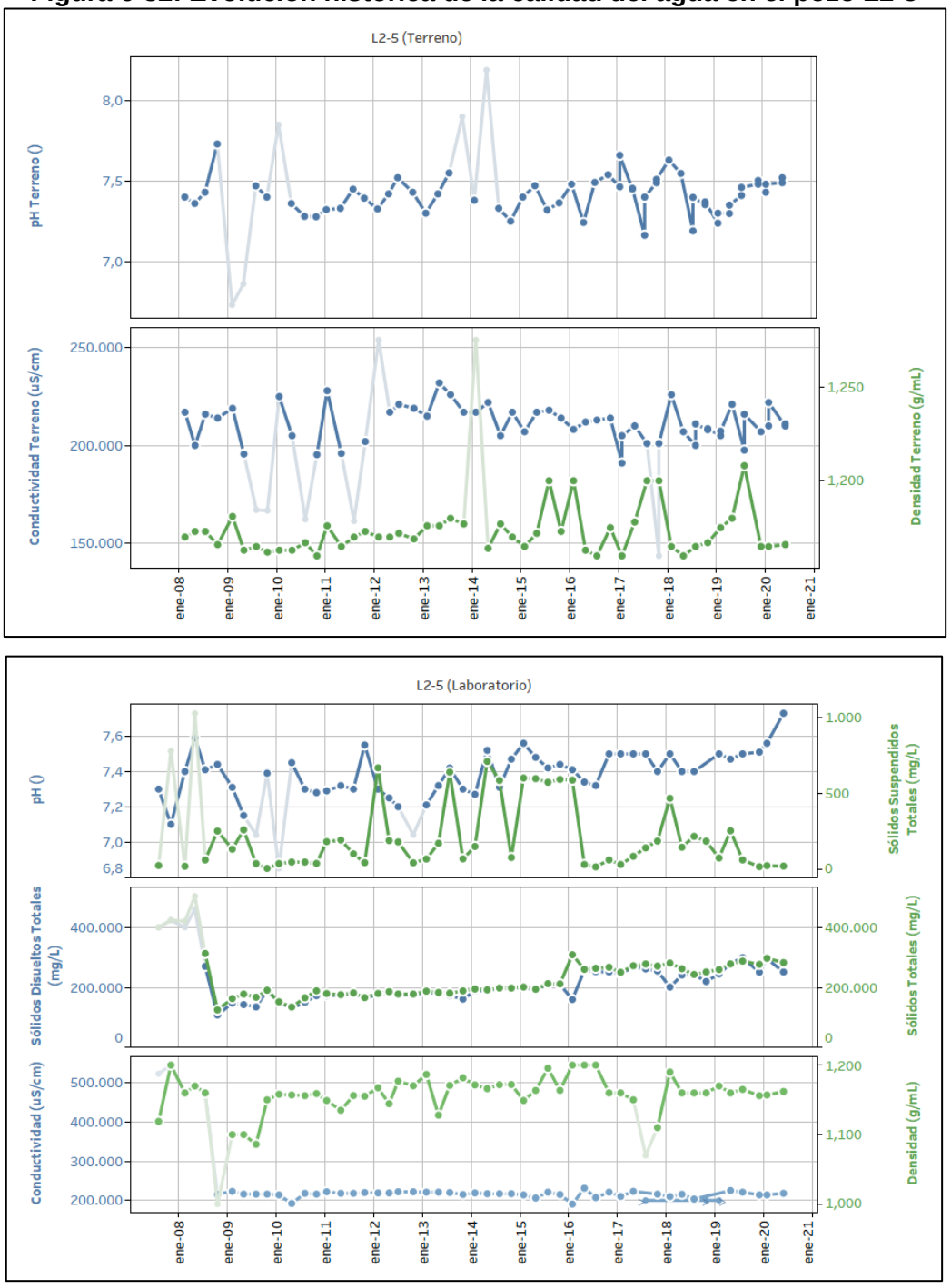
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3



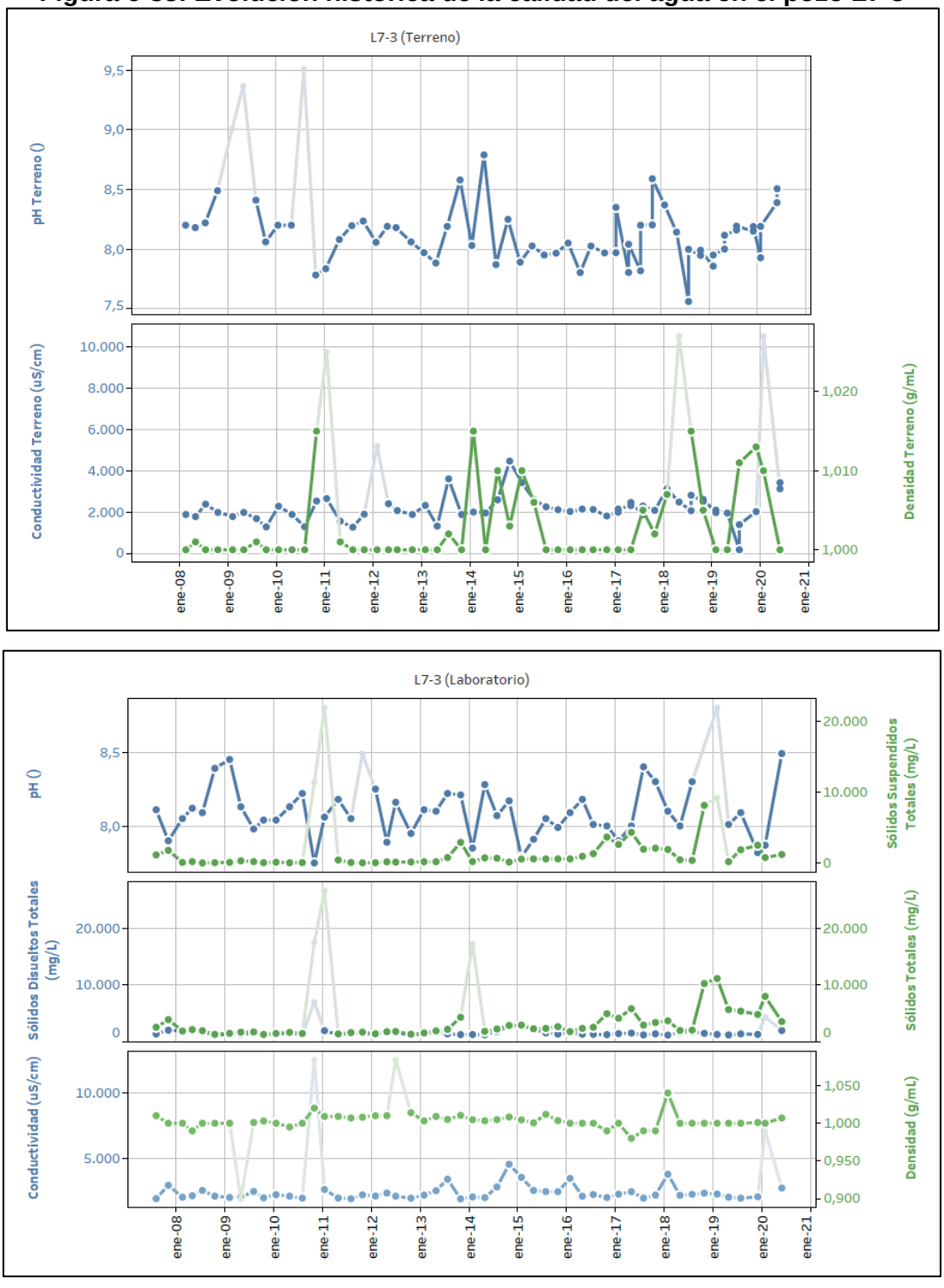
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5



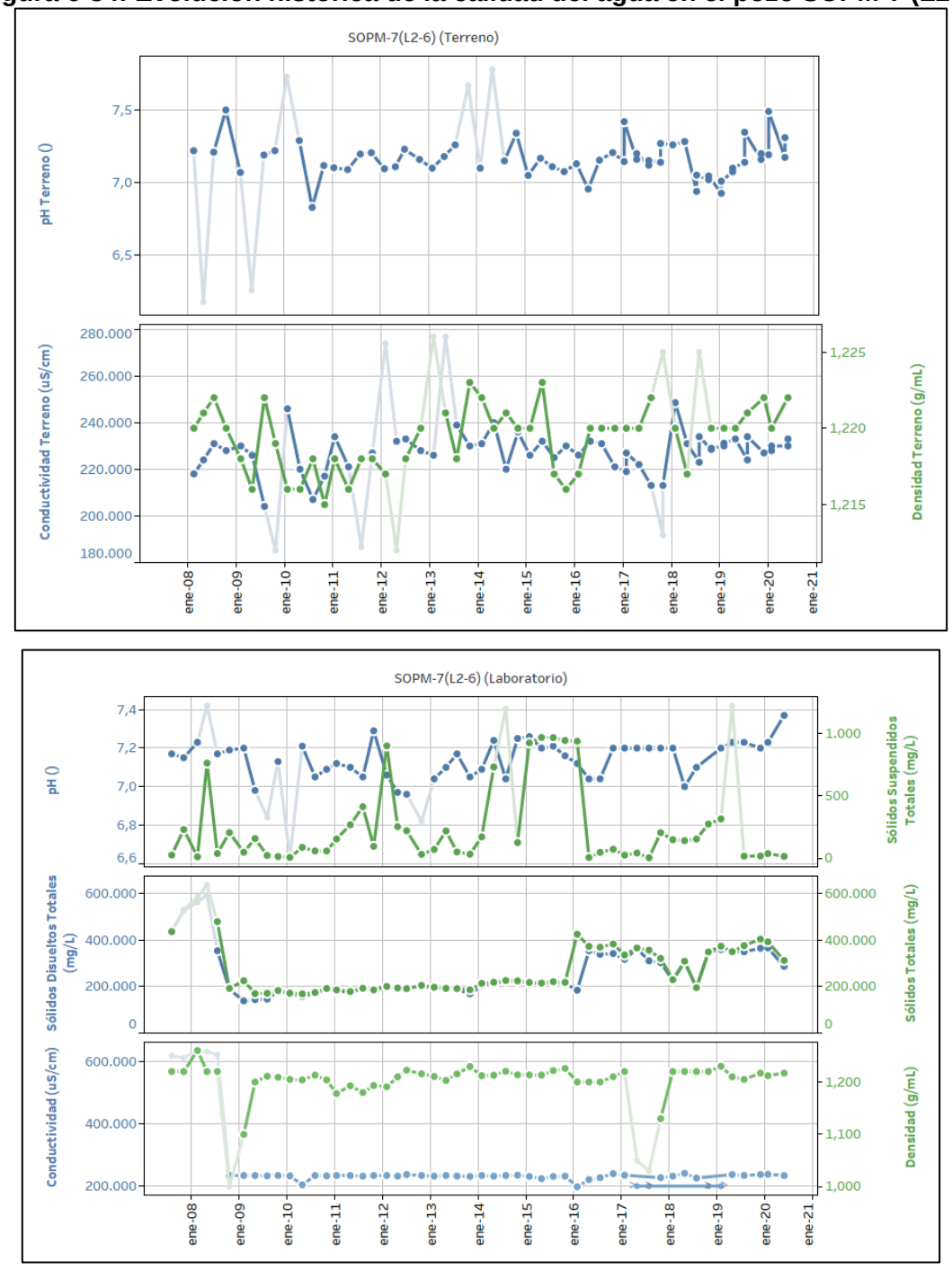
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3



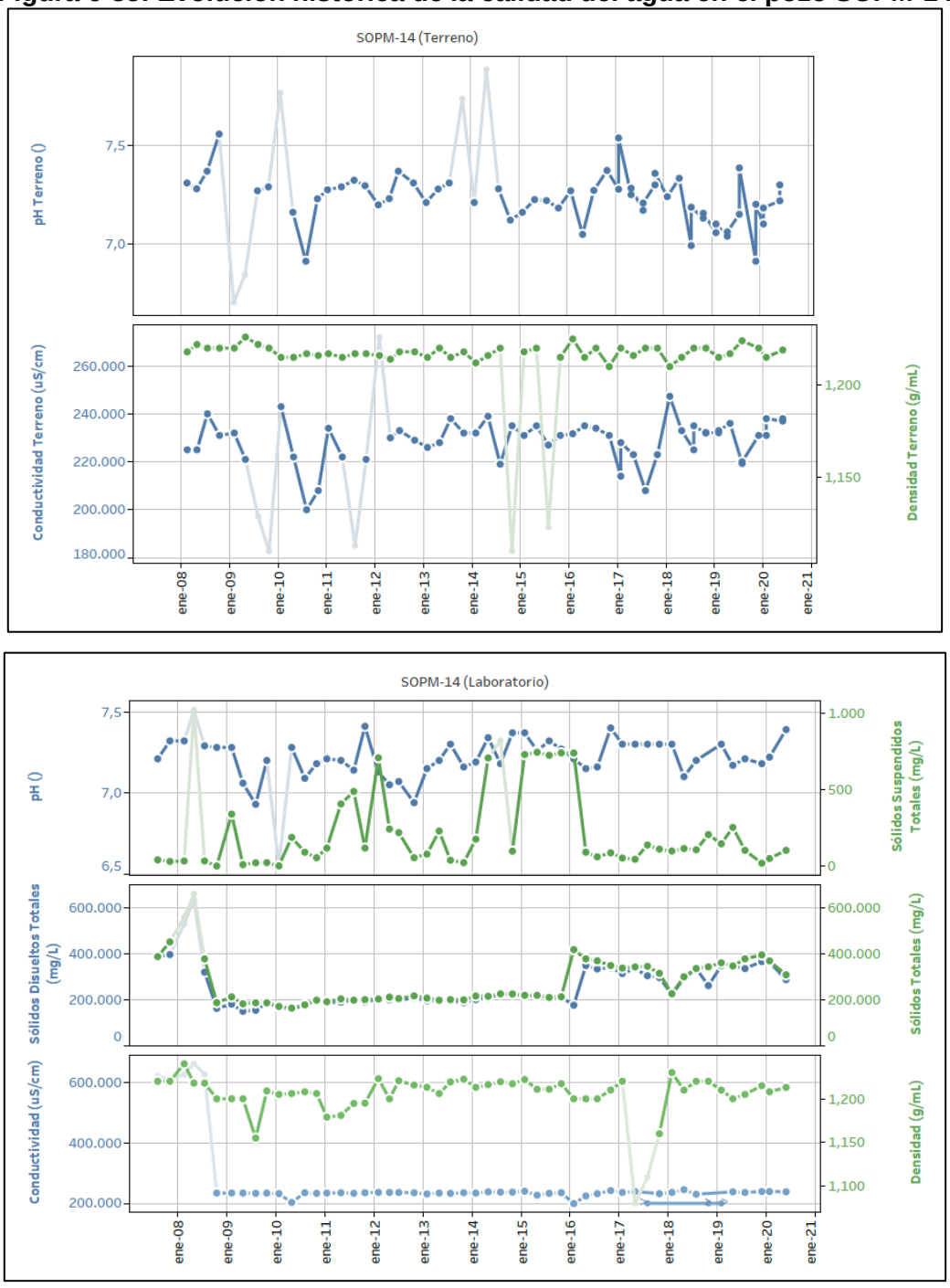
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6)



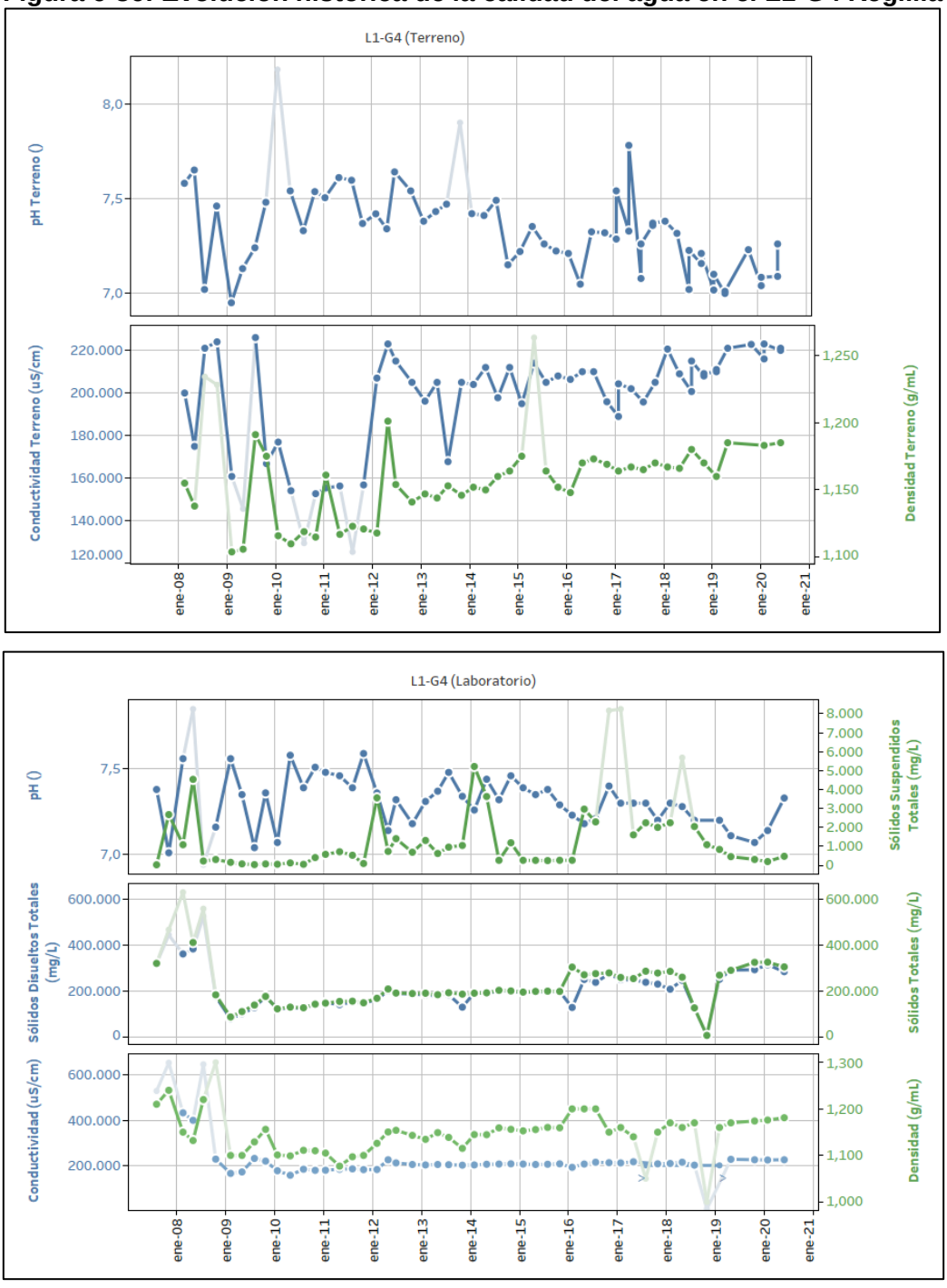
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14



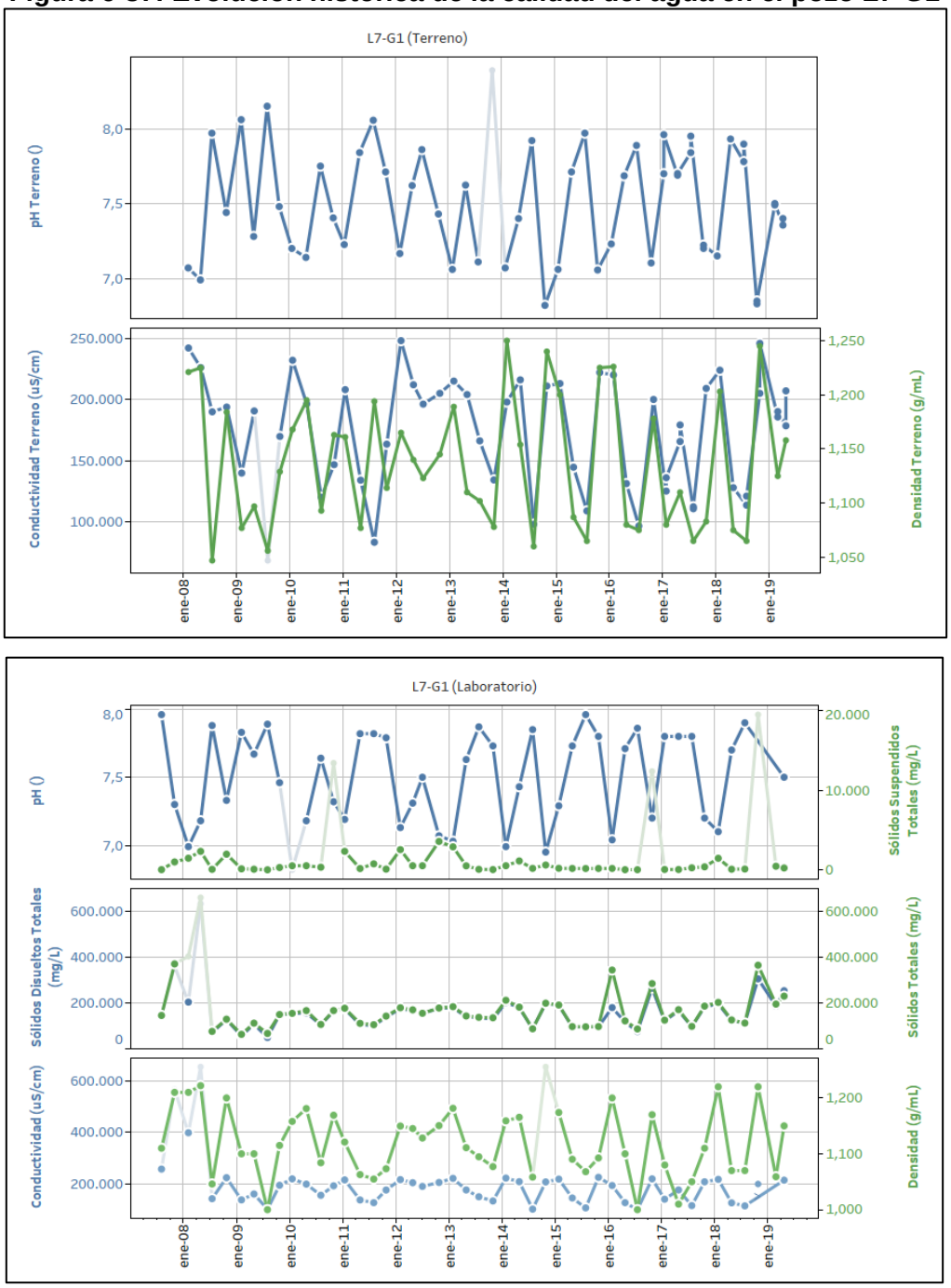
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

En la mayoría de los pozos y reglillas las mediciones realizadas el primer semestre de 2020 se encontraron dentro del rango registrado históricamente. Las excepciones pueden agruparse en tres tipos:

- Valores elevados pH en laboratorio en la campaña de mayo: L7-3, SOPM-7 (L2-6) y SOPM-14, presentando en algunos puntos el valor máximo de la serie histórica: L1-4, L2-3, L2-5. Este aumento de pH no se observa para los mismos puntos en el resultado de pH de terreno lo que puede significar que es producto de la medición en laboratorio o algún proceso ocurrido en el transporte.
- variaciones naturales puntuales: CE y SDT en L2-4 se encontraron sobre el rango histórico desde abril de 2019 (post episodio lluvias), desde ese momento ambos valores han descendido y en el último periodo presentan una leve tendencia al descenso.
- 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[73].

En el pozo L1-6 aumentan los Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales, pero el resto de los parámetros se encuentran estables.

[73] 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.

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 anterior informe 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.

Calidad del agua en pozos de agua industrial

La evolución histórica de los parámetros monitoreados en los pozos de extracción de agua industrial Mullay-1 y Allana se presentan en la Figura 6-38 y Figura 6-39 , respectivamente.

Ambos puntos se encuentran en el acuífero aluvial, caracterizado por presentar una CE y concentración de SDT menores de 5.000 µS/cm y 5.000 mg/L, respectivamente. El modelo conceptual en el acuífero aluvial índica que la dirección de flujo es hacía el oeste, en su trayecto hacía la zona marginal las aguas se enriquecen por disolución de sales, descargando en la zona marginal y sistemas lagunares, donde la mayor parte de esta agua se evapora. La estabilidad en los parámetros químicos de estos pozos garantiza que la calidad de las aguas que llegan a la zona marginal y sistemas lagunares.

En ambos pozos de extracción la mayoría de las mediciones realizadas el primer semestre de 2020 se encuentra dentro del rango histórico, con la única excepción del sulfato; en el pozo Allana en el periodo de mayo 2020 representa un valor máximo histórico de la serie, presentando un incremento brusco respecto a su serie histórica, la revisión de los resultados siguientes confirman que se trata de un valor outlier.

Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



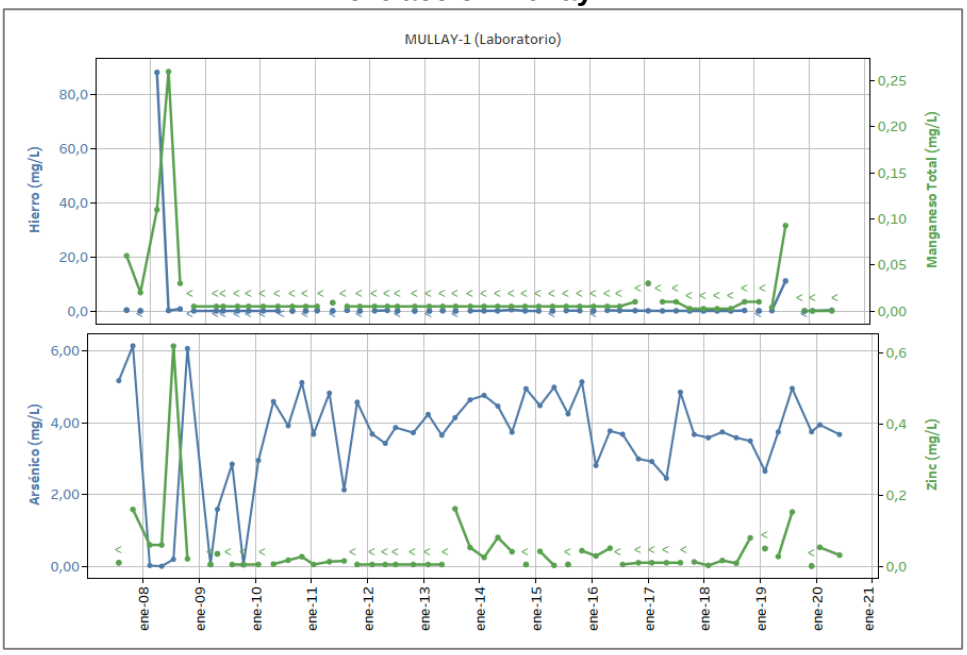
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-38 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



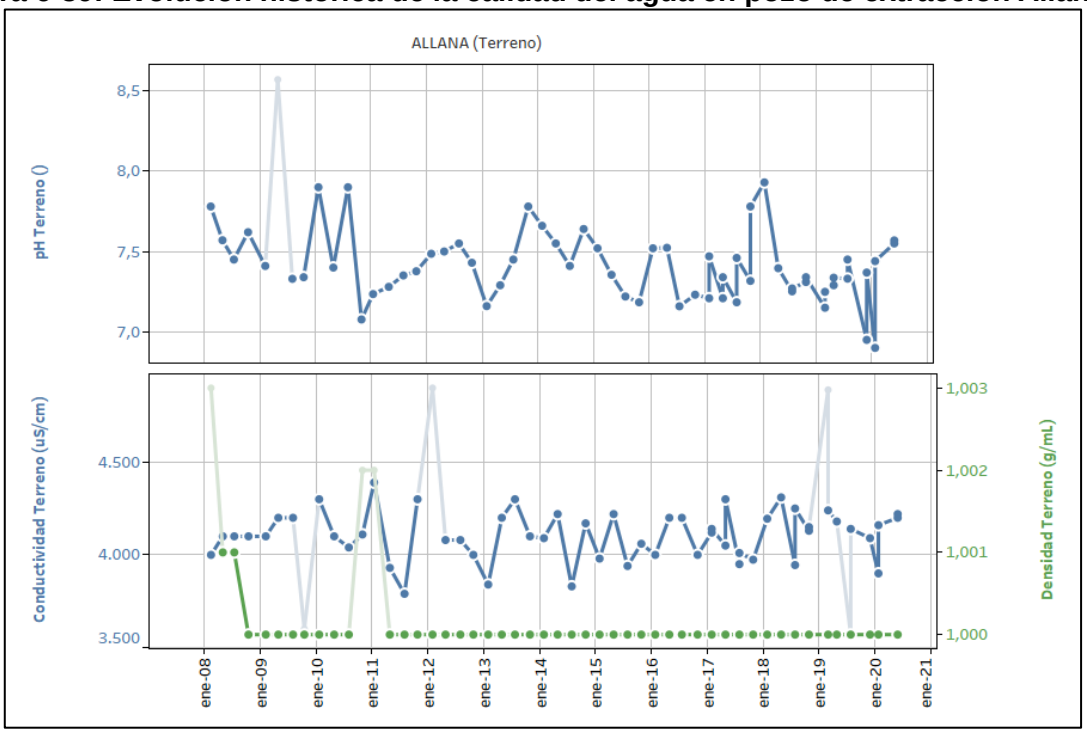
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-38 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



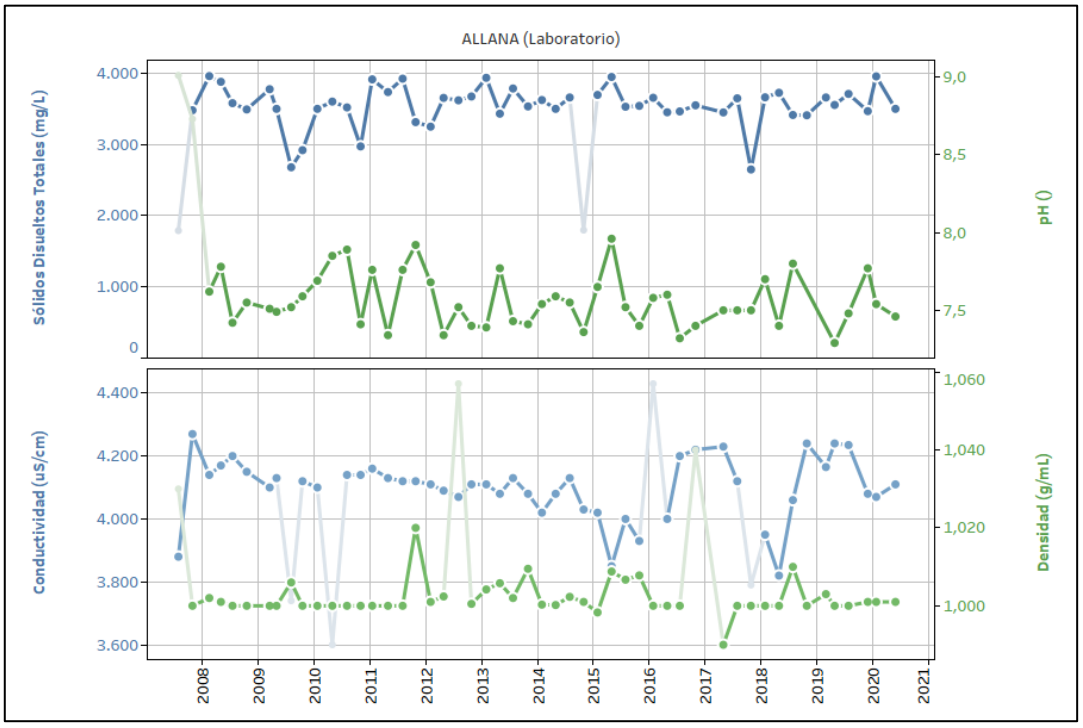
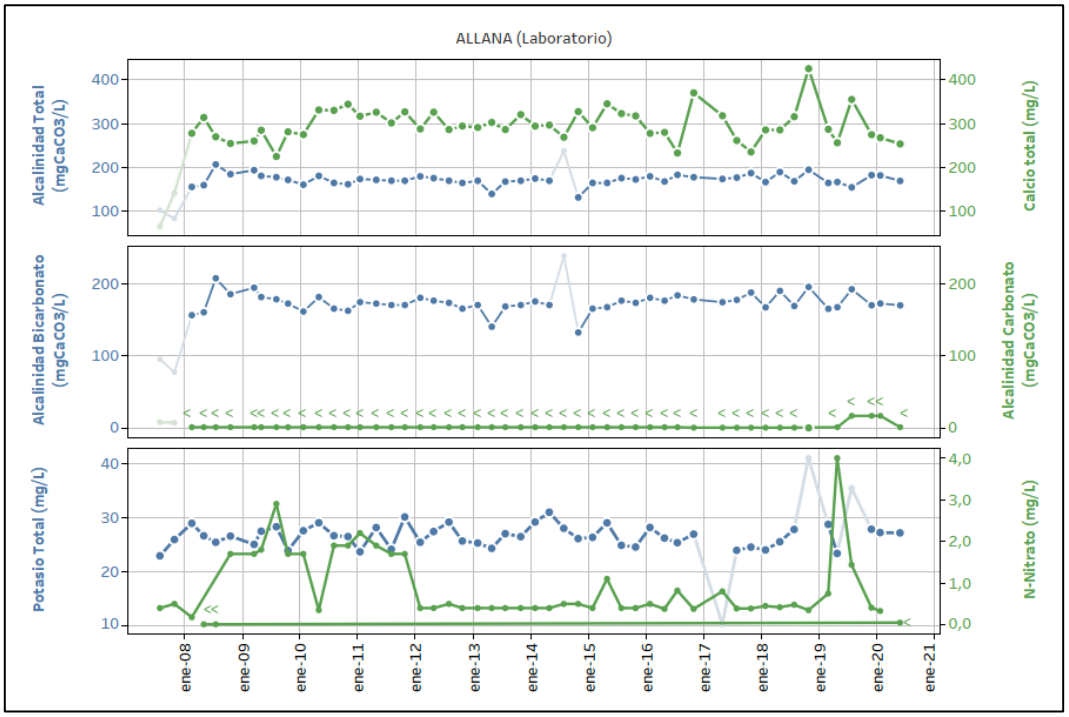


Figura 6-39 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



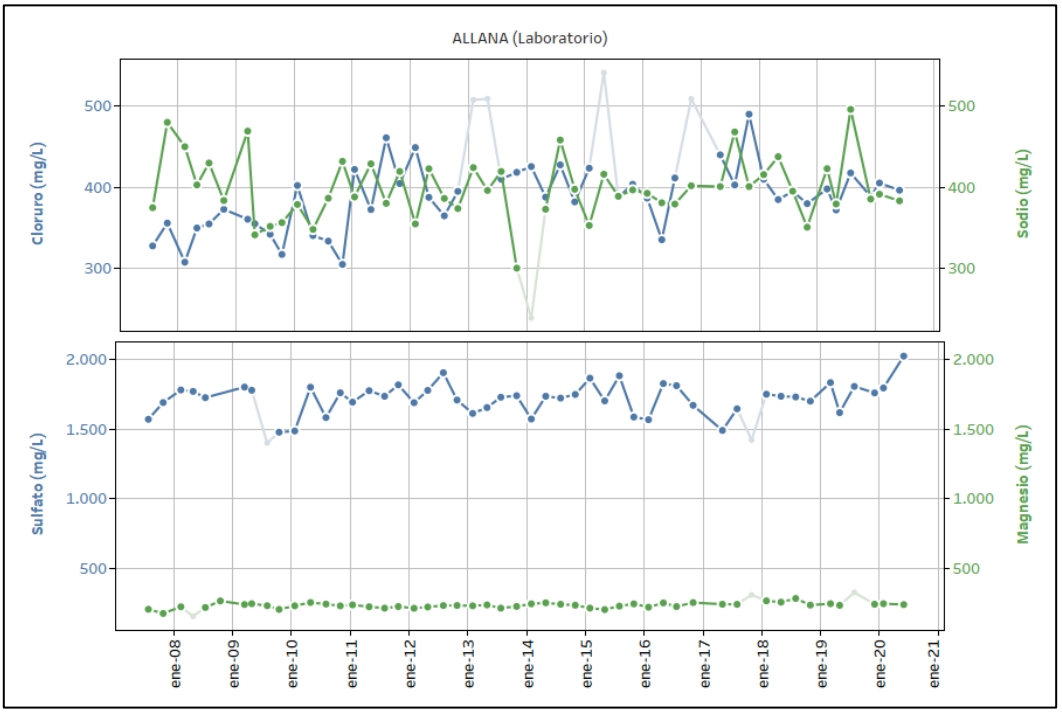
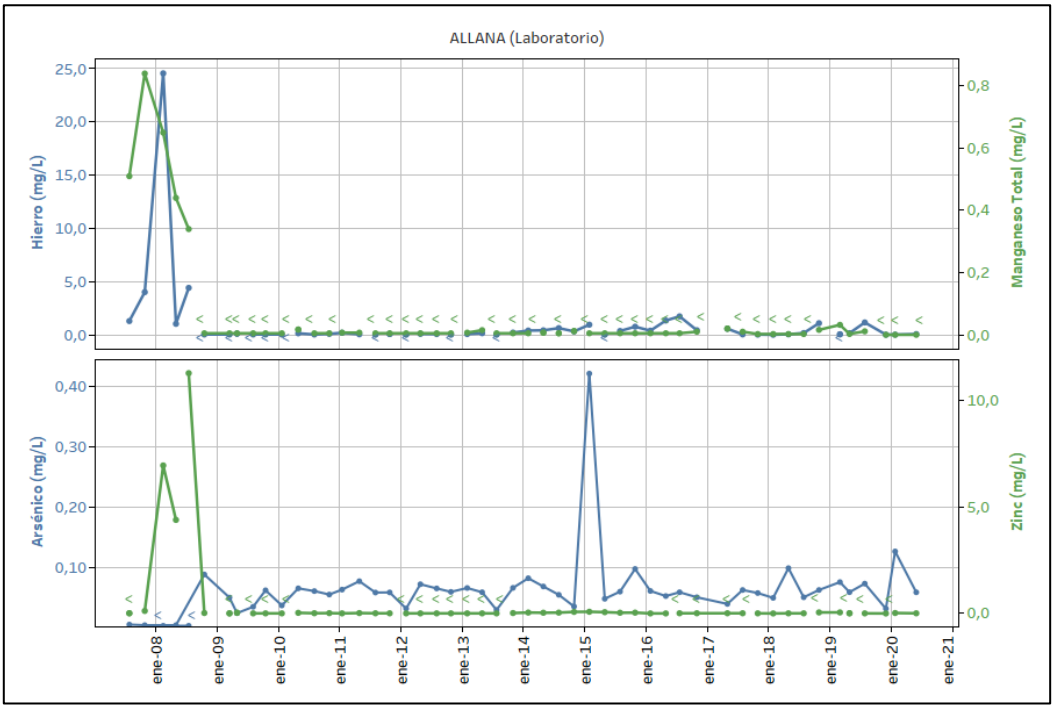


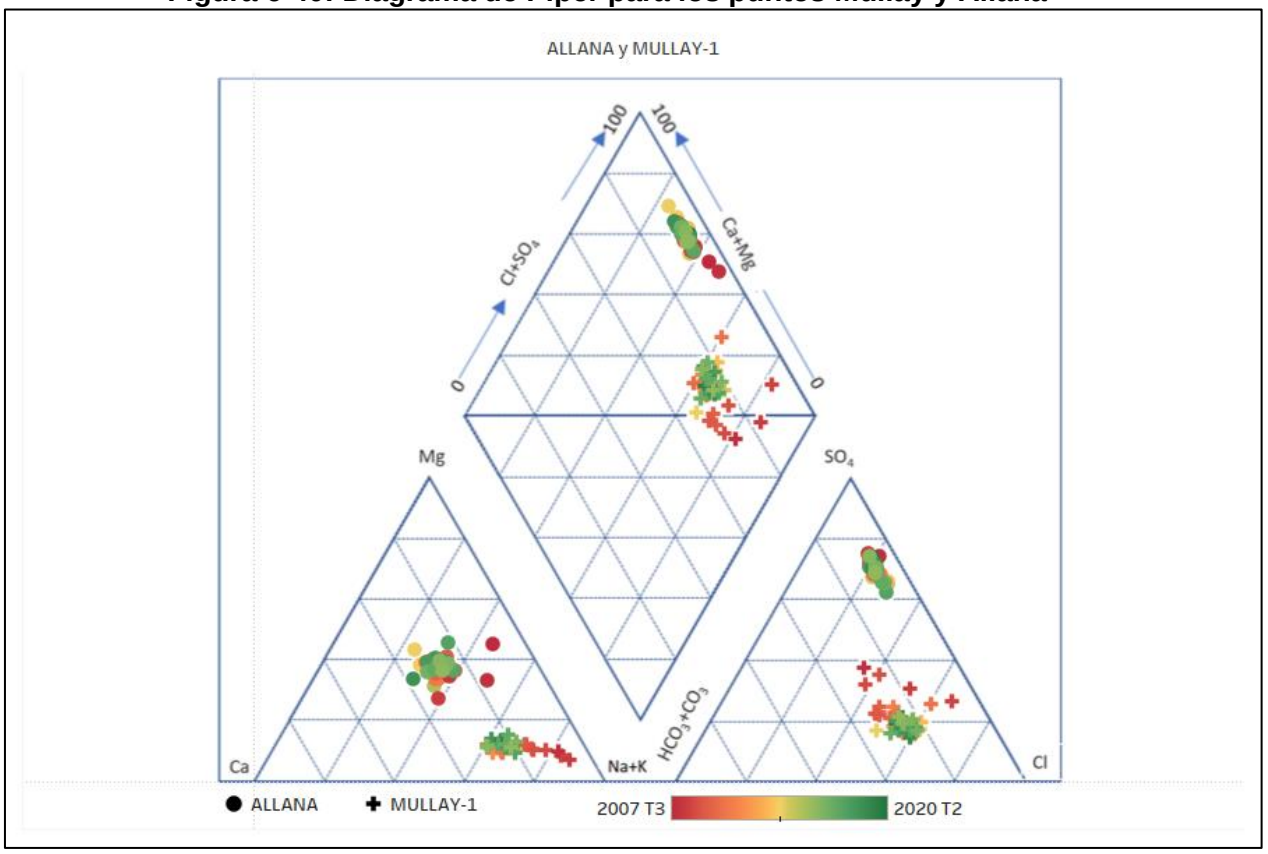
Figura 6-39 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">" . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

La Figura 6-40 muestra un diagrama de Piper para las muestras colectadas en estos puntos que han sido validadas con un balance iónico menor de 10%. El pozo Allana presenta una composición marcadamente sulfatada cálcica magnésica, en diferencia a 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.

Figura 6-40: Diagrama de Piper para los puntos Mullay y Allana



Fuente: Elaboración propia

Respecto a tendencias temporales, en la Figura 6-40 se observa que las primeras muestras la calidad del agua en el pozo Mullay-1 presentaban mayores concentraciones de sodio y potasio, posteriormente disminuyeron aumentando las concentraciones de calcio y en menor medida de magnesio. Relativo a los aniones, puede verse que al comienzo el punto Mullay-1 tuvo algunas variaciones erráticas en alcalinidad, sulfatos y cloruros, en varios de estos casos las concentraciones pueden considerarse outlayers, según el criterio de concentración de promedio ± 2 STD. Exceptuando esos puntos, los cloruros mostraron un aumento hasta 2013. Sobre el resto de los parámetros, únicamente muestran leve tendencia al aumento los sólidos disueltos totales y la conductividad. La ausencia de tendencia en los últimos años indica que el punto ha alcanzado cierto equilibrio en la zona de donde recibe sus aportes, mostrando químicas más estables.

El punto Allana, presenta una menor evolución en sus iones mayoritarios (Figura 6-40) inicialmente tuvo menor concentración de cloruros, mayores concentraciones de sodio + potasio, posteriormente a 2010 en general se ha mantenido estable.

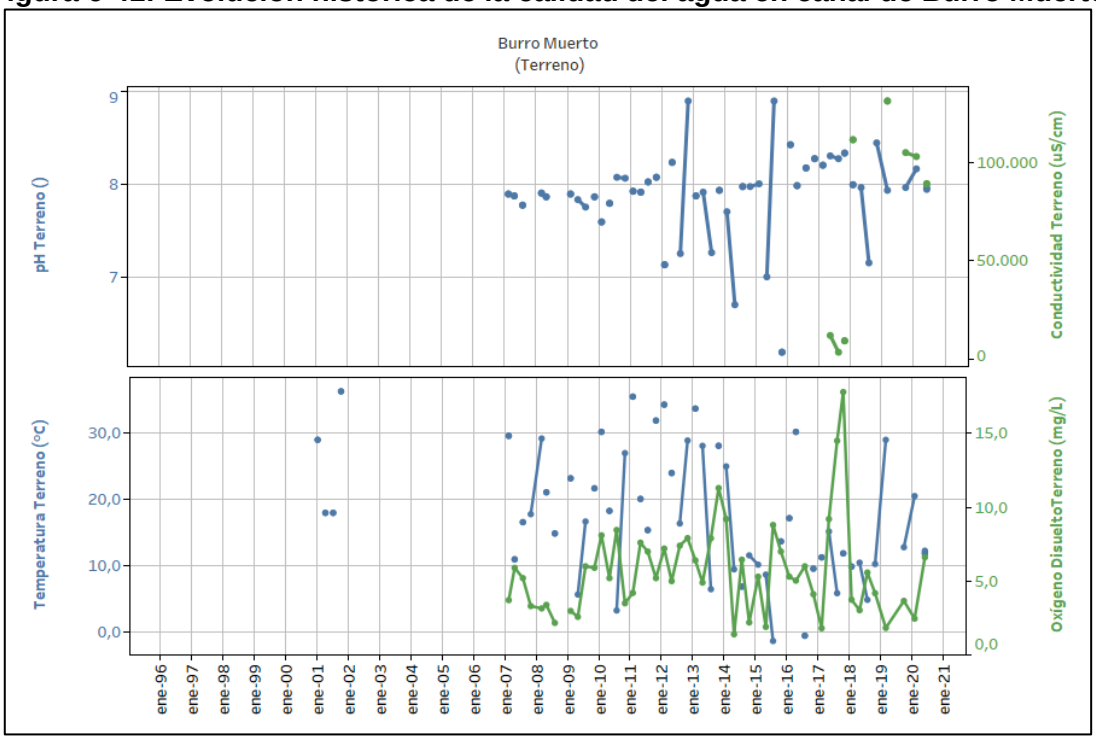
Calidad del agua en sistemas lacustres

Las Figura 6-41, Figura 6-42, Figura 6-43 y Figura 6-44 presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en Burro Muerto, Chaxa, Barros Negros y Puilar, respectivamente. En primer término, se muestran los parámetros medidos por SQM (ALS) y a continuación los medidos en el marco del exconvenio de CONAF (Hidrolab – UCN).

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, 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.

Todos los resultados de analitos reportados en el primer semestre de 2020 se encuentran dentro de la variación histórica para cada punto, sin evidenciarse ningún comportamiento de tendencia.

Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto



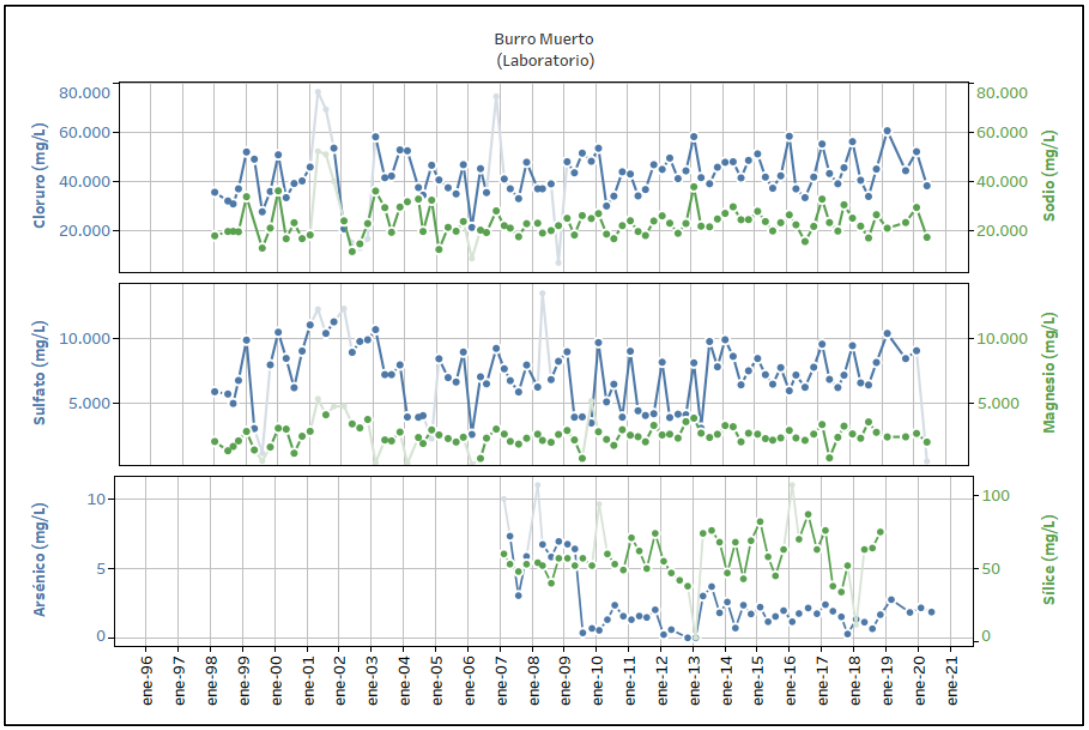
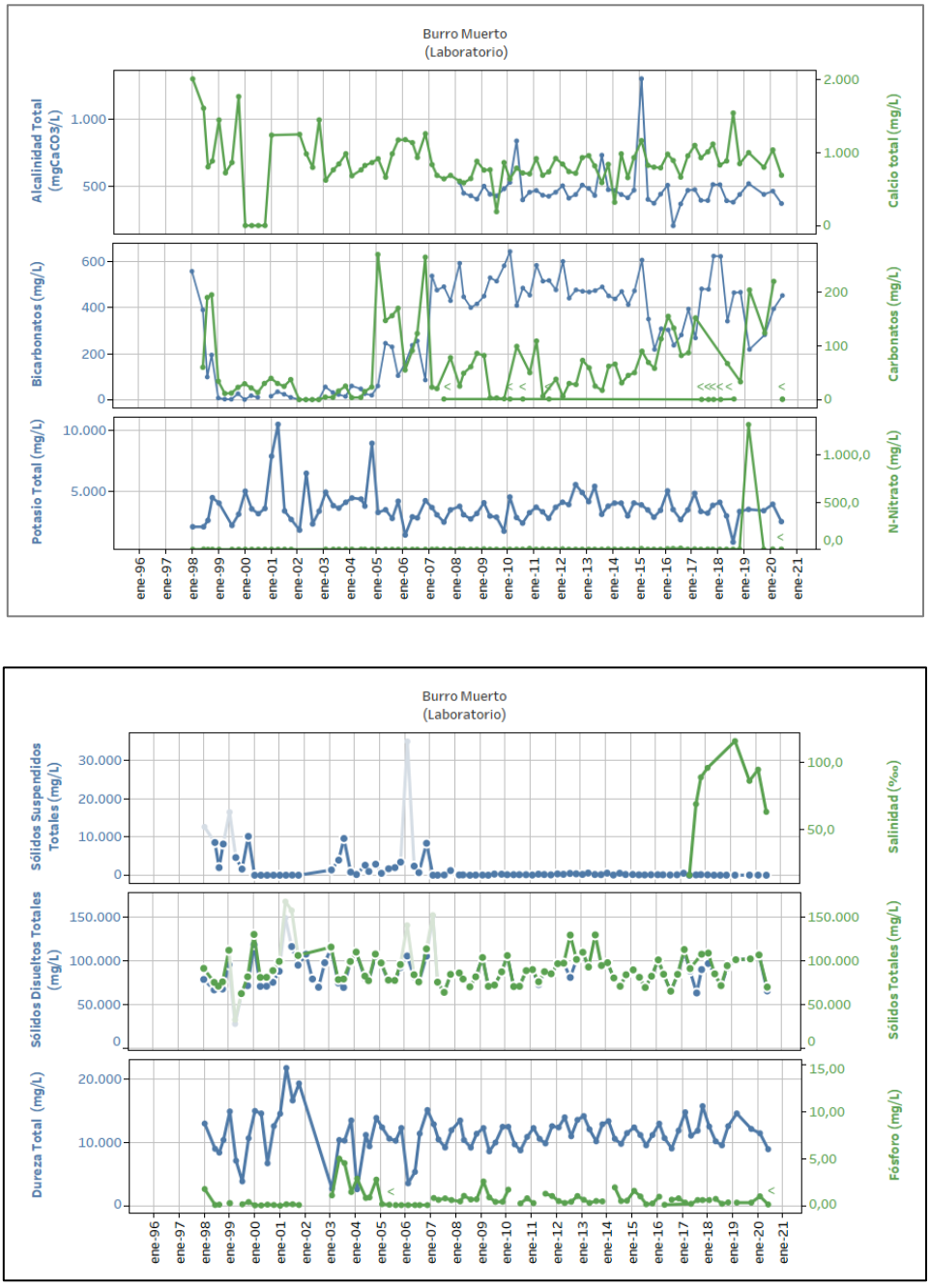
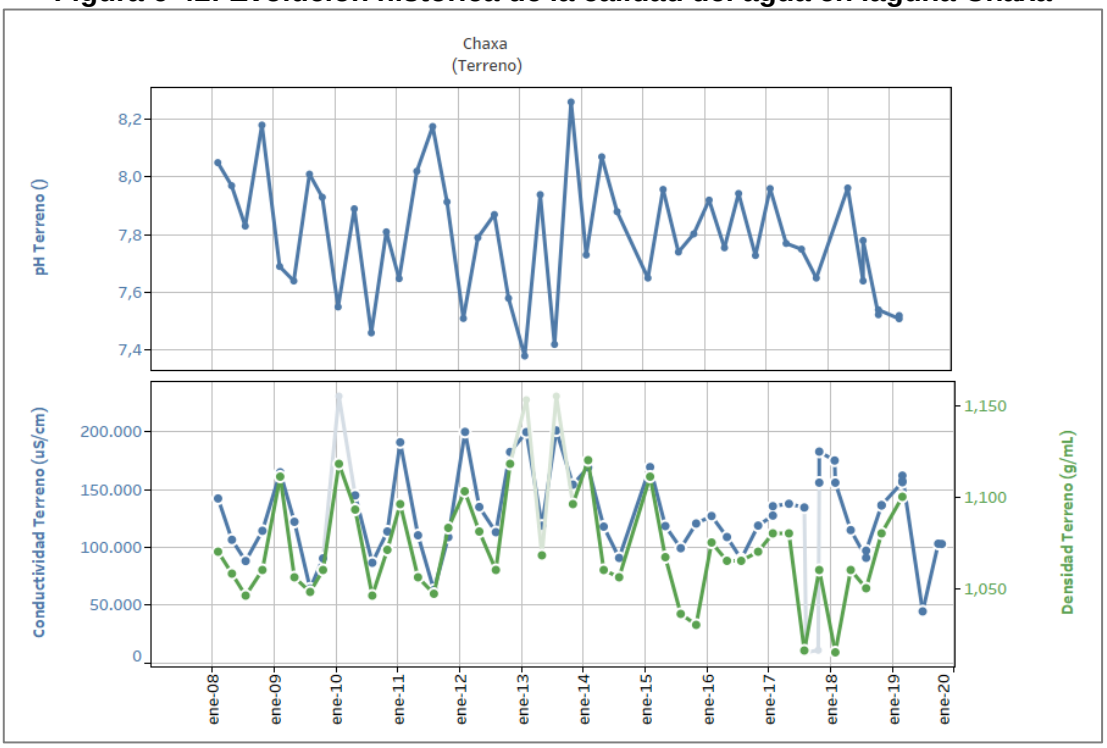


Figura 6-41 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de Sólidos suspendidos Totales para febrero 2006 (35.040mg/L) y el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1.325mg/L). Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa



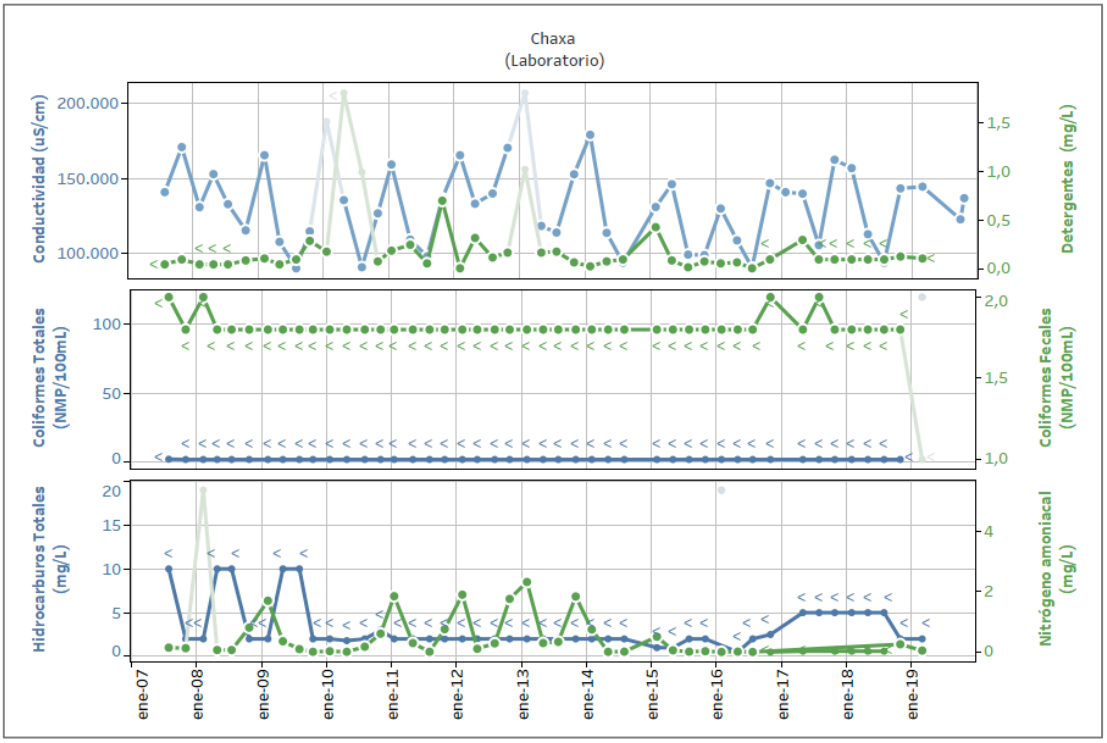


Figura 6-42 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

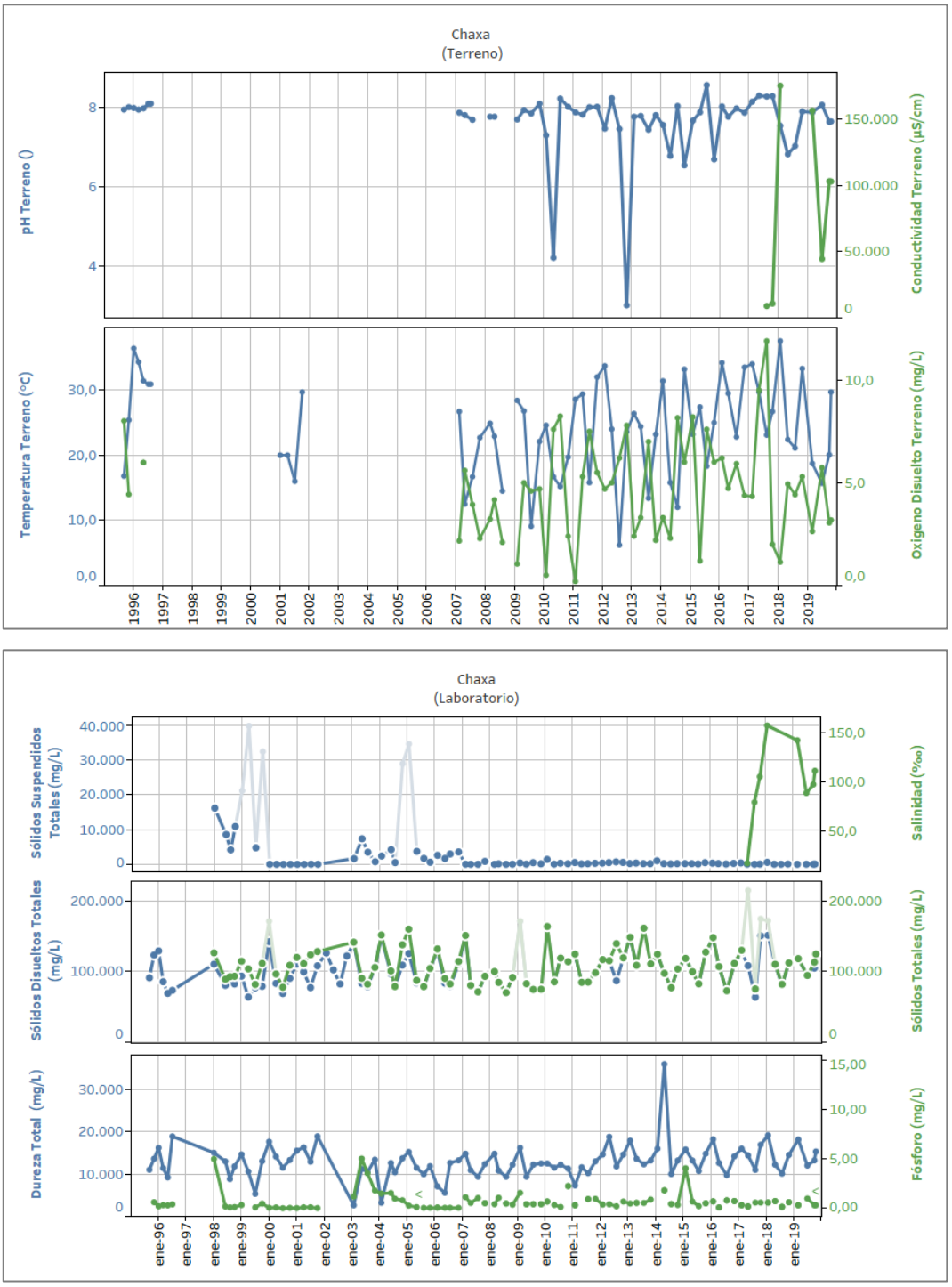
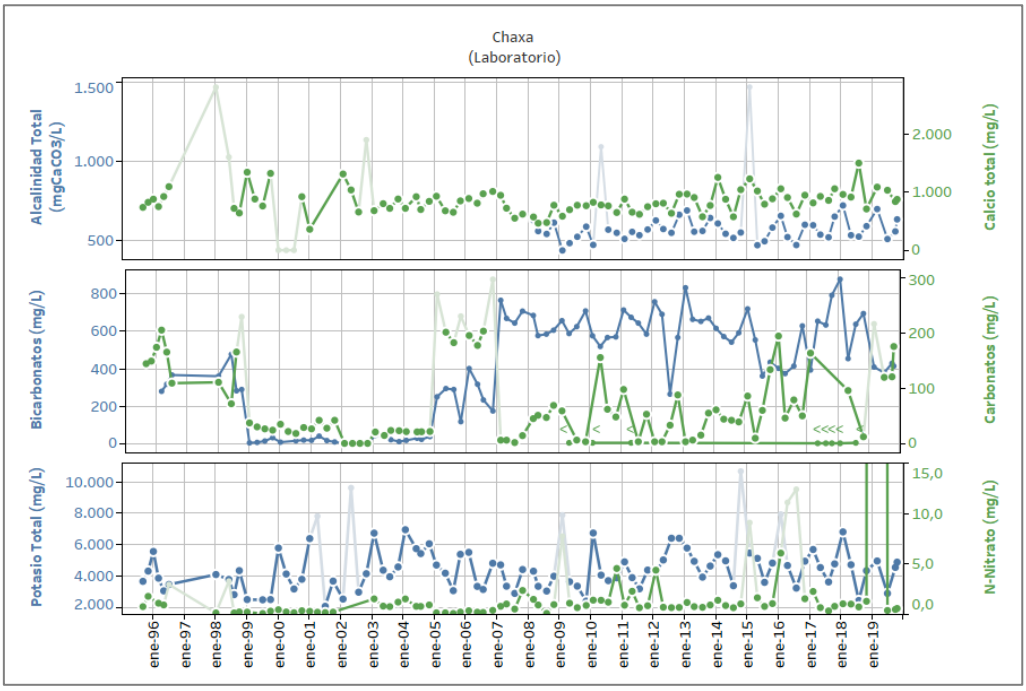
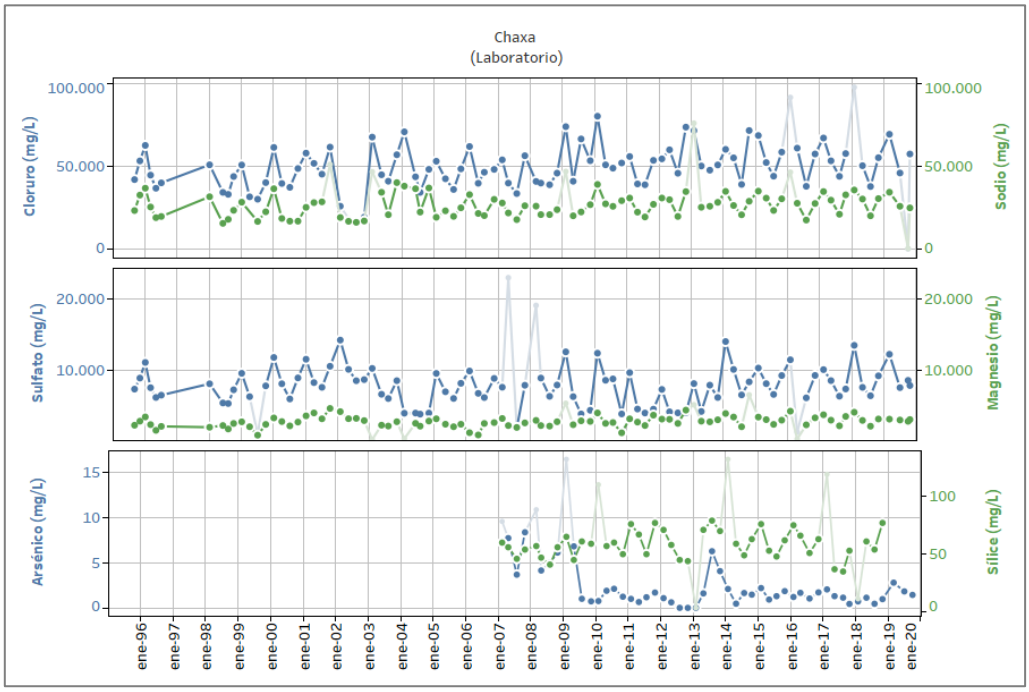


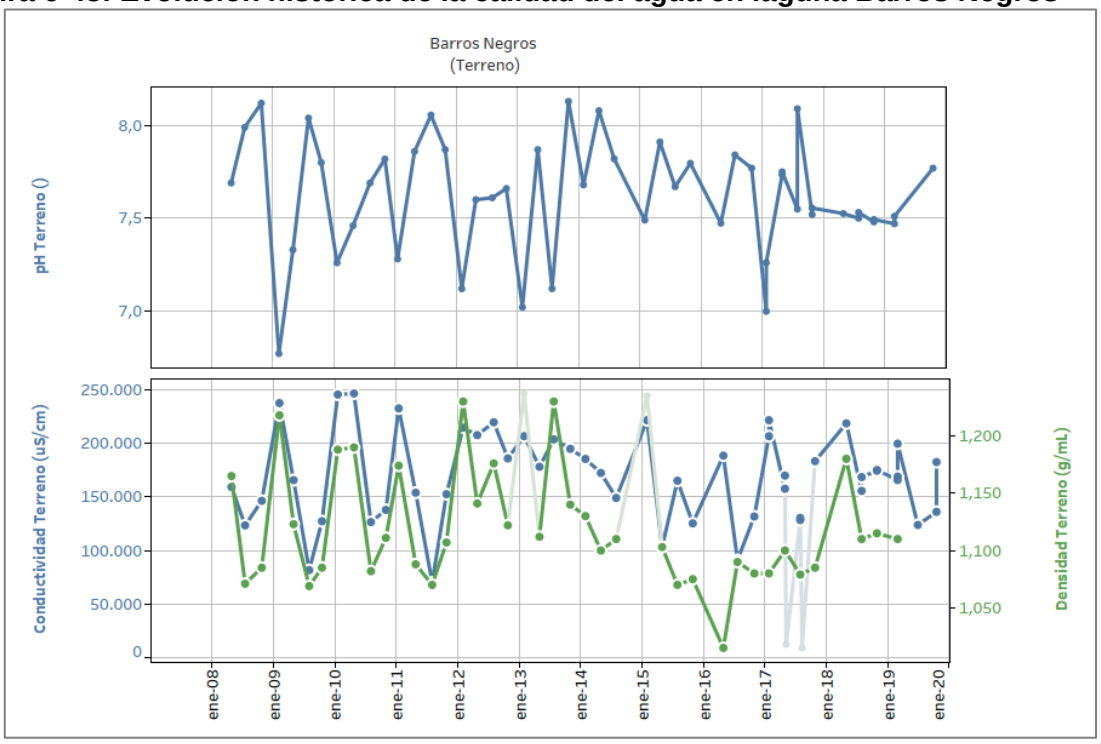
Figura 6-42 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa





Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1325mg/L). Los valores <LD o >LD se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros



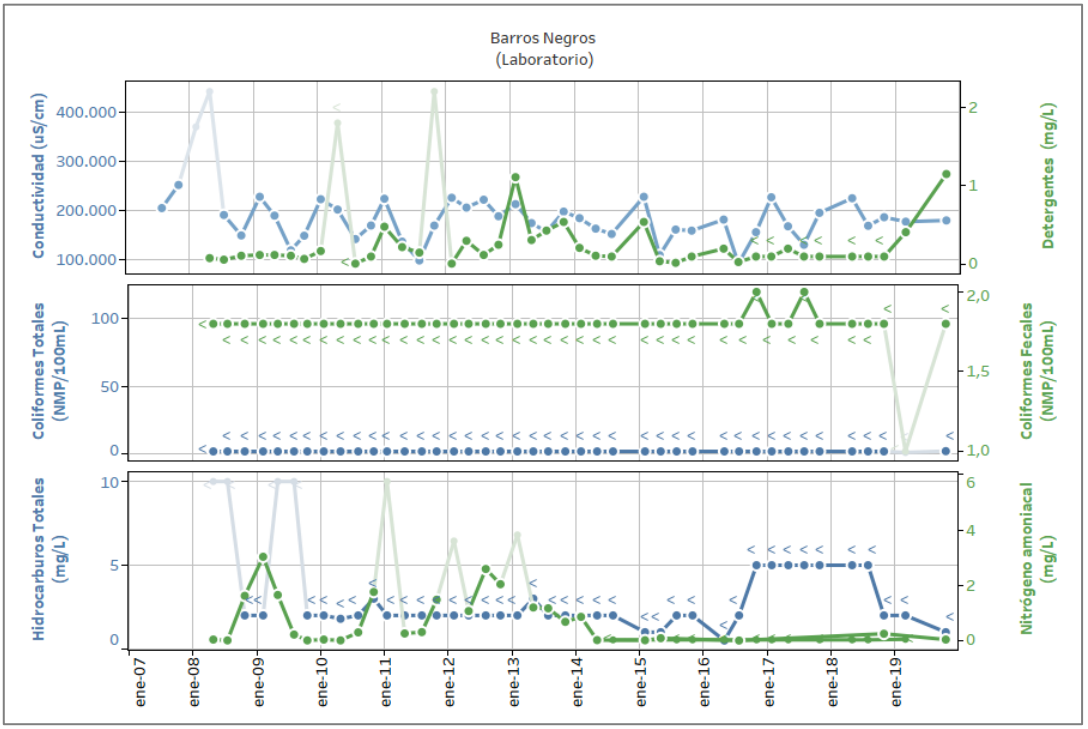
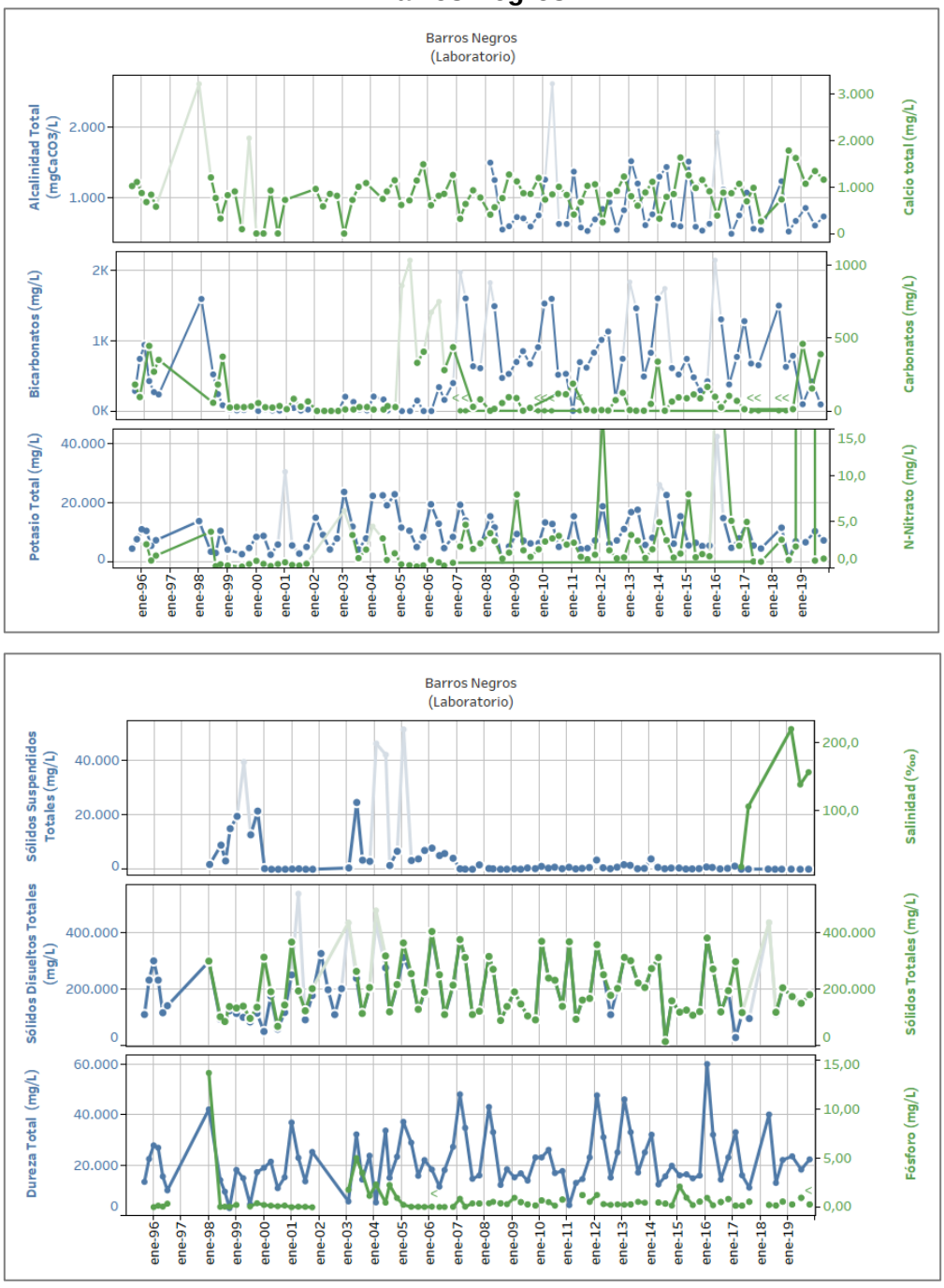


Figura 6-43 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

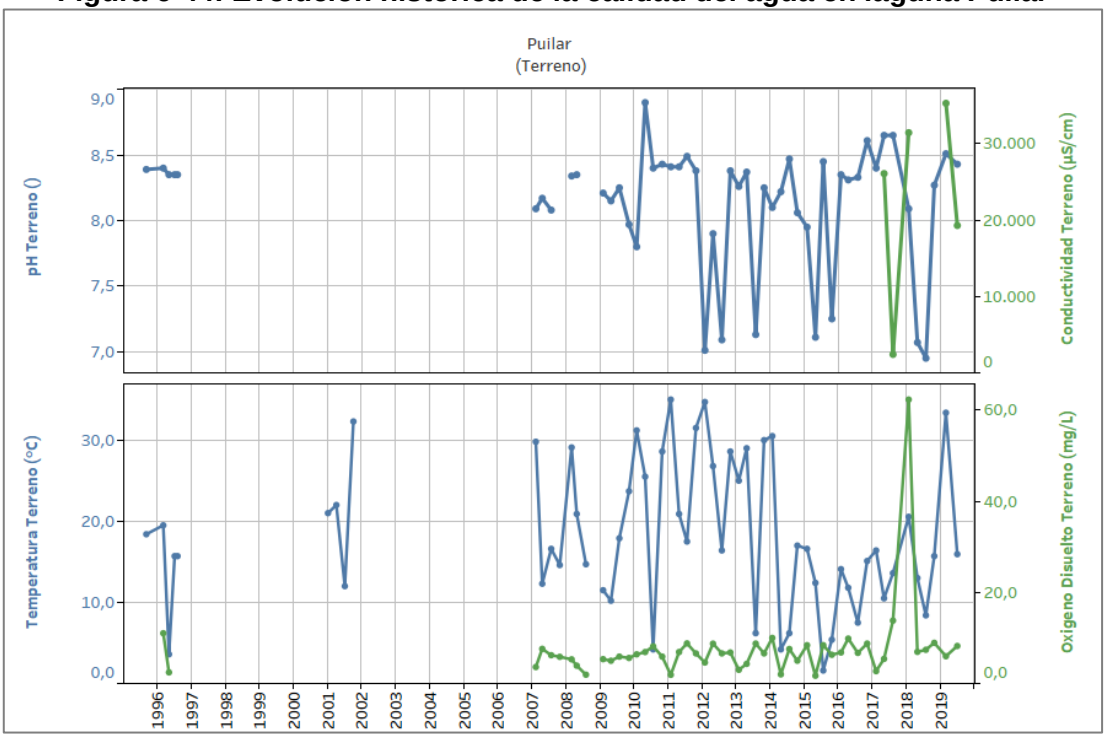


Figura 6-43 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (2650mg/L). Los valores <LD o >LD se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran con resalte.

Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



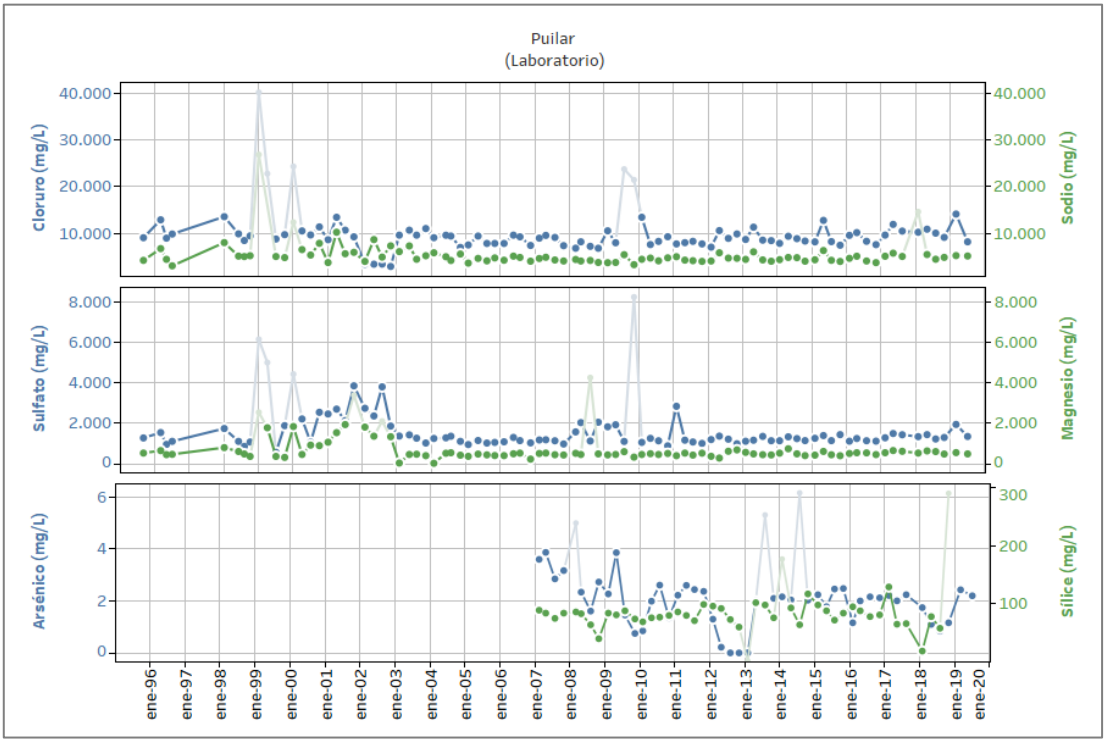


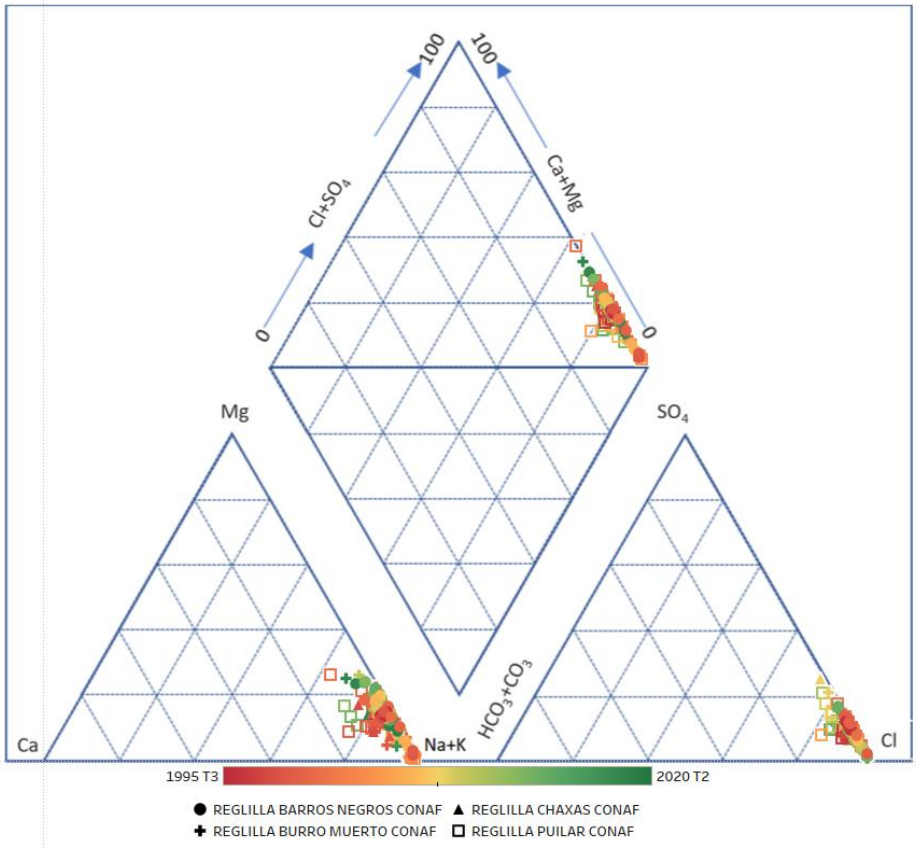
Figura 6-44 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato para febrero 2019 (1903mg/L). Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” . En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-45 se observa el diagrama de Piper para los cuatro puntos de agua superficial en sistema Soncor. Se encuentran representadas todas las muestras que entregaron resultados de balance iónico menor que 10% (considerando para el cálculo metales totales). Nótese que todas las lagunas se clasifican como cloruradas sódicas y no se observa ninguna tendencia en su evolución en los parámetros mostrados anteriormente ni para el diagrama de Piper, mostrándose todos los puntos próximos entre sí.

Figura 6-45: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor

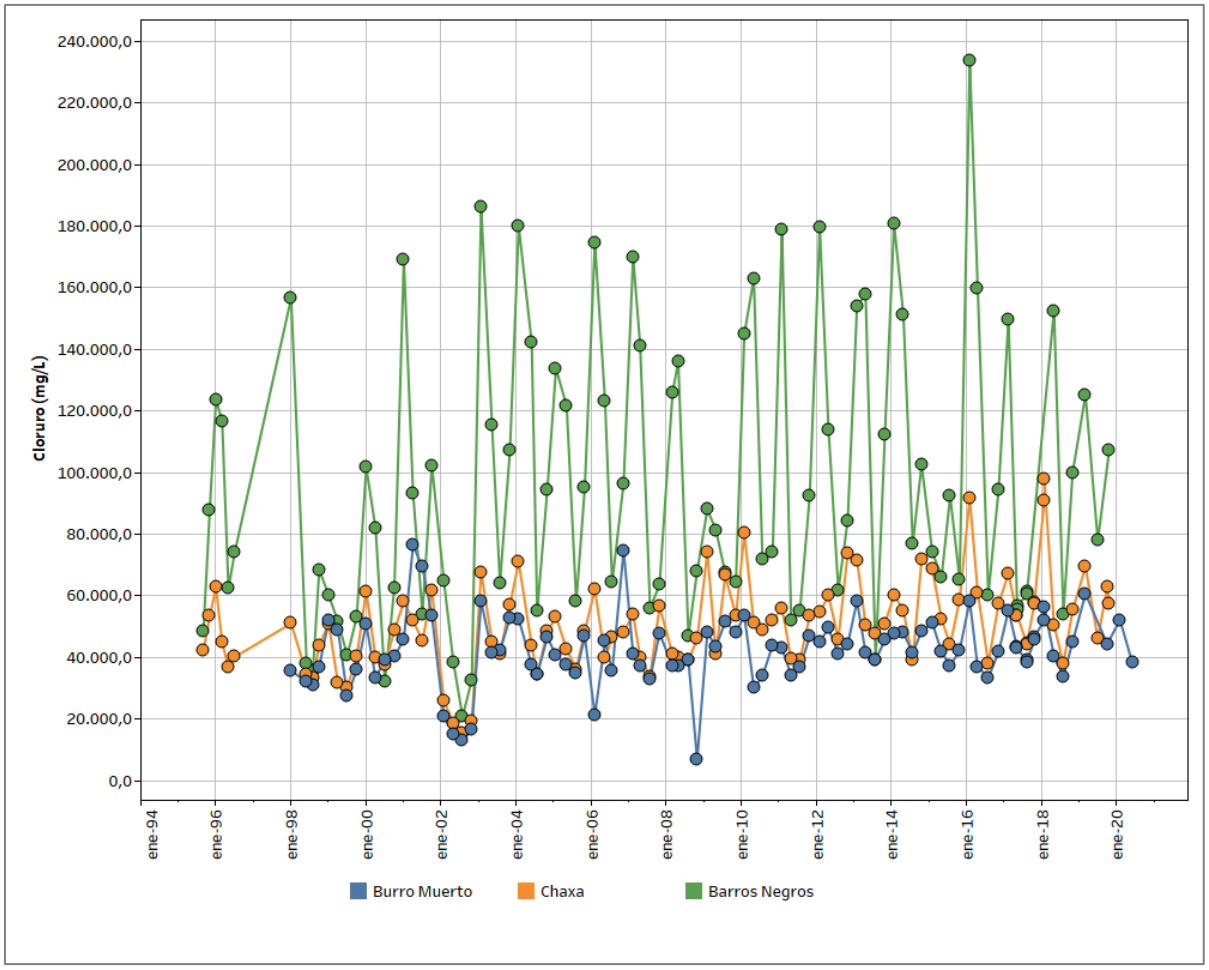


Fuente: Elaboración propia.

Además, dado que en el canal de Burro Muerto el flujo es de norte a sur, se produce un enriquecimiento en las concentraciones en este mismo sentido (Figura 6-46), debido fundamentalmente a la evaporación, y en menor medida a aportes locales desde el Borde Este al canal del Burro Muerto. De esta manera, las mayores concentraciones del sistema Soncor se registran en la laguna Barros Negros, cuerpo terminal.

Figura 6-46: Concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros

.



Fuente: Elaboración propia

Caudal de agua superficial (aforos)

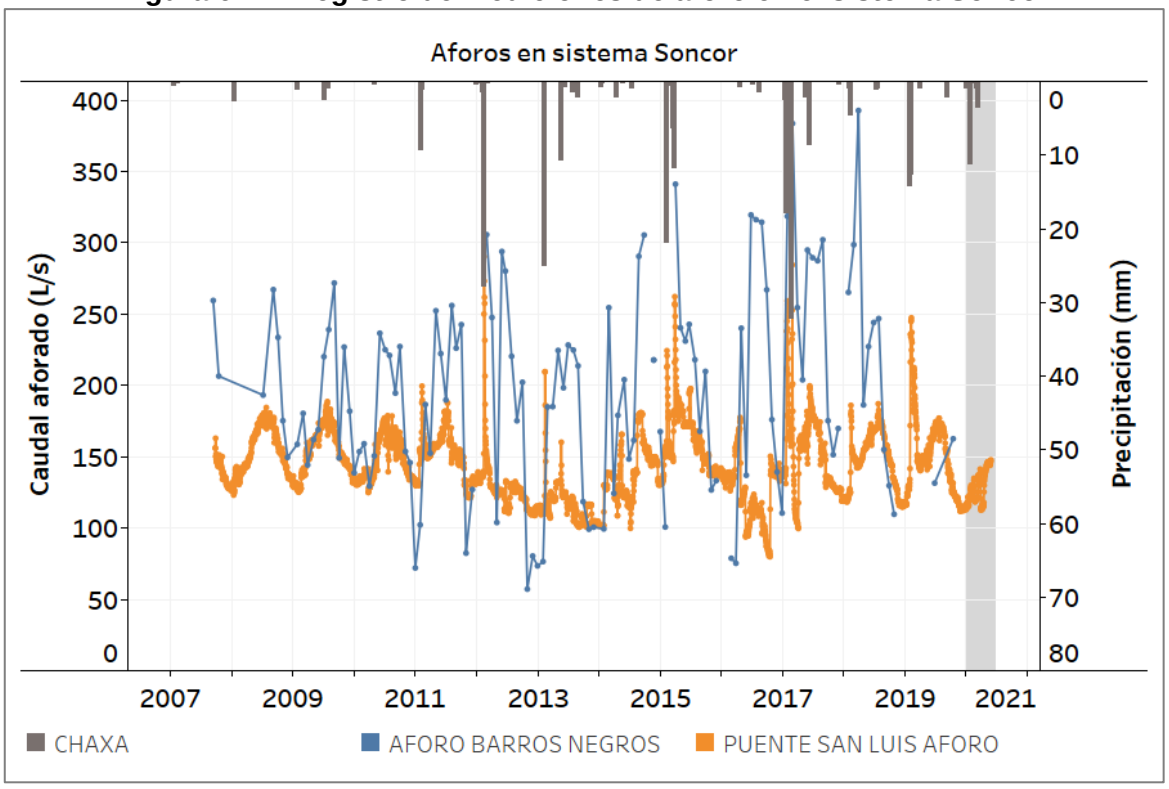
En el sistema Soncor se encuentran dos puntos de medición de caudal de agua superficial; la estación de aforo Puente San Luis, que mide de forma continua a través de una sección de control y en la que también se realizan mediciones mensuales (éstas últimas se toman de forma adicional a lo comprometido 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 mensuales del punto llamado Barros Negros y que se encuentra aguas abajo de la salida de la laguna Chaxa. En la Figura 6-47 se muestra el registro histórico hasta junio 2020 de estos

puntos de control, junto con la precipitación medida en la estación de Chaxa, que se encuentra a escasos metros del punto Puente San Luis Aforo.

Se observa que, en épocas secas como el período 2007-2012, 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.

En el primer semestre de 2020 no se han podido tomar medidas en el punto de Aforo Barros Negros, por restricciones de ingreso a RNF, y solo se dispone de los datos del Puente San Luis Aforo. Para este periodo se observa el ascenso estacional esperable para esta época del año.

Figura 6-47: Registro de mediciones de aforo en el sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia

6.2.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

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. 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

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-5B.

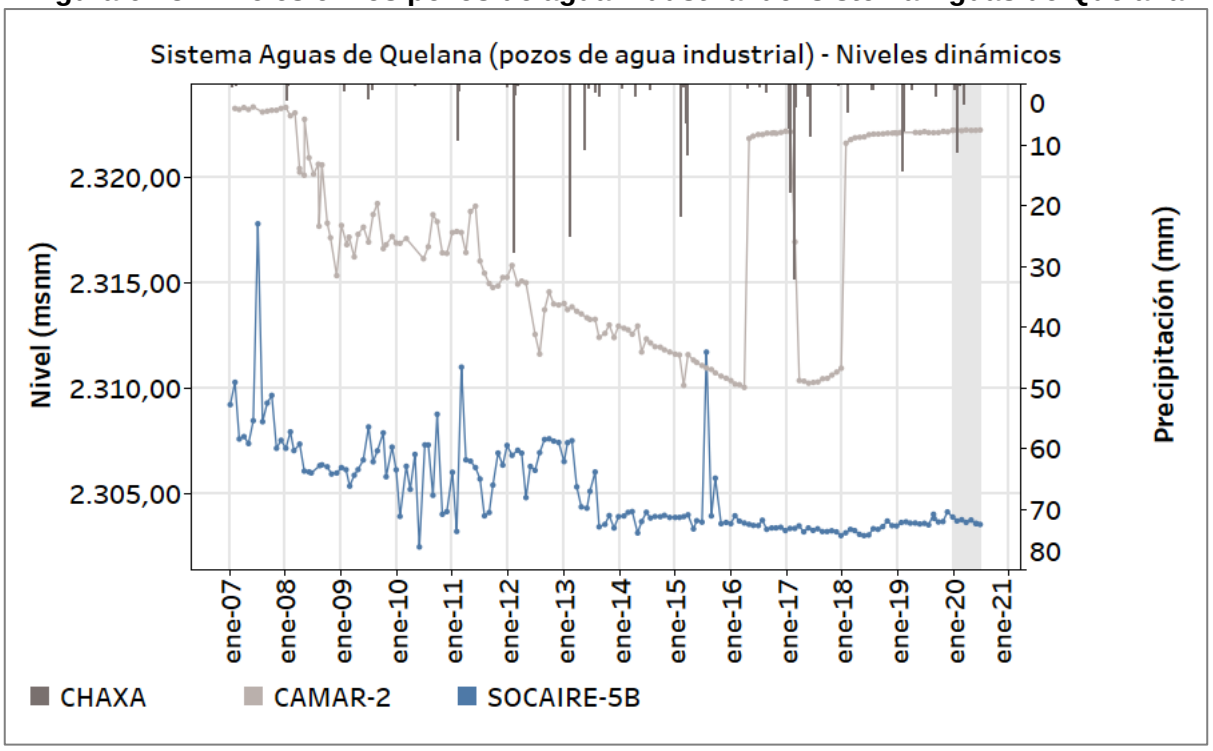
En el análisis realizado en el sistema Soncor se han identificado varios comportamientos con características hidrogeológicas determinadas. Algunos de estos comportamientos característicos se identifican también en el sistema Aguas de Quelana: el comportamiento asociado al acuífero aluvial, el transicional entre el aluvial y el marginal y el comportamiento relacionado a la zona marginal (producto la interfaz salina). En este caso, a diferencia del Sistema Soncor, no existe un sistema de lagunas y canales de agua superficial que genera un impacto característico sobre el acuífero. En este caso, se trata de una distribución irregular de afloramientos de agua subterránea, producto del levantamiento del agua dulce proveniente de la cordillera, que genera 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.

Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

En la Figura 6-48 se muestran los niveles de los pozos Camar-2 y Socaire-5B, que son los 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. El pozo Socaire-5B disminuyó levemente el caudal de extracción en el mes de agosto 2019 (60,29 L/s de promedio mensual) y en el mes de noviembre de 2019 hubo una disminución de la extracción más notable, hasta los 44,41 L/s de promedio mensual. Por este motivo es que los niveles del pozo registran dos pequeñas elevaciones de nivel en esos meses. En el primer semestre de 2020 se observa como este pozo muestra una leve tendencia de descenso 44 cm/año (calculado desde enero 2020), de todas formas, es necesario evaluar los siguientes meses para ver si se mantiene esta tasa en el tiempo.

Figura 6-48: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

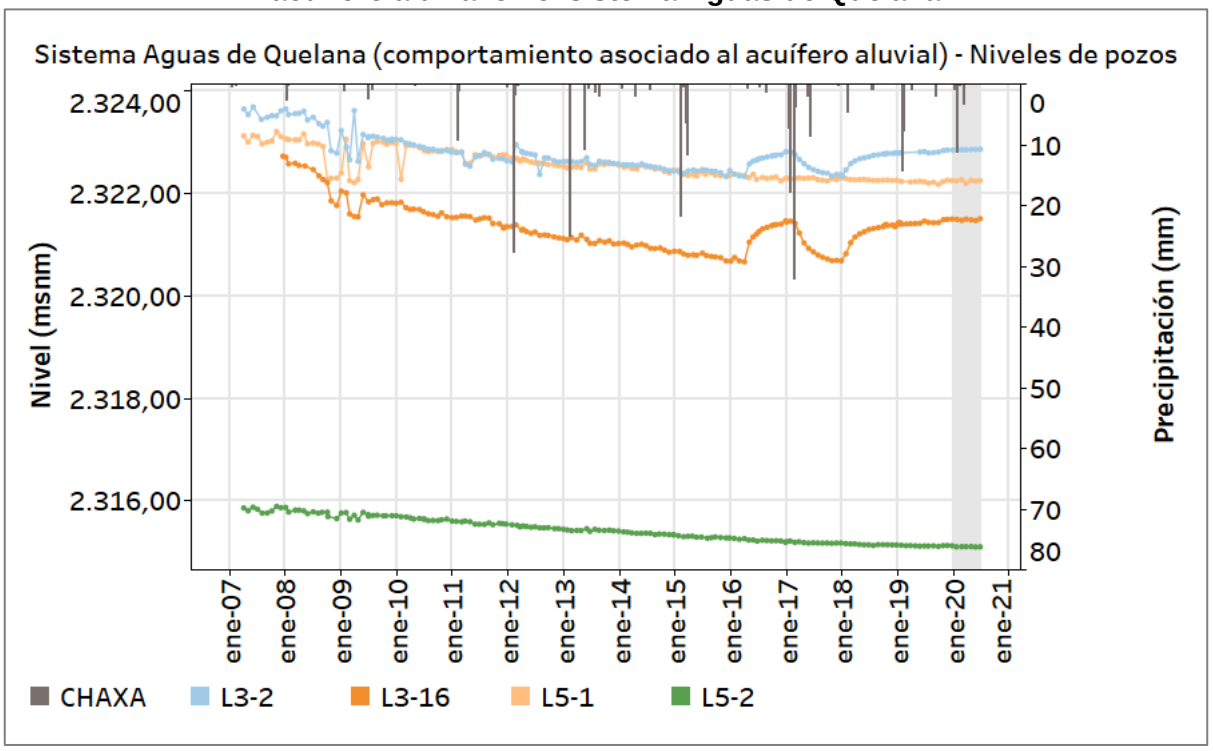
Pozos en zona aluvial

Sobre el acuífero aluvial del sistema Aguas de Quelana y con un el comportamiento característico de esta área, se encuentran los puntos L3-2, L3-16, L5-1 y L5-2. En la Figura 6-49 se muestran los niveles de estos puntos, y en la Figura 6-50 los descensos calculados, que permiten observar mejor las tendencias. Los puntos no muestran oscilación estacional y sí un claro descenso. Las tasas de descenso son variables; las mayores corresponden al L3-

2 y L3-16 (10 y 17,8 cm/año respectivamente) por situarse más cercanos a un pozo de agua industrial (Camar-2), y el L5-1 y L5-2 muestran unas tasas de 8,3 y 6,6 cm/año respectivamente. A excepción de la lluvia de 2012 y sólo para el punto L3-2, no muestran ninguna respuesta a los eventos de precipitación. El comportamiento en este sector se interpreta como una etapa de recuperación desde una época de máxima recarga desde la cordillera oriental, dando lugar a una leve tendencia al descenso y sobre la cual se sobrepone el efecto inducido por la explotación de agua industrial de los pozos.

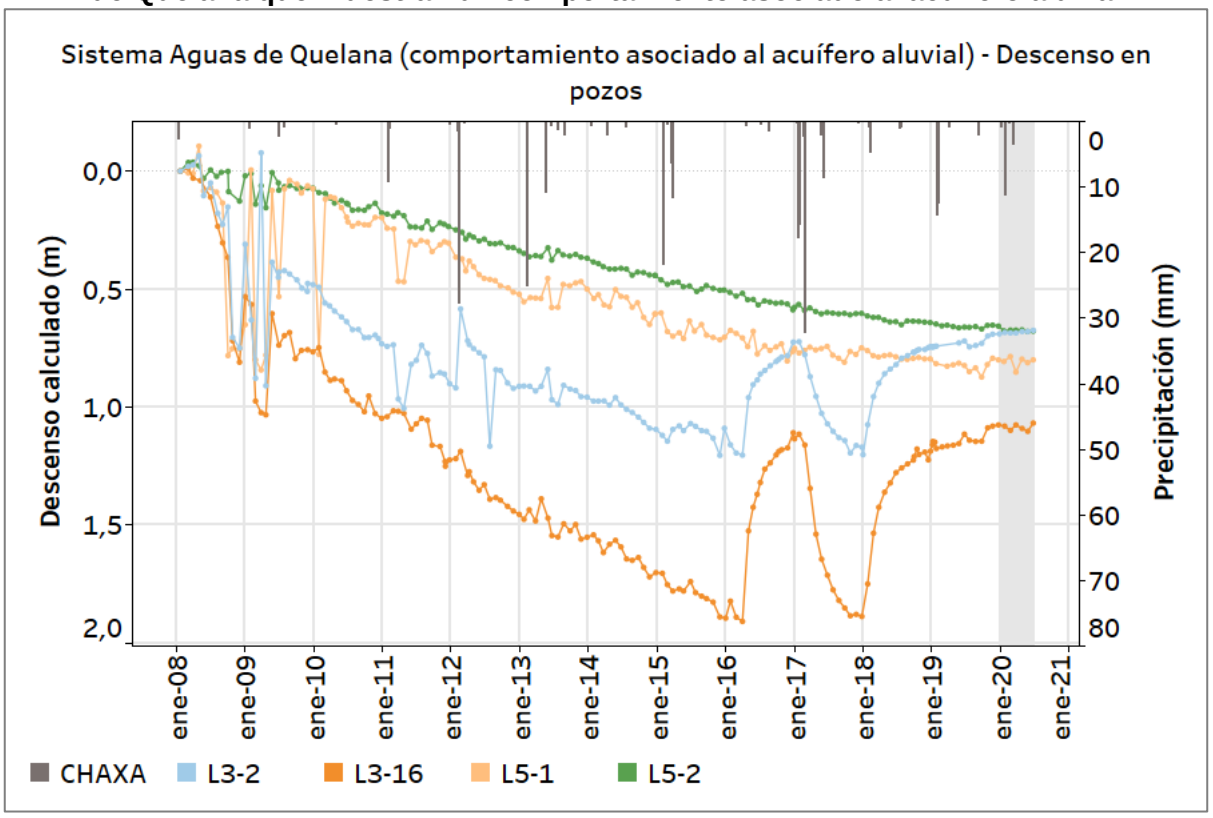
De las mediciones del primer semestre de 2020 se puede ver como el L3-16 y el L3-2 se encuentran en fase de recuperación que, en gran medida, responde a la detención del pozo de agua industrial Camar-2 en el pasado mes de enero 2018.

Figura 6-49: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-50: 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.

Pozos en zona marginal

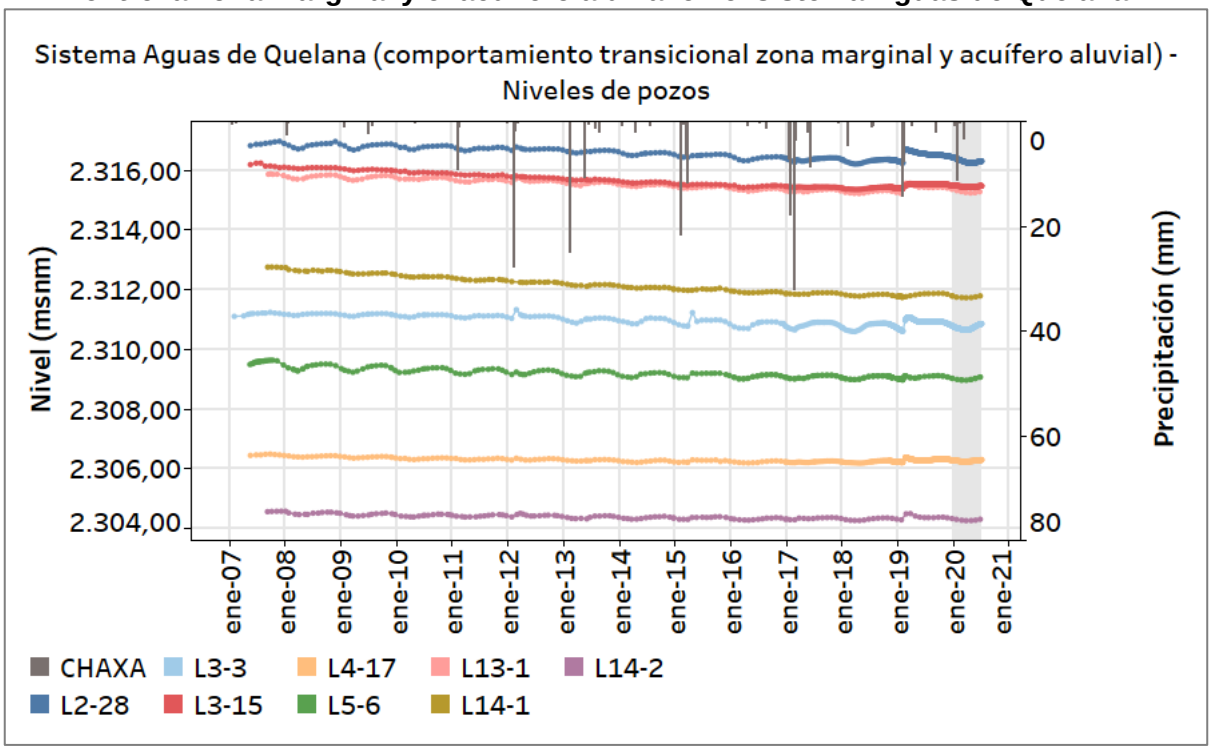
En esta sección se hace el análisis para aquellos puntos que se encuentran en la zona marginal del sistema Aguas de Quelana. Empezando por los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento que se reconoce por ser transicional; presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial, pero además muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal. En la Figura 6-51 se muestran los niveles medidos para este grupo de pozos. Como existen diferencias de cota importantes que no permiten apreciar el comportamiento a describir, se presenta también la Figura 6-52, que muestra los descensos calculados desde 2008 a partir de los niveles medidos.

El punto L14-1 es el que presenta la mayor tasa de descenso (8,32 cm/año) y la oscilación estacional menos marcada de este grupo. Mientras que el L4-17, junto con el L14-2, son los que muestran una menor tasa de descenso (1,42 cm/año) y es el L3-3 el que muestra la oscilación estacional más marcada (unos 20 cm de amplitud aproximadamente). La lluvia que

ha provocado las mayores respuestas en los niveles de estos puntos es, sin duda, la lluvia de febrero de 2019.

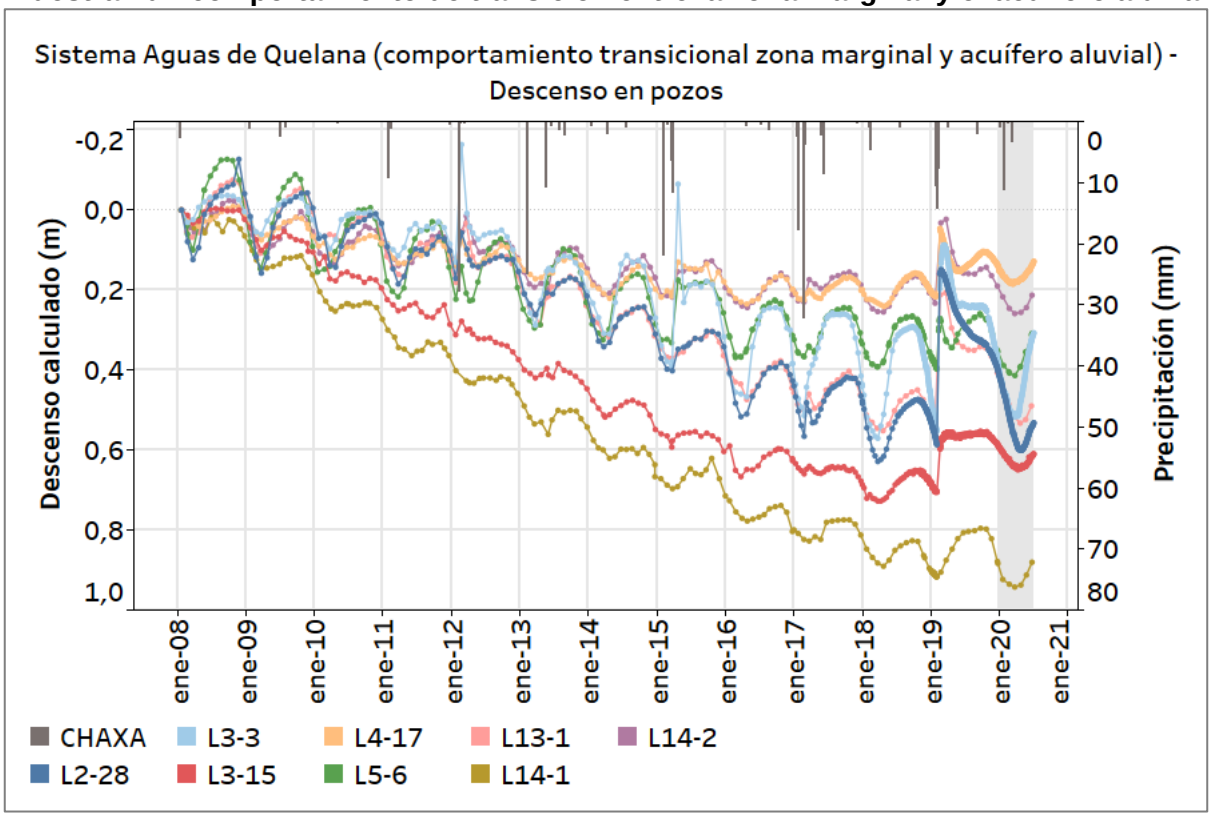
Durante el primer semestre de 2020 se observa como estos puntos han reproducido el mínimo estacional propio de los meses de verano y se encuentran recuperando al final del periodo, reproduciendo el comportamiento cíclico esperado en este sector.

Figura 6-51: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

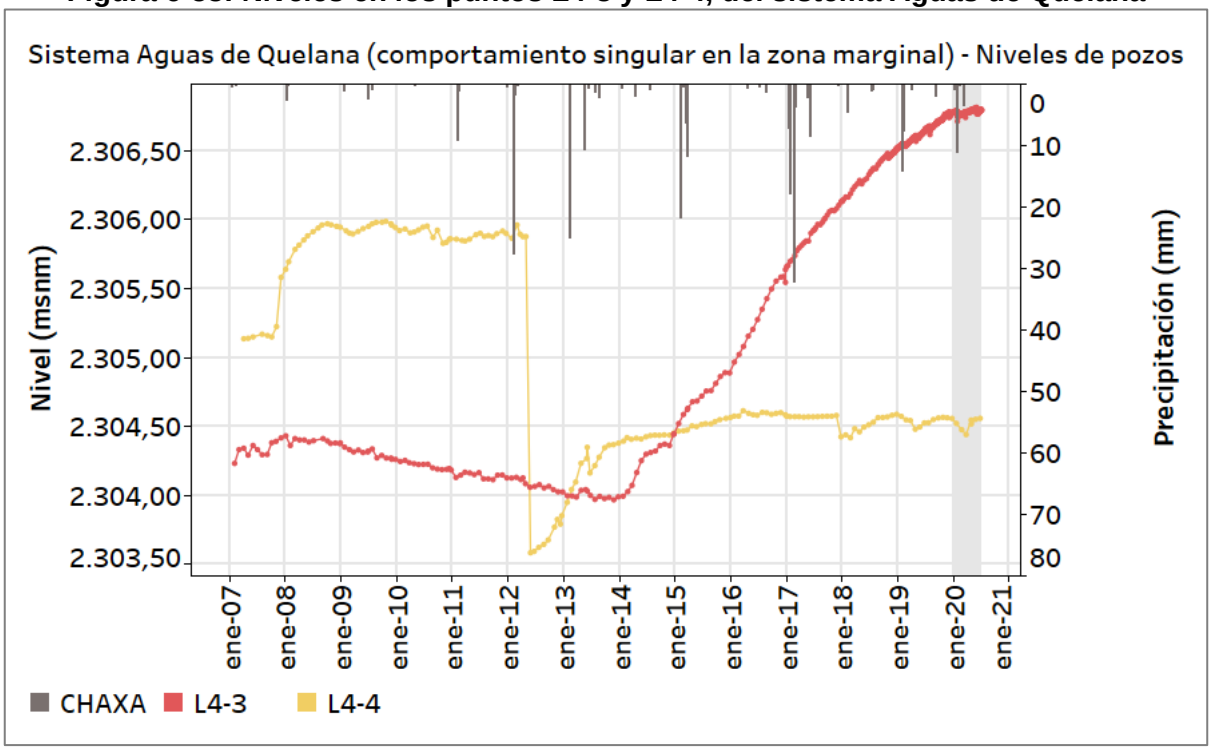
Figura 6-52: Descensos calculados de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia.

En el entorno de los puntos descritos anteriormente, se encuentran el L4-3 y el L4-4 que muestran un comportamiento singular si se compara con el resto de los pozos vecinos. En la Figura 6-53 se muestran los niveles de estos puntos. El pozo L4-4 sufrió un golpe por terceros, hecho reportado en el Informe 11 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. 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, actualmente mantiene una tasa de ascenso de más de 27 cm/año.

Figura 6-53: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El siguiente grupo de pozos que se analiza en esta sección son los que se encuentran alrededor de la interfaz salina y que por tanto muestran el comportamiento esperado en la zona marginal. Se caracterizan por mostrar una tasa de descenso casi nula y una fuerte estacionalidad. Se trata de gran número de puntos situados 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 (donde se visualiza mejor el comportamiento característico) y agrupados en distintas figuras: de norte a sur se encuentran los puntos pertenecientes a las serie L2 (L2-27) y L13 (L13-2, L13-3 y L13-4) en laFigura 6-54, los pertenecientes a la serie L3 (L3-5, L3-6 y L3-7) en la Figura 6-55, los de las series L4 (L4-7, L4-8, L4-9 y L4-10) y L14 (L14-3 y L14-4) en la Figura 6-56 y finalmente, los de la serie L5 (L5-3, L5-7, L5-8 y L5-G3 Reglilla y Pozo) en la Figura 6-57.

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 donde existe una interacción entre los cuerpos lagunares superficiales y el acuífero del sector. En el caso del sistema de Aguas de Quelana, los cuerpos de agua dispersos sobre la superficie del terreno tienen como origen la surgencia del acuífero procedente de la zona aluvial, que al encontrarse con el acuífero del núcleo produce la llamada interfaz salina. Esta diferencia de densidades y el relieve llano de la zona (en comparación con las cotas topográficas del aluvial) son las responsables de que exista este sistema de humedales en el borde este del Salar de Atacama.

Volviendo al comportamiento de los niveles, de la misma manera que se describía para los pozos también asociados a la interfaz salina del sistema de Soncor, estos puntos muestran una marcada oscilación estacional y con tendencia prácticamente. 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 de medición de nivel; la lluvia registrada que ha producido mayor impacto (registrado) hasta la fecha es la de febrero 2019.

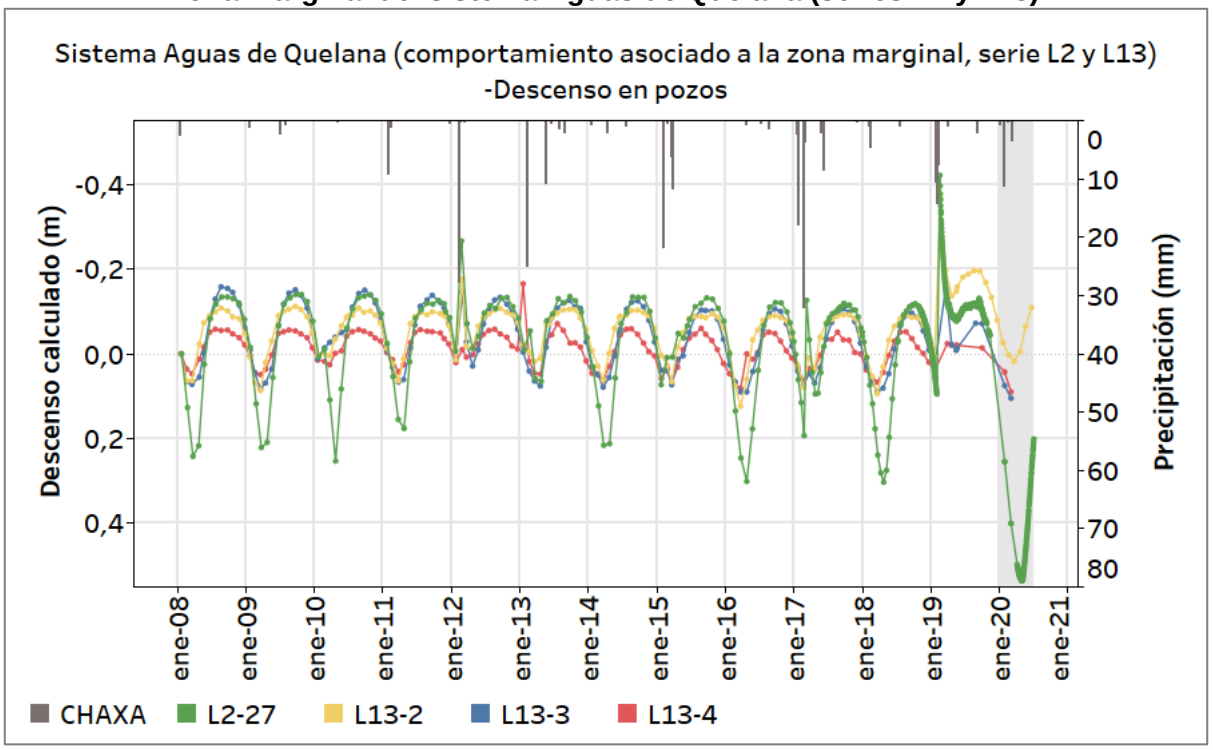
Respecto los datos medidos en el primer semestre de 2020, solo los pozos L2-27 y L13-2 (Figura 6-54), L3-5 (Figura 6-55), L4-7 y L4-13 (Figura 6-56) disponen de mediciones en todo el periodo. Se observa como todos reproducen el mínimo estacional esperado para esta época del año. Se destaca el mínimo alcanzado por el L2-27, que ha resultado alcanzar una cota piezométrica que no se había registrado con anterioridad. Este punto es también indicador de estado del sistema Vegetación Borde Este (Vegetación Hidromorfa) y precisamente, ha visto este semestre cómo se activaba la Fase II del PC[74] y que tanto, se elaboró un informe de investigación asociado para determinar las posibles causas que llevaron a este comportamiento (Anexo 6.2). En el informe se estableció que el bombeo de los pozos de agua industrial Allana y Camar-2 son la causa raíz de la activación de este indicador y que es posible que en años sucesivos se registre nuevamente un nivel inferior a los valores de activación, aunque esto depende de cómo evolucione el sistema con la medida de contingencia

[74] El detalle del nivel con respecto los umbrales del PC, se analizará con más detalle en el capítulo 6.3 Análisis del Plan de Contingencias.

aplicada[75], así como la precipitación que ocurra. En el siguiente capítulo 6.3 Análisis del Plan de Contingencias se analiza con más detalle la metodología seguida en el informe de investigación y su incertidumbre asociada.

Otro aspecto que se destaca en este grupo es el comportamiento registrado en el L3-5, y es que parece que la cota promedio, a la que se produce la oscilación estacional, ha aumentado con posterioridad al episodio de precipitación de febrero 2019; en el periodo 2014-2018 la cota promedio estaba en 2.304,05 m.s.n.m. y a partir de 2019 incrementa más de 10 cm. Es necesario ver el registro futuro de este punto para ver si se mantiene lo descrito y analizar, junto con otras variables, el motivo que ha llevado a este cambio.

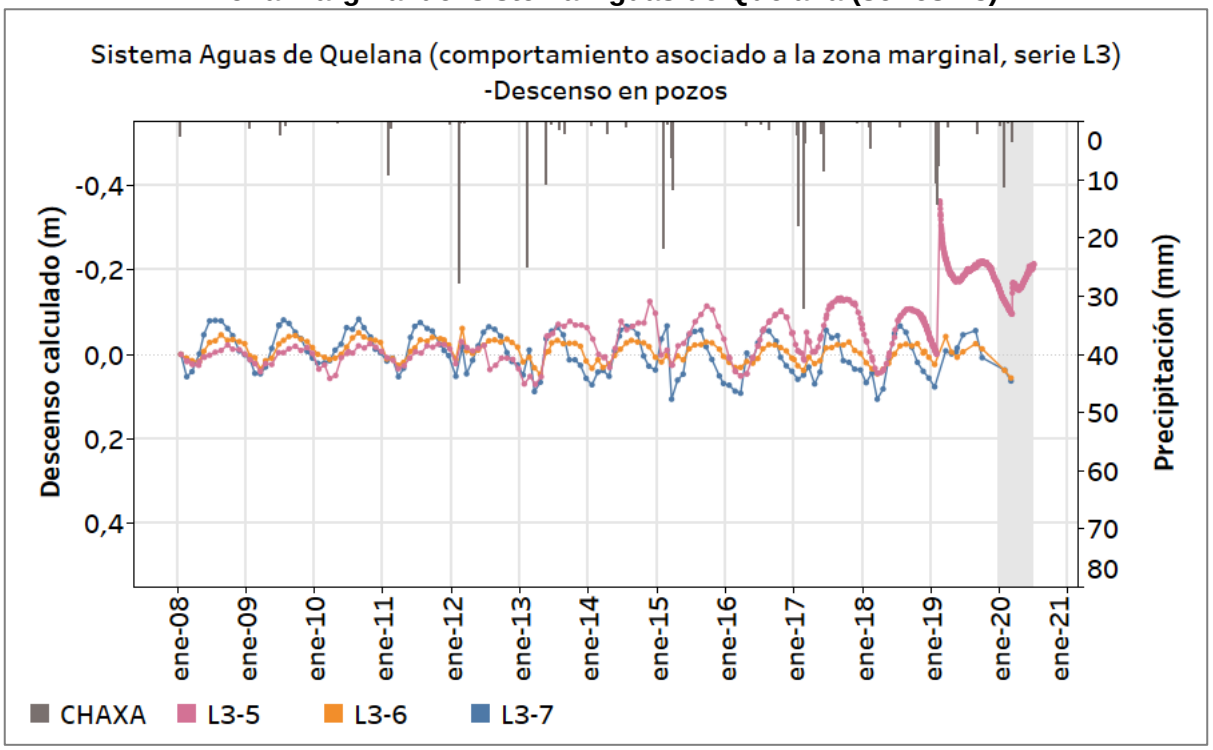
Figura 6-54: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13)



Fuente: Elaboración propia.

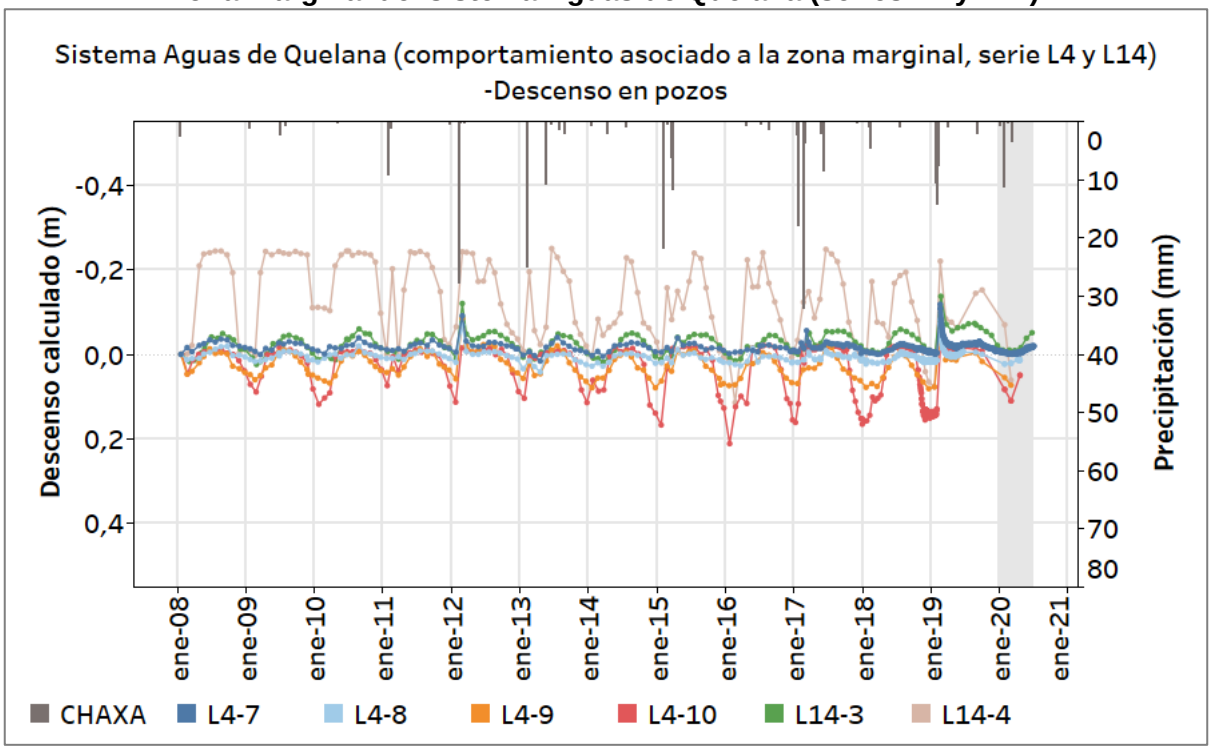
[75] El pozo Camar-2 ya se encuentra detenido desde 2018 y el pozo Allana se detuvo en febrero 2020, ambas medidas tomadas previa a la activación del pozo en abril 2020 (ver apartado 5.2 Monitoreo y estado del plan de contingencias).

Figura 6-55: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3)



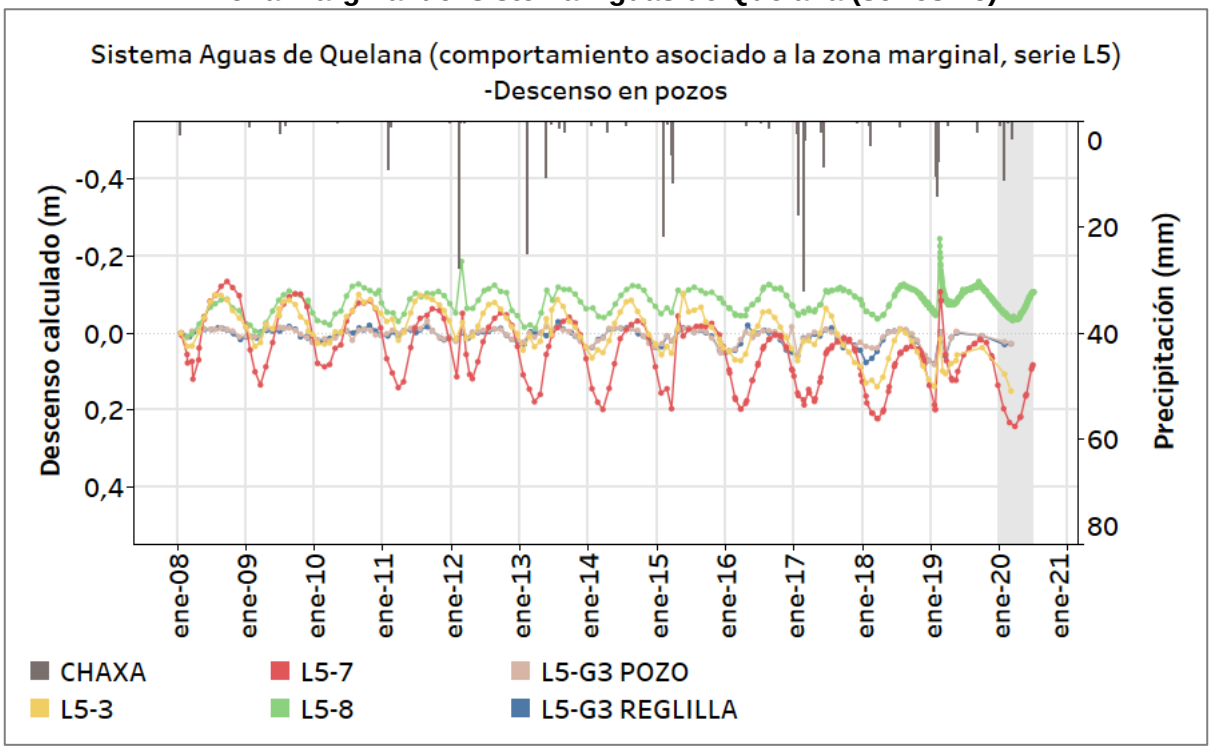
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-56: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L4 y L14)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-57: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5)



Fuente: Elaboración propia.

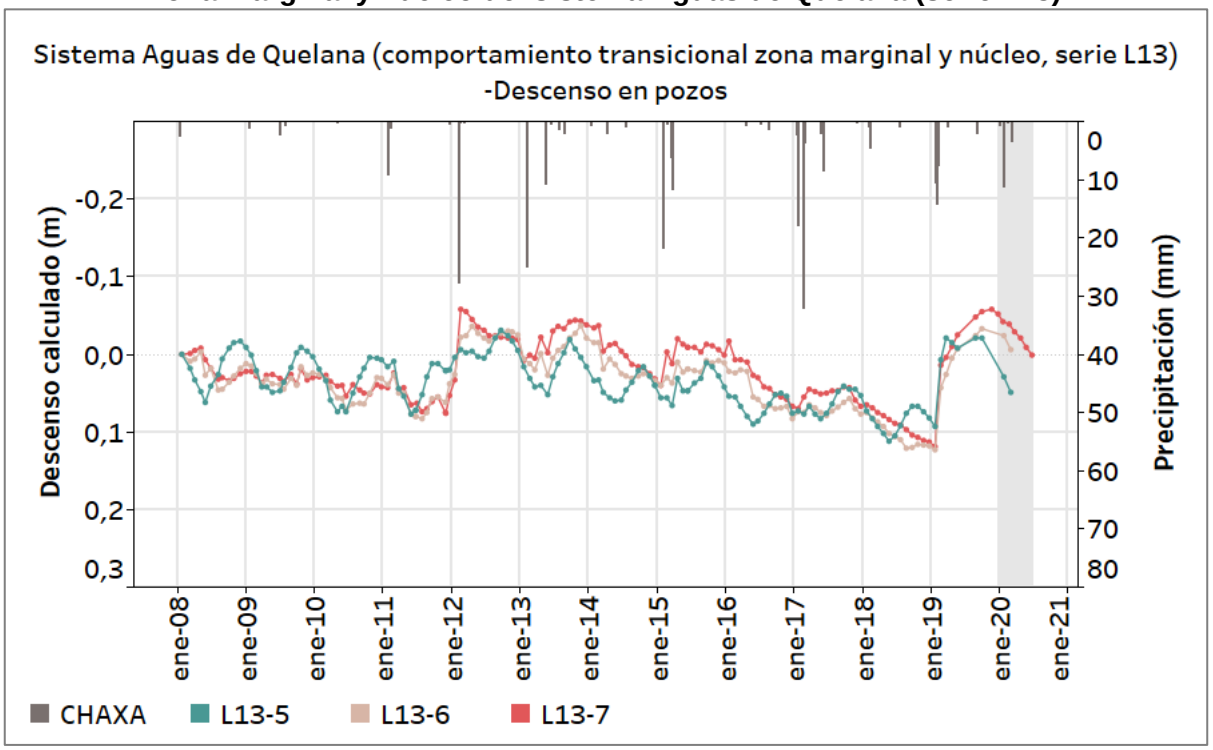
El siguiente grupo en dirección al oeste presenta un comportamiento transicional entre el observado en la zona marginal y el que se presenta en el núcleo (que se describe con más detalle en el siguiente apartado). Se trata de un gran número de puntos, por lo que se muestra el descenso calculado en varios gráficos de manera que permita identificar mejor las respuestas de norte a sur. El comportamiento de la serie L13 (L13-5, L13-6, L13-7) se muestra en la Figura 6-58, los de la serie L3 (L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14) en la Figura 6-59 los de la serie L14 (L14-5, L14-6, L14-7) en la Figura 6-60, los de la serie L4 (L4-5, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14, L4-15) en la Figura 6-61 y finalmente, los de la serie L5 (L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15) en la Figura 6-62.

En general, estos puntos muestran oscilaciones estacionales residuales; menor amplitud, menor regularidad que las observadas en la zona marginal, e incluso en ocasiones se muestra desfasado unos meses. Además, todos los puntos muestran tendencias de descenso, cuya pendiente aumenta en la medida que el punto se encuentra más cercano al núcleo. La serie

de pozos que se muestra más reactiva a las lluvias, y que recuerda al comportamiento de la zona Núcleo (ver siguiente apartado), son los pozos de la transecta L4 (Figura 6-61).

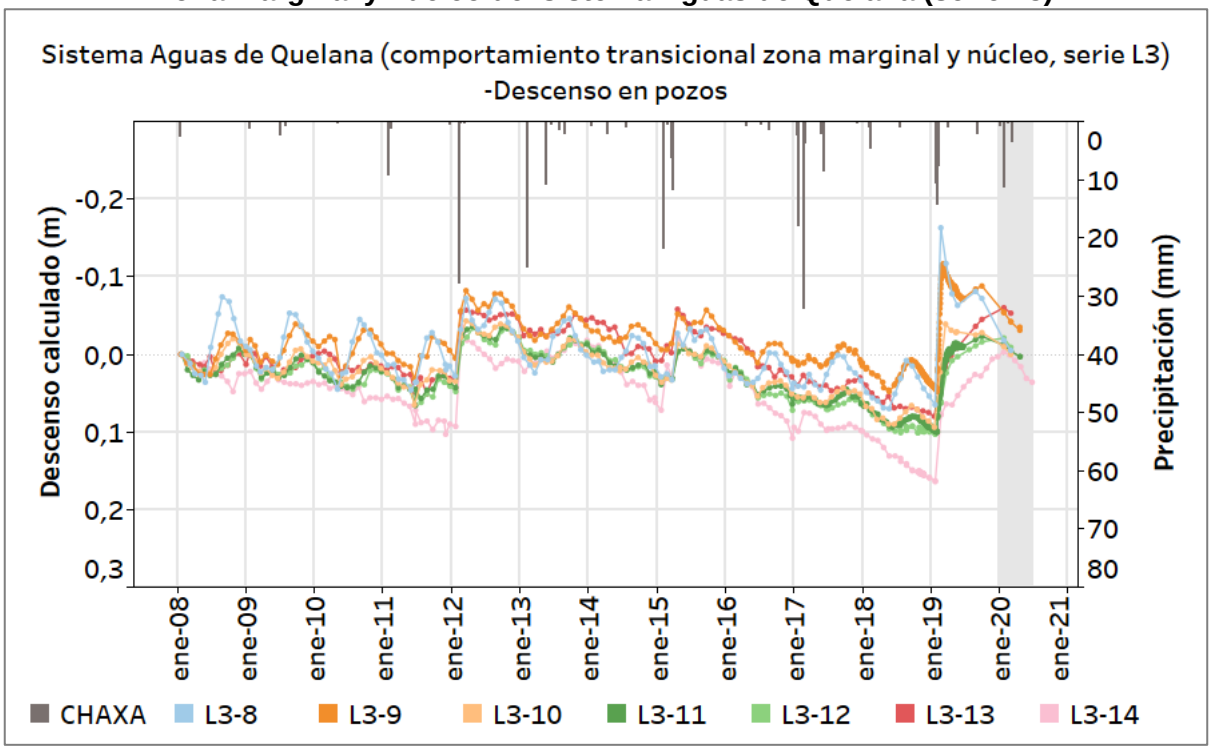
De las medidas tomadas en el primer semestre de 2020, donde solo los puntos L13-7, L3-14, L4-15 y L4-5 disponen de datos para todo el periodo, se observa que el comportamiento antes descrito se sigue manteniendo.

Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13)



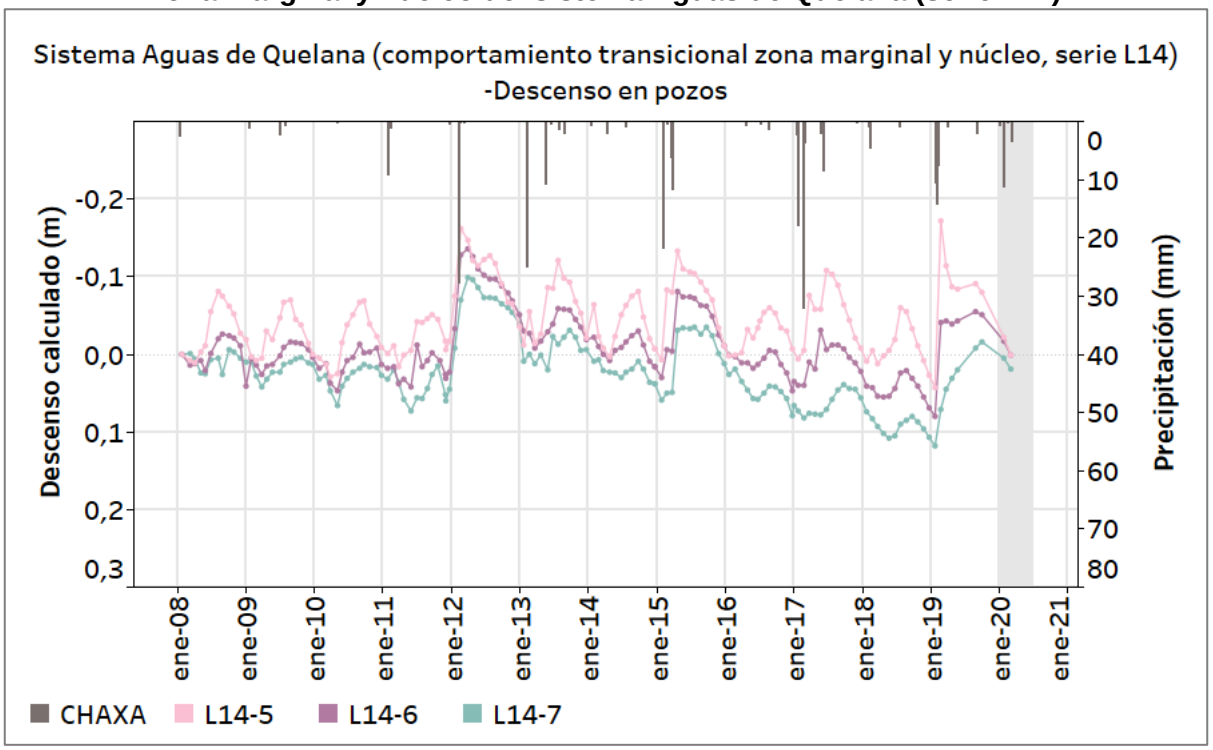
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3)



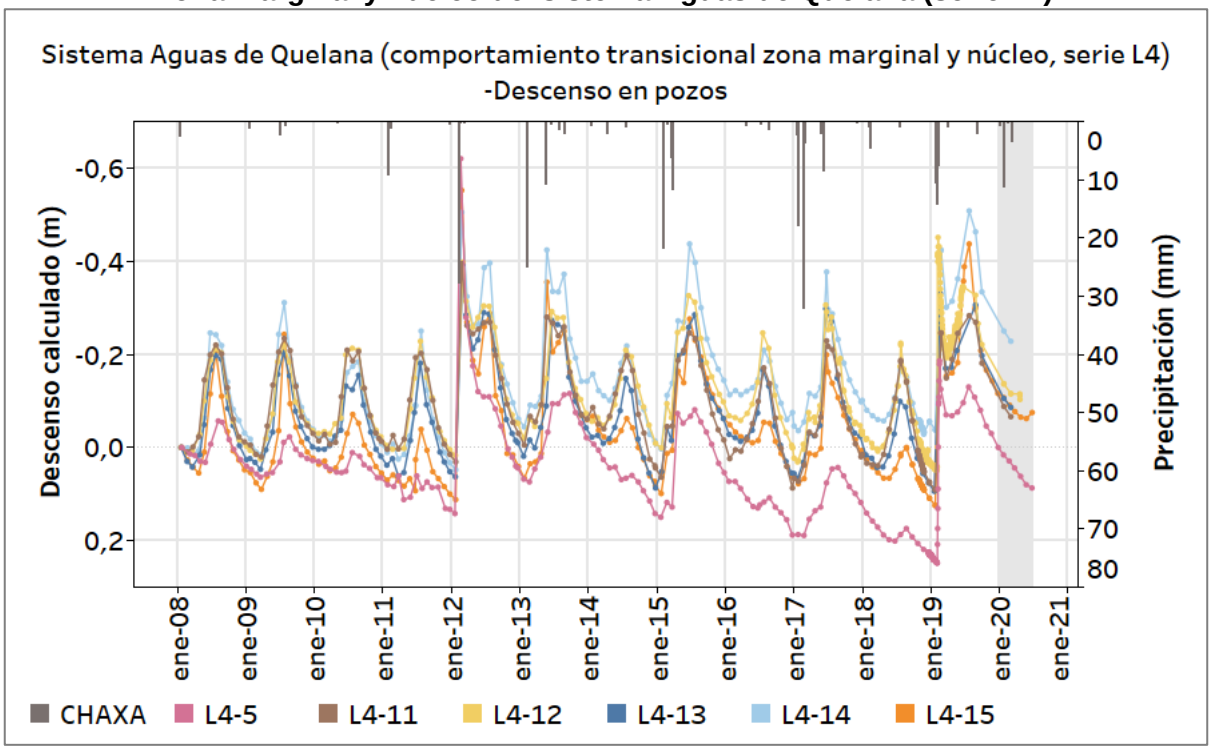
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14)



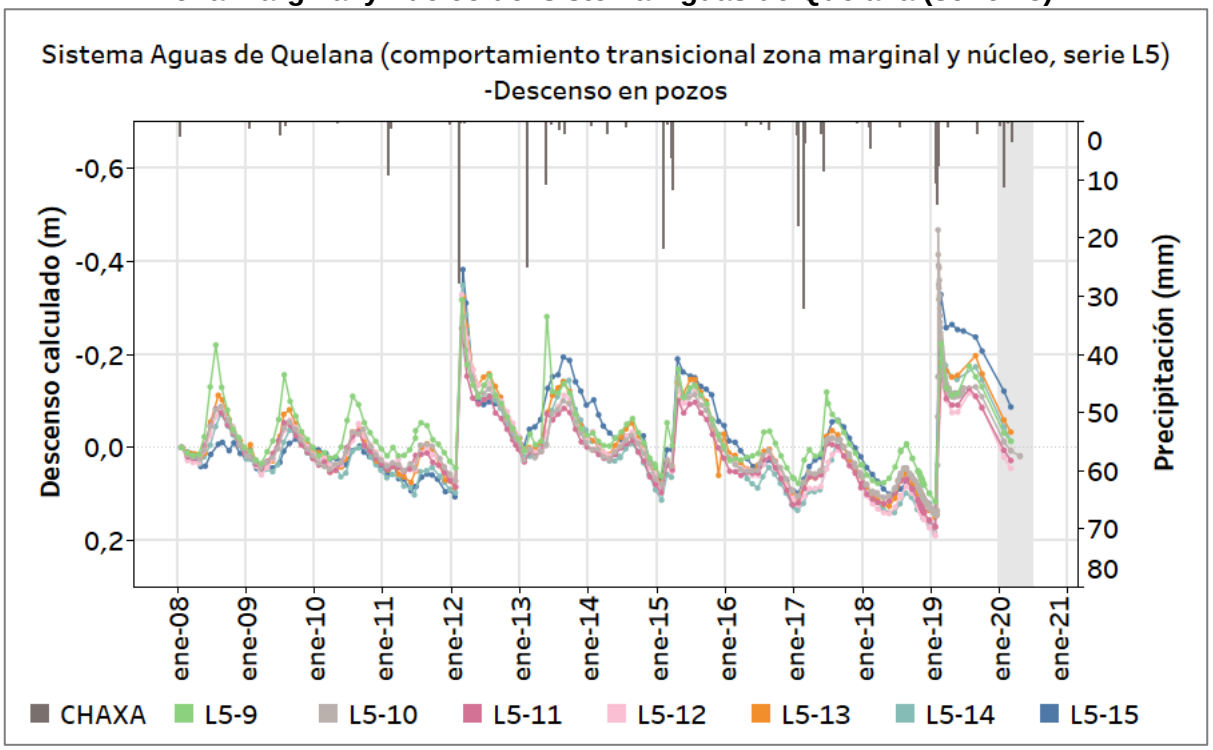
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5)



Fuente: Elaboración propia.

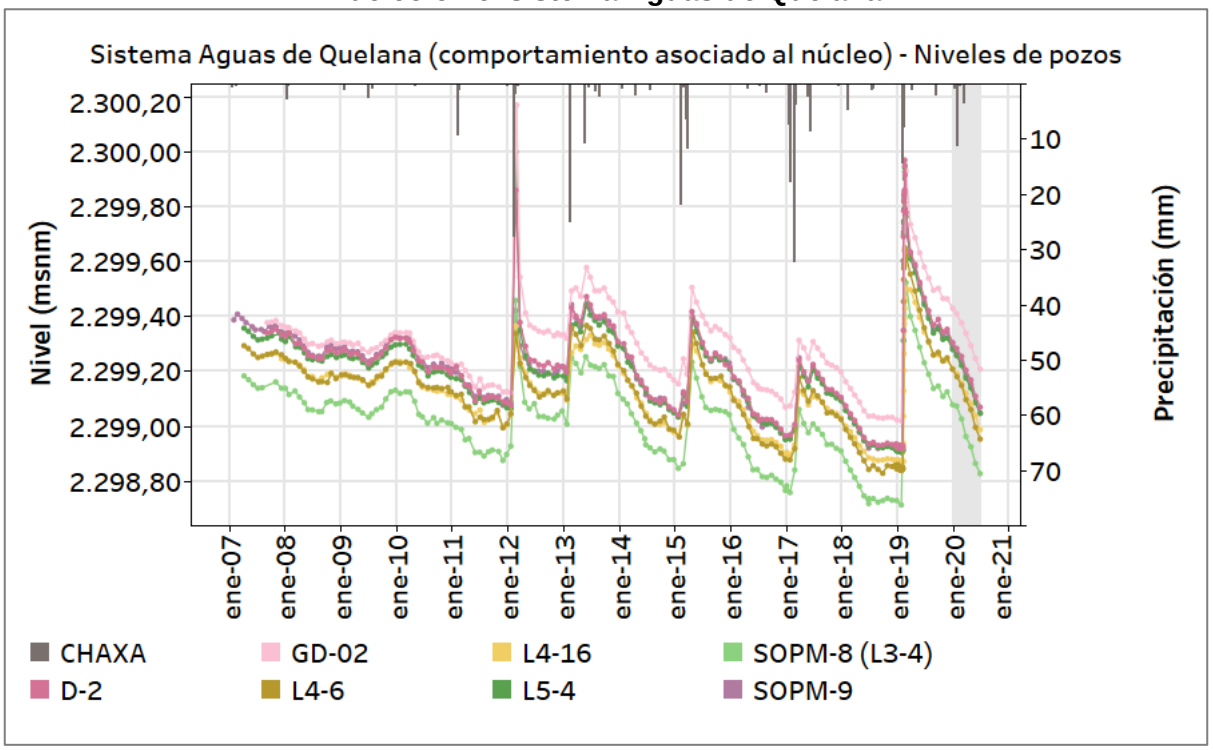
Pozos en el sector del núcleo

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 éste. 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 6-63.

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 primer semestre de 2020, se observa que todos los puntos se encuentran recuperando los niveles después de la lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-63: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

El sistema Aguas de Quelana es un conjunto de cuerpos de agua ubicados en el borde este del Salar. La superficie de este sistema ha sido estimada de manera preliminar en el estudio realizado por la consultora GEM S.L. en el "Análisis de la evolución de las áreas lagunares en el Salar de Atacama" (Anexo 10.2)[76]. Este trabajo se basa en un análisis estadístico realizado a partir de las imágenes satelitales de alta resolución tomadas los meses de abril de cada año.

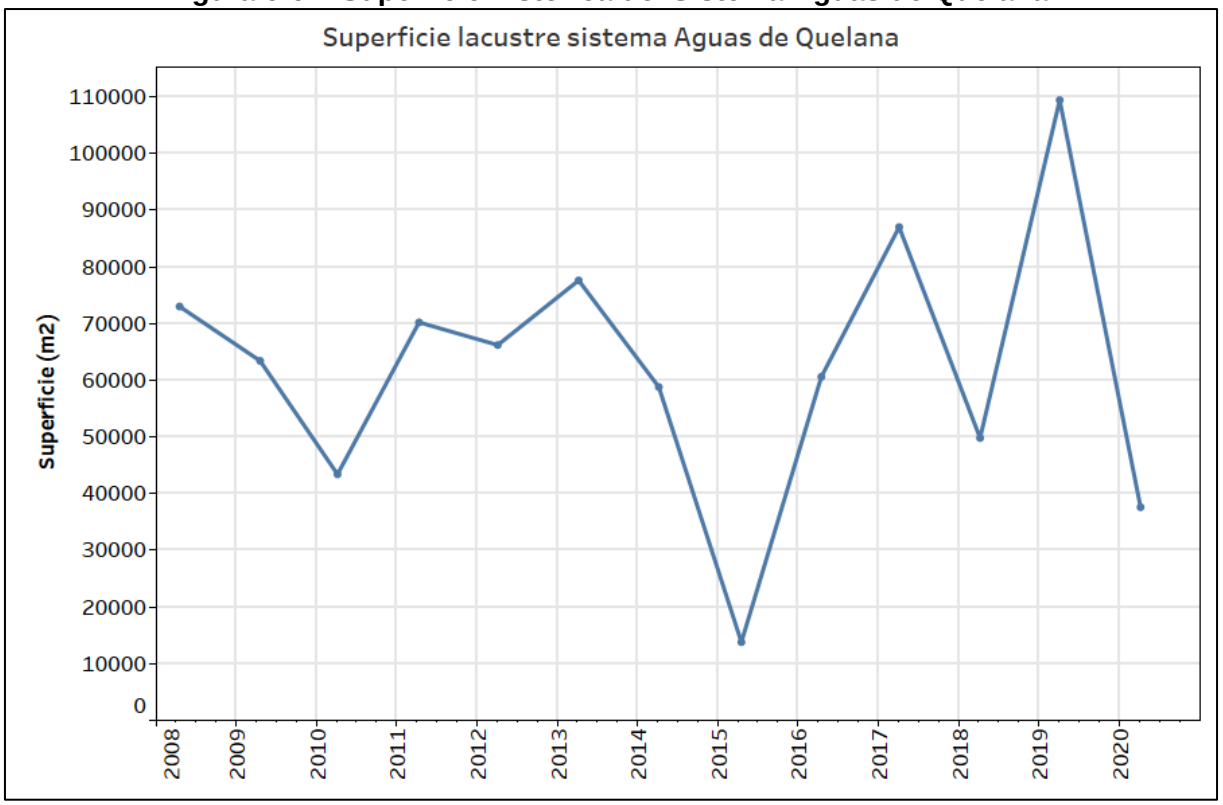
Tal y como se menciona en el mismo estudio, el resultado obtenido presenta "una alta variabilidad en los resultados con respecto a la tasa de crecimiento del área de la laguna, lo

[76] Este informe fue solicitado para efecto de abordar observaciones formuladas mediante Res. Ex. N° 29/Rol F-041-2016, en el marco del procedimiento F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, y fue incluido como Apéndice 1.9 del Programa de Cumplimiento Refundido entregado con fecha 30 de noviembre de 2020.

que se produciría por el reducido número de observaciones". Además, señala que "se observa una alta desviación estándar en los resultados que se condice con la inestabilidad de este sistema". Finalmente, establece que "con los datos disponibles se concluye que no es posible rechazar la hipótesis nula de que el área no presente tendencia". Cabe destacar también que, para el cálculo de estas superficies, no se cuenta con puntos de control en terreno.

La Figura 6-64 muestra de forma gráfica (y en la Tabla 6-4 de forma numérica) la evolución temporal resultante del trabajo de GEM S.L. sobre las superficies de los cuerpos de agua del sistema Aguas de Quelana. Se observa un máximo histórico el año 2019 y un comportamiento variable a través de los años.

Figura 6-64: Superficie histórica del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-4: Superficie total del sistema Aguas de Quelana con imágenes satelitales

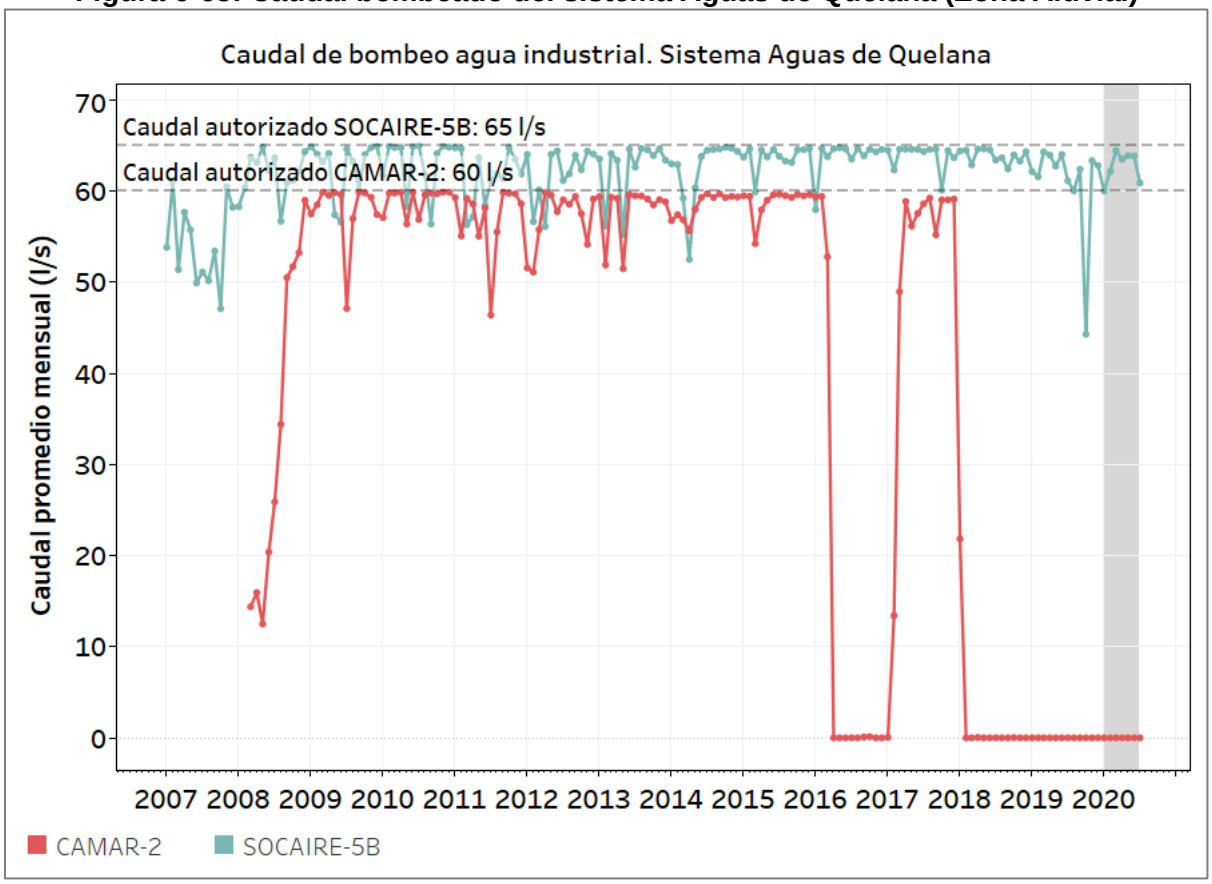
Fecha	Aguas de Quelana (m^2)
Abr-2008	73.000
Abr-2009	63.400
Abr-2010	43.400
Abr-2011	70.200
Abr-2012	66.200
Abr-2013	77.600
Abr-2014	58.800
Abr-2015	13.800
Abr-2016	60.600
Abr-2017	87.000
Abr-2018	49.800
Abr-2019	109.400
Abr-2020	37.600

Fuente: Elaboración propia

Caudal bombeado

En la Figura 6-65 se muestran los caudales de agua industrial que se extraen desde los pozos Camar-2 y Socaire-5B. En ella se observa que no se ha sobrepasado los derechos de aprovechamiento otorgados y autorizados (60 y 65 L/s para Camar-2 y Socaire-5B respectivamente). Cabe señalar que el pozo Camar-2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008, estuvo entre abril de 2016 y enero de 2017 detenido, retomó el caudal cerca de los 60 L/s autorizados y finalmente, detuvo sus operaciones en enero de 2018, manteniéndose así hasta el actual semestre. El pozo Socaire-5B, desde junio de 2018 y hasta la fecha, mantiene un caudal oscilante entre los 64 L/s y los 60 L/s.

Figura 6-65: Caudal bombeado del sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia

Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el primer semestre de 2020 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.

Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

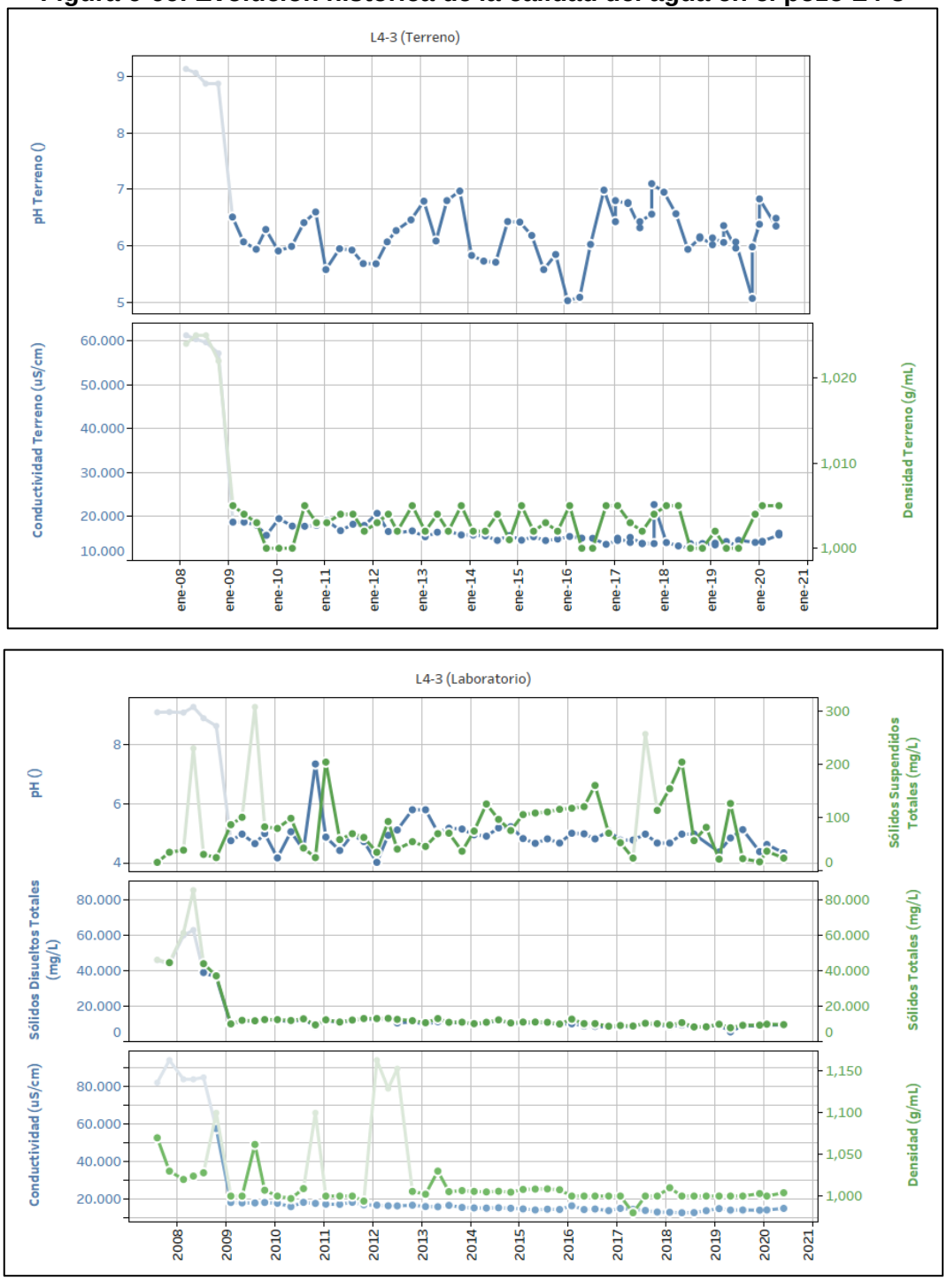
Los registros históricos de calidad del agua en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana se presentan en la Figura 6-66, Figura 6-67, Figura 6-68, Figura 6-69,

Figura 6-70, Figura 6-71 y Figura 6-72 (L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10, respectivamente)[77, 78].

[77] En el informe Nº 5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

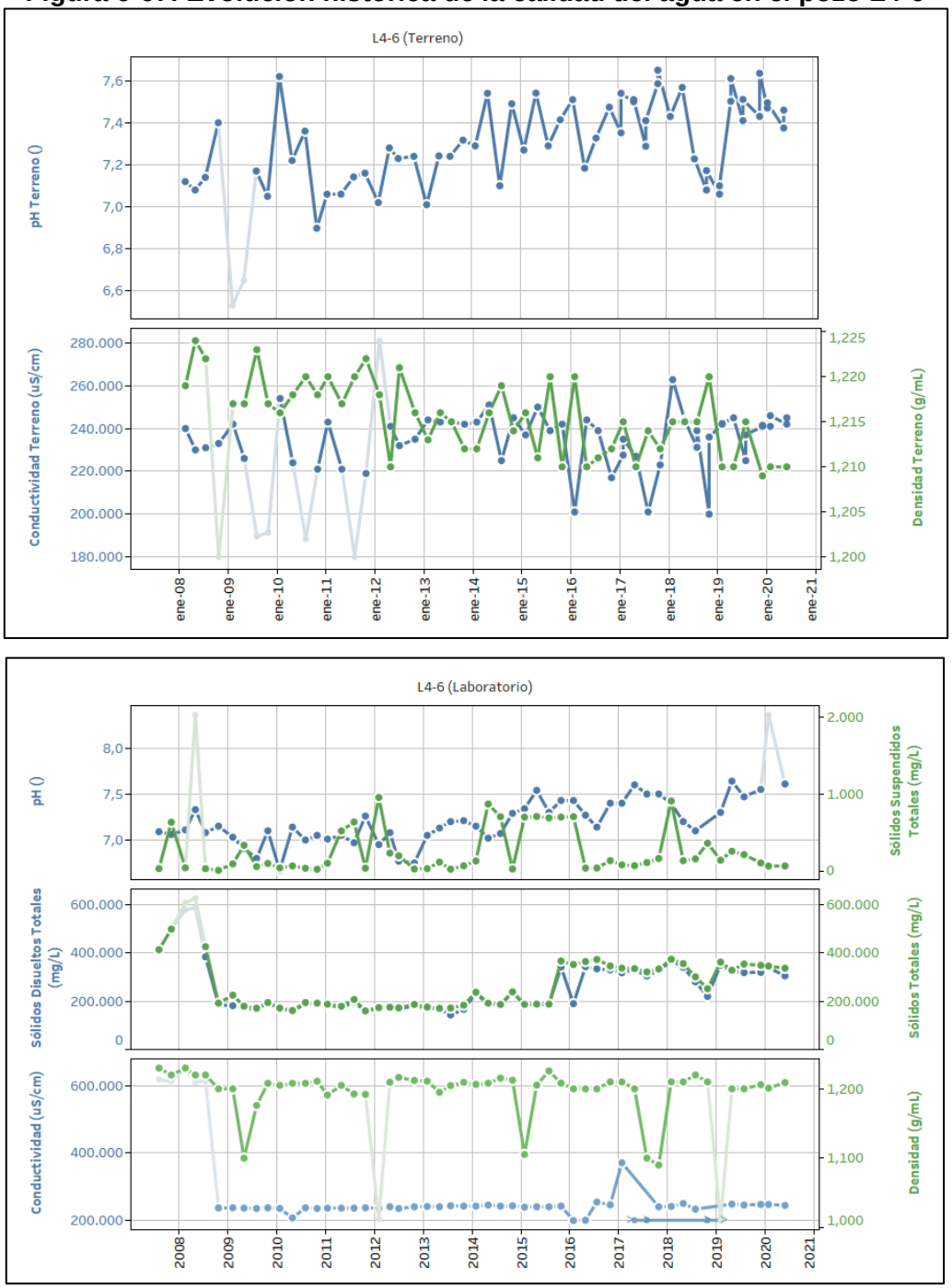
[78] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder. Esta carta se presenta en el Anexo 10.2.

Figura 6-66: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3



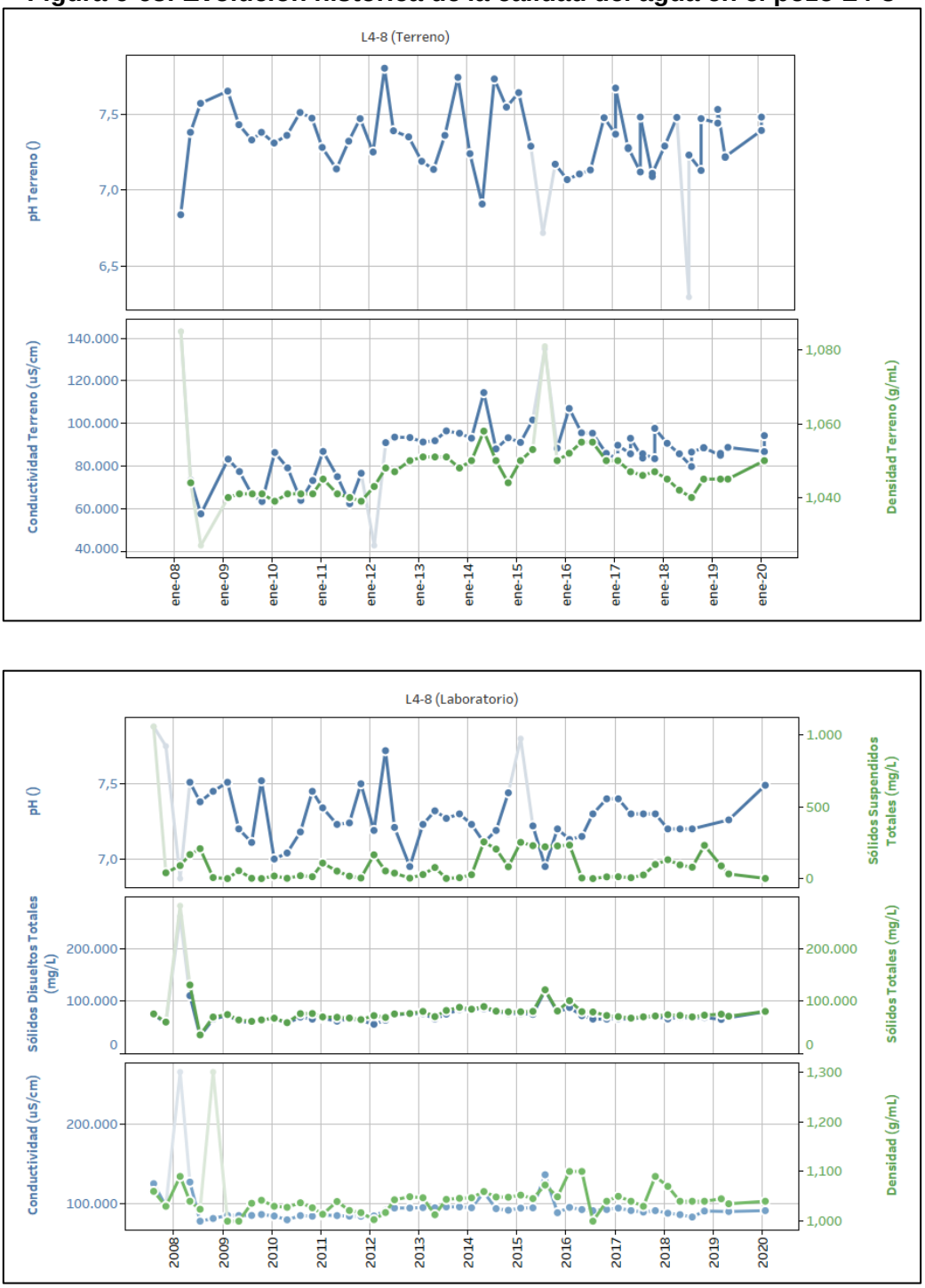
Fuente: Elaboración propia En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-67: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6



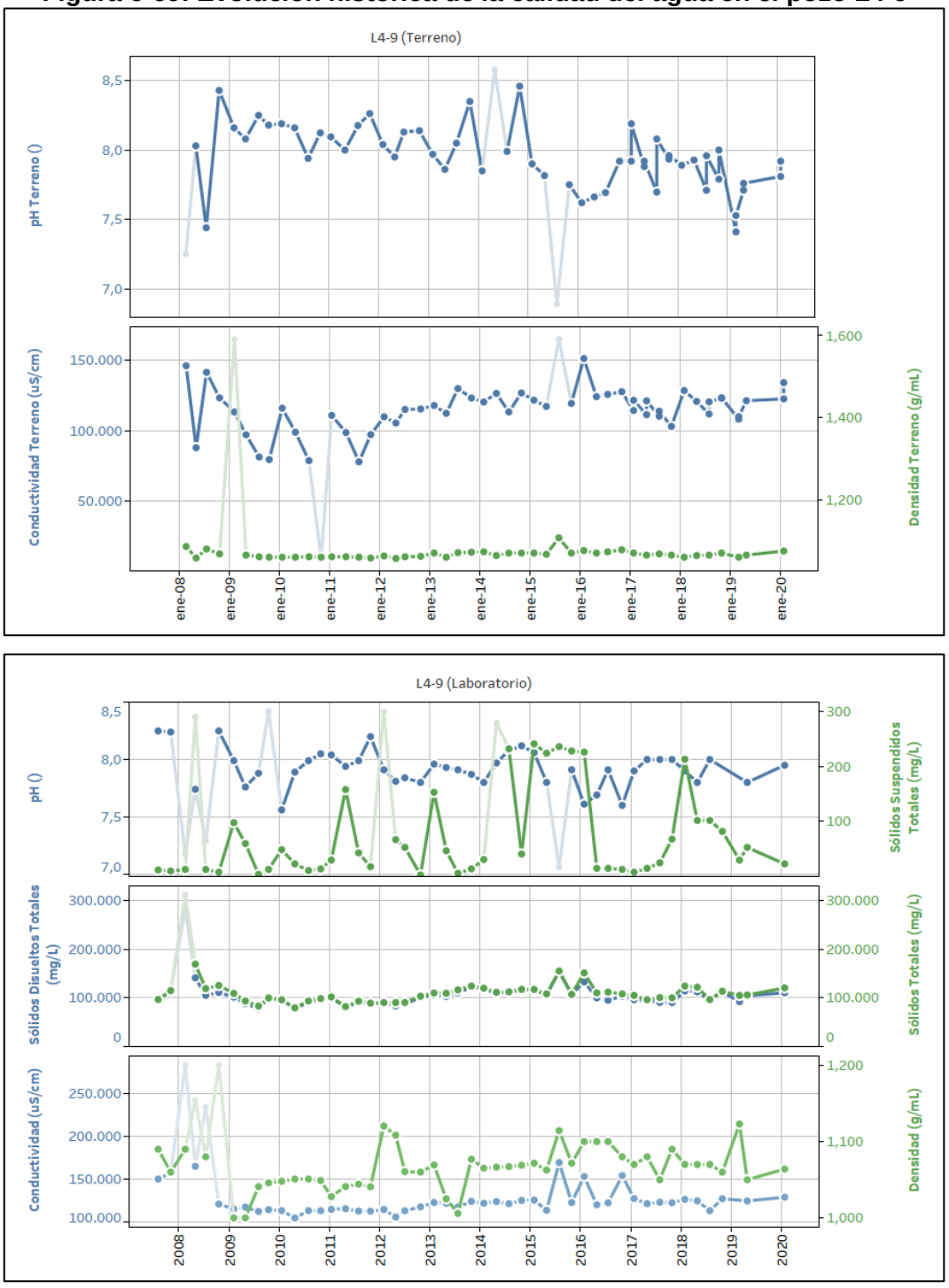
Fuente: Elaboración propia Los valores <LD ó >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta ”<” ó “>” en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8



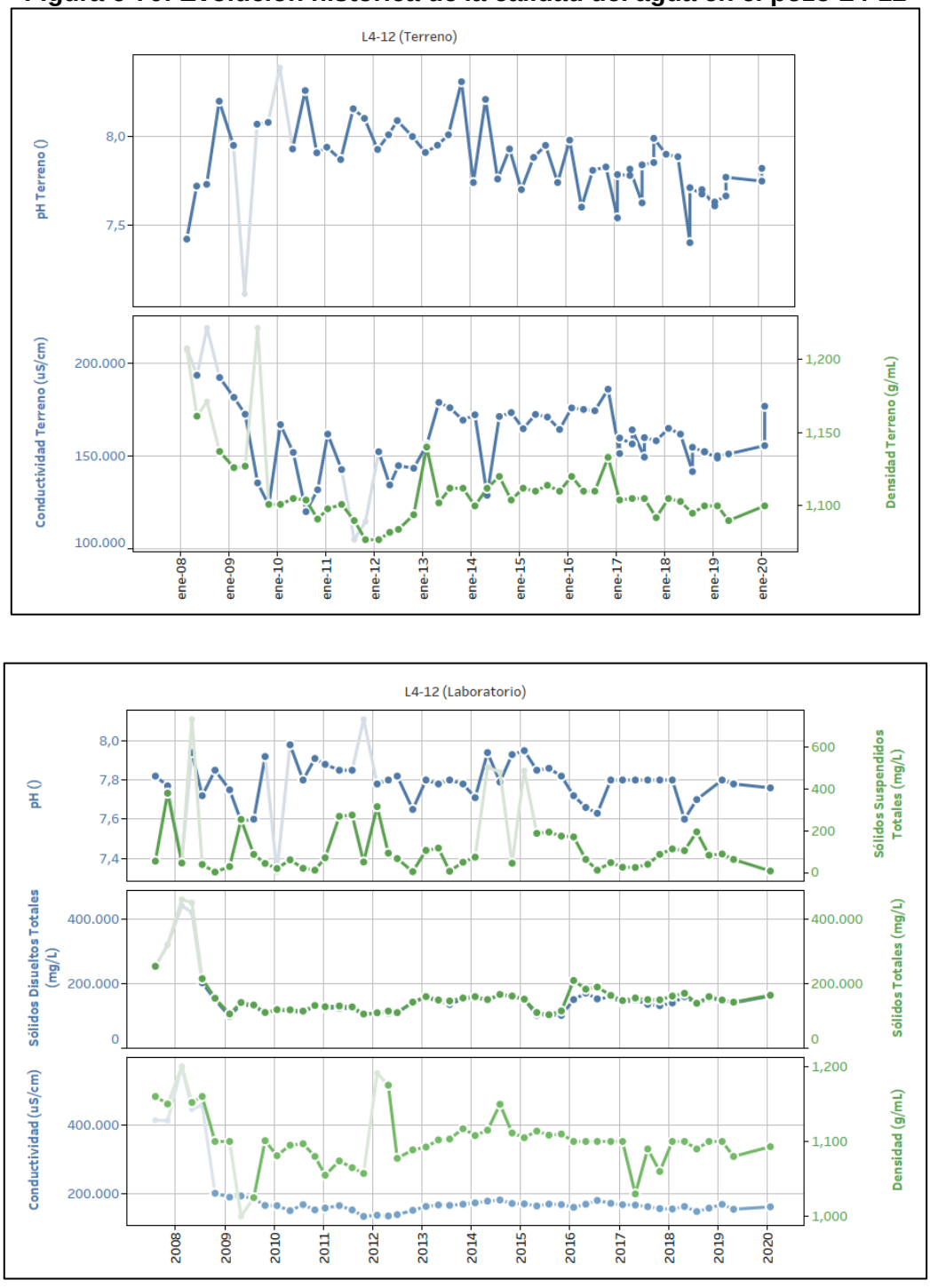
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9



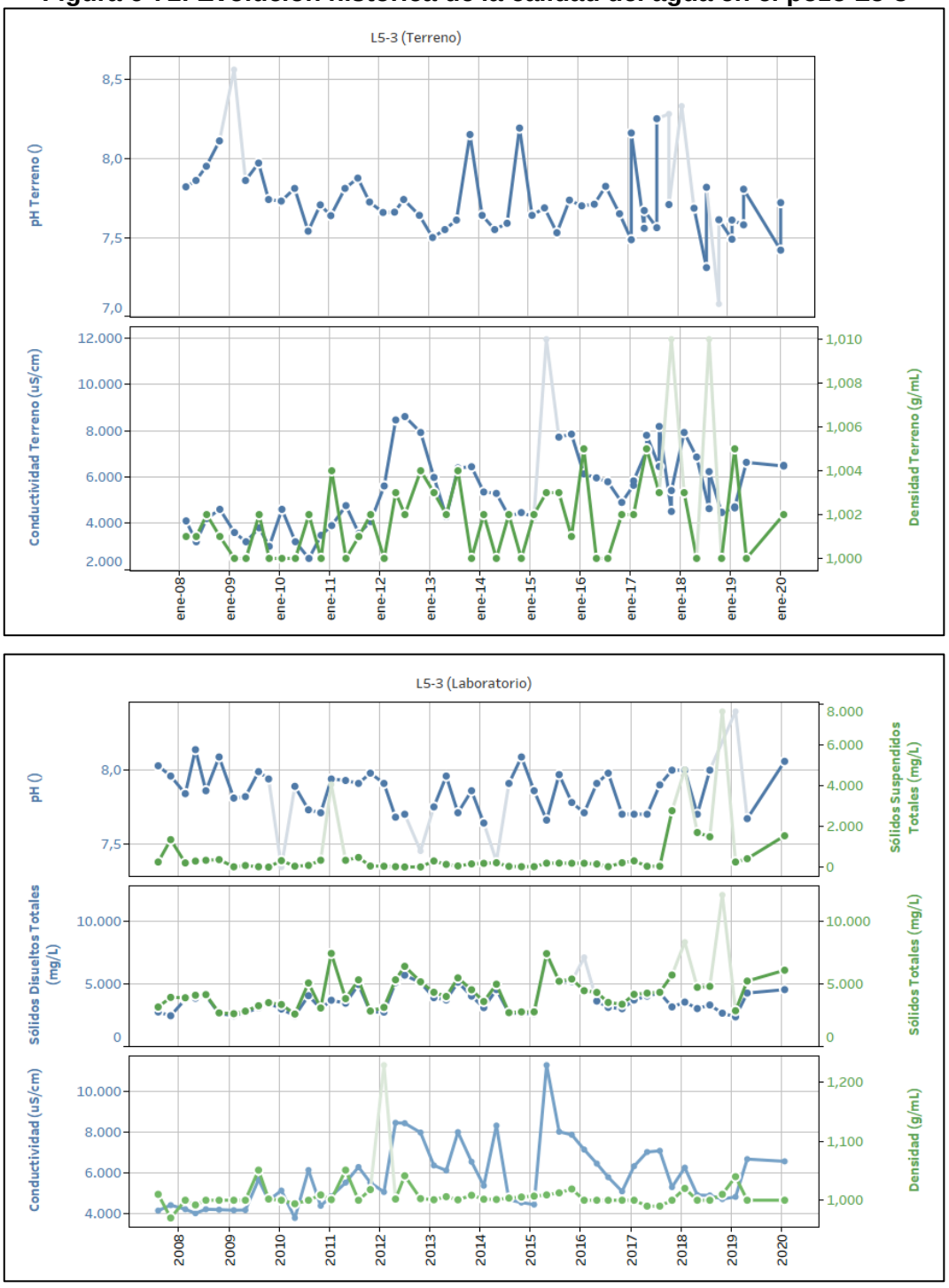
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12



Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3



Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10

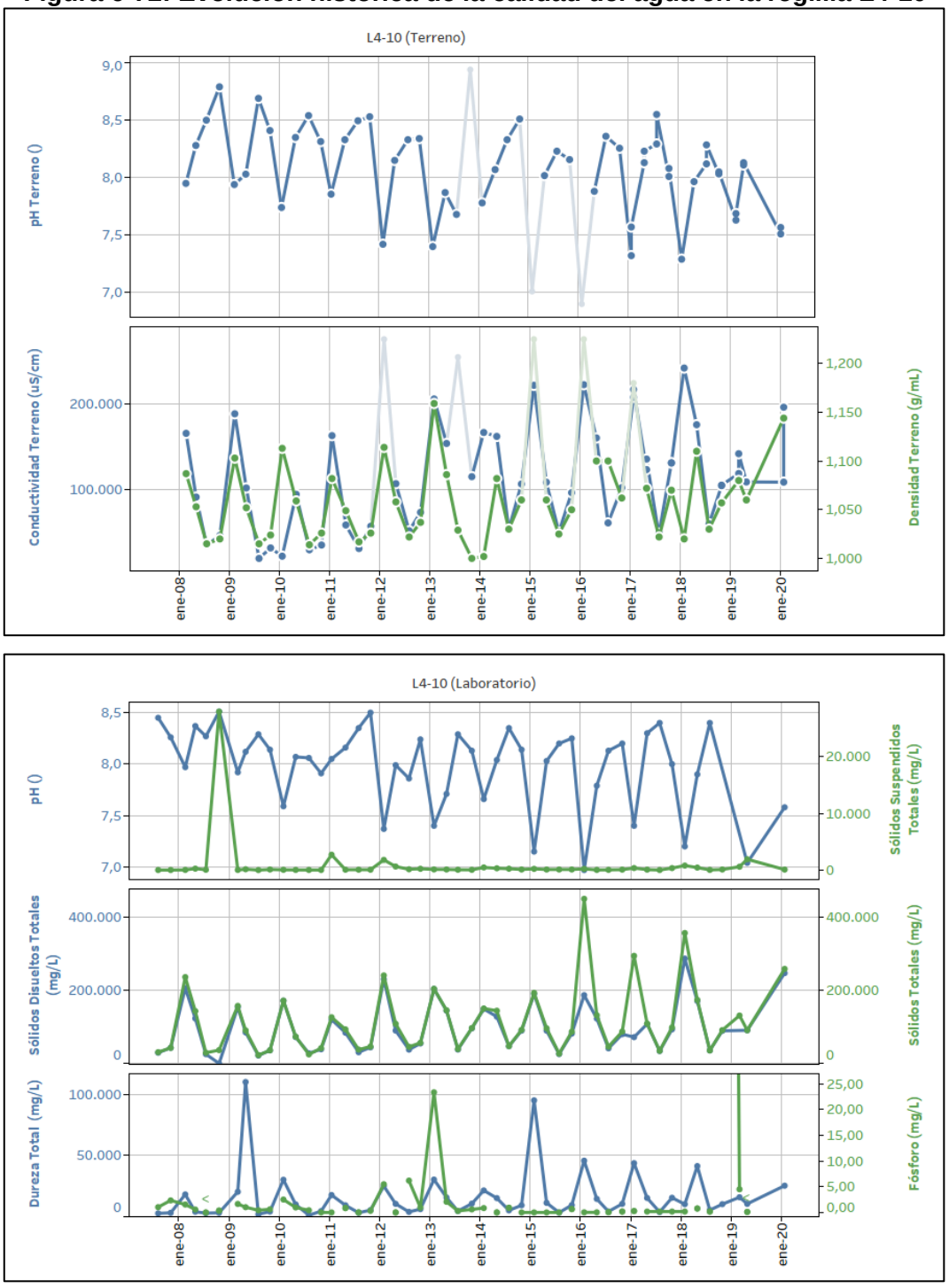
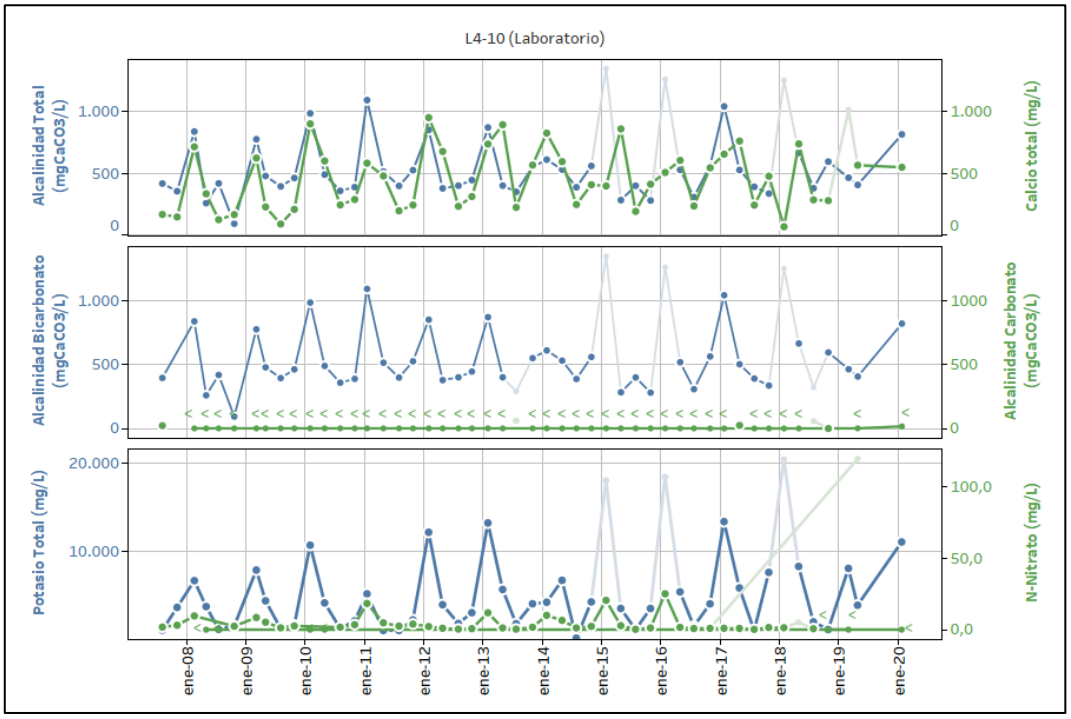


Figura 6-73 (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



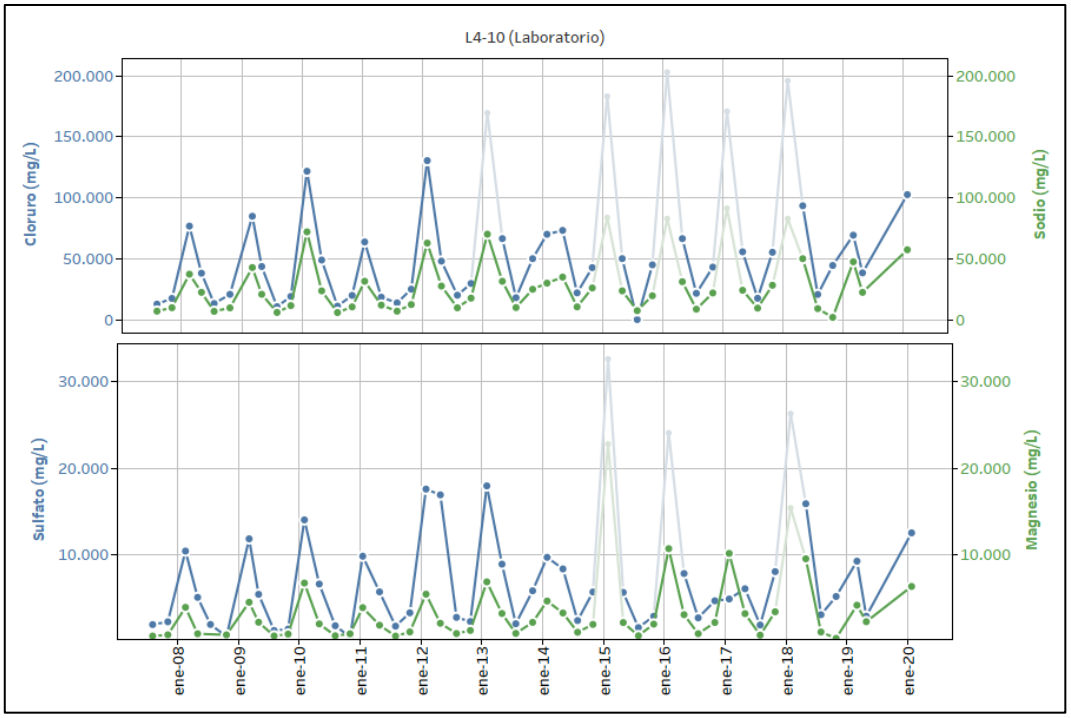
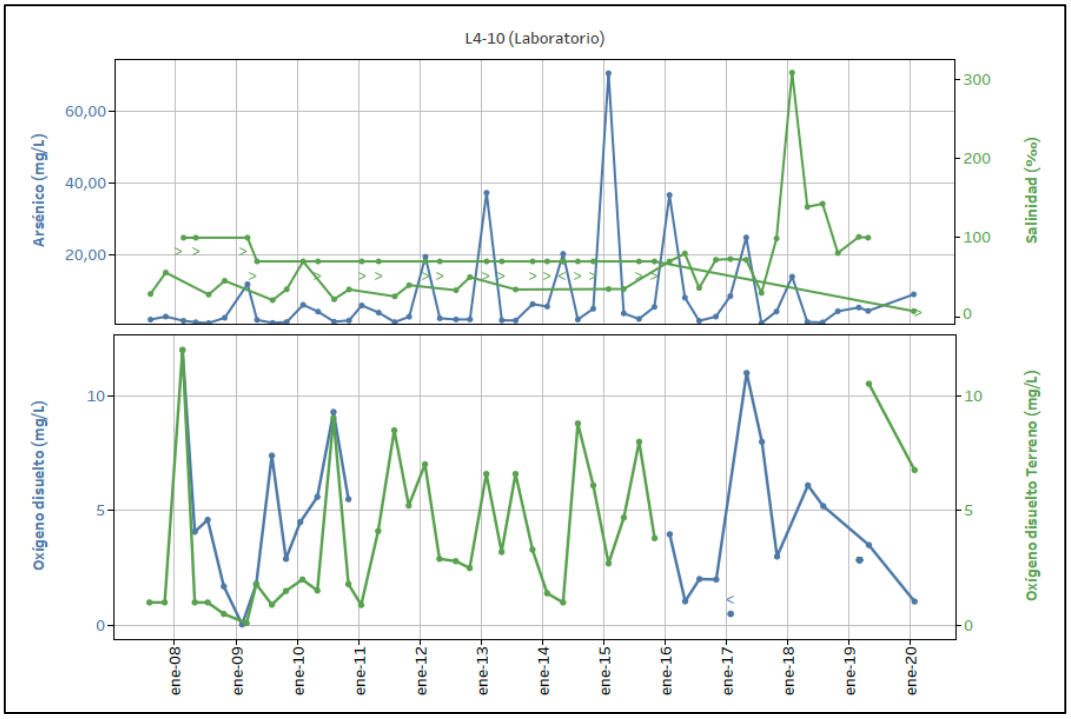


Figura 6-74(Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



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 ó LM, en símbolos < y > con el color que corresponde al parámetro. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

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 en torno 6.

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.

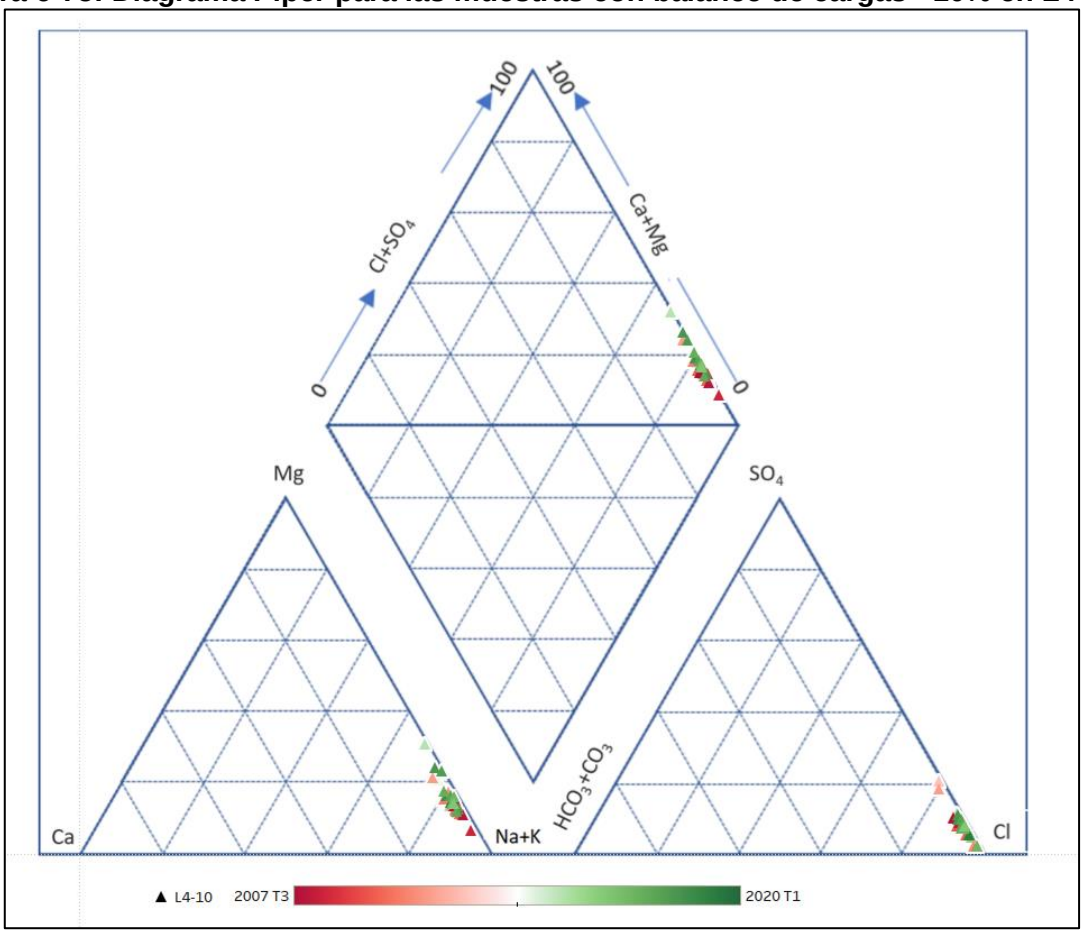
La Reglilla L4-10 presenta como principal característica una marcada estacionalidad, como consecuencia de la evaporación, oscilando su conductividad entre valores en torno a 50.000 y 220.000µS/cm, entre invierno y verano, respectivamente.

En el primer semestre de 2020, los puntos monitoreados presentan resultados para todos los parámetros dentro del registro histórico, a excepción el resultado de pH de laboratorio en enero para el punto L4-6 que alcanzo un valor máximo. La medición de terreno no se condice con este aumento y la medición de mayo del laboratorio entregó resultados acordes al registro histórico anterior para el punto, por lo que la medición de enero se trata de un outlayer.

En la Figura 6-75 se observa el diagrama de Piper para las muestras de la reglilla L4-10 con valores de BI inferiores al 10%. Puede observarse que todas las muestras son cloruradas sódicas no mostrando ninguna tendencia temporal marcada.

En relación con la evolución temporal, el punto L4-3 presenta una leve tendencia descendente para conductividad y densidad de terreno, conductividad, densidad, sólidos disueltos y sólidos Totales. El punto L4-6, con características de salmuera, ubicado en el núcleo, no muestra tendencias evolutivas para ninguno de los parámetros.

Figura 6-75: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10



Fuente: Elaboración propia

Calidad del agua en pozos de agua industrial

La evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B se presenta en la Figura 6-76 y Figura 6-79 respectivamente.

En cuanto al comportamiento histórico general, tanto Camar-2 como Socaire-5B se encuentran en el acuífero aluvial, el cual alimenta a la zona marginal. Ambos puntos presentan un pH neutro (en torno a 7) y valores de CE <5.000 µS/cm.

Para el punto Camar-2 los parámetros de hierro y manganeso mostraron un aumento en julio de 2019 hasta valores nunca alcanzados y que posteriormente han descendido, mostrando tendencia al descenso para el hierro y en menor medida para el manganeso. En el primer semestre de 2019 el punto fue afectado por un aluvión y las muestras posteriores han sido

colectadas con bailer, por lo que no resulta extraño encontrar algunas anomalías. En el punto Socaire-5B todos los parámetros se encuentran dentro del registro histórico.

Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2

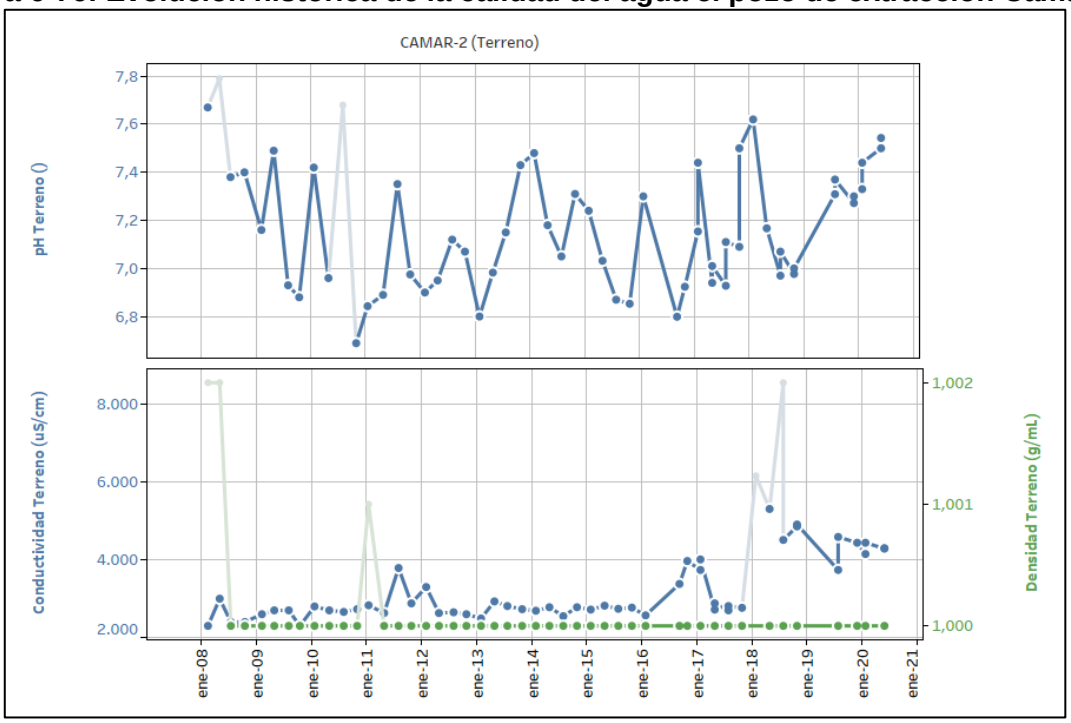


Figura 6-77(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10

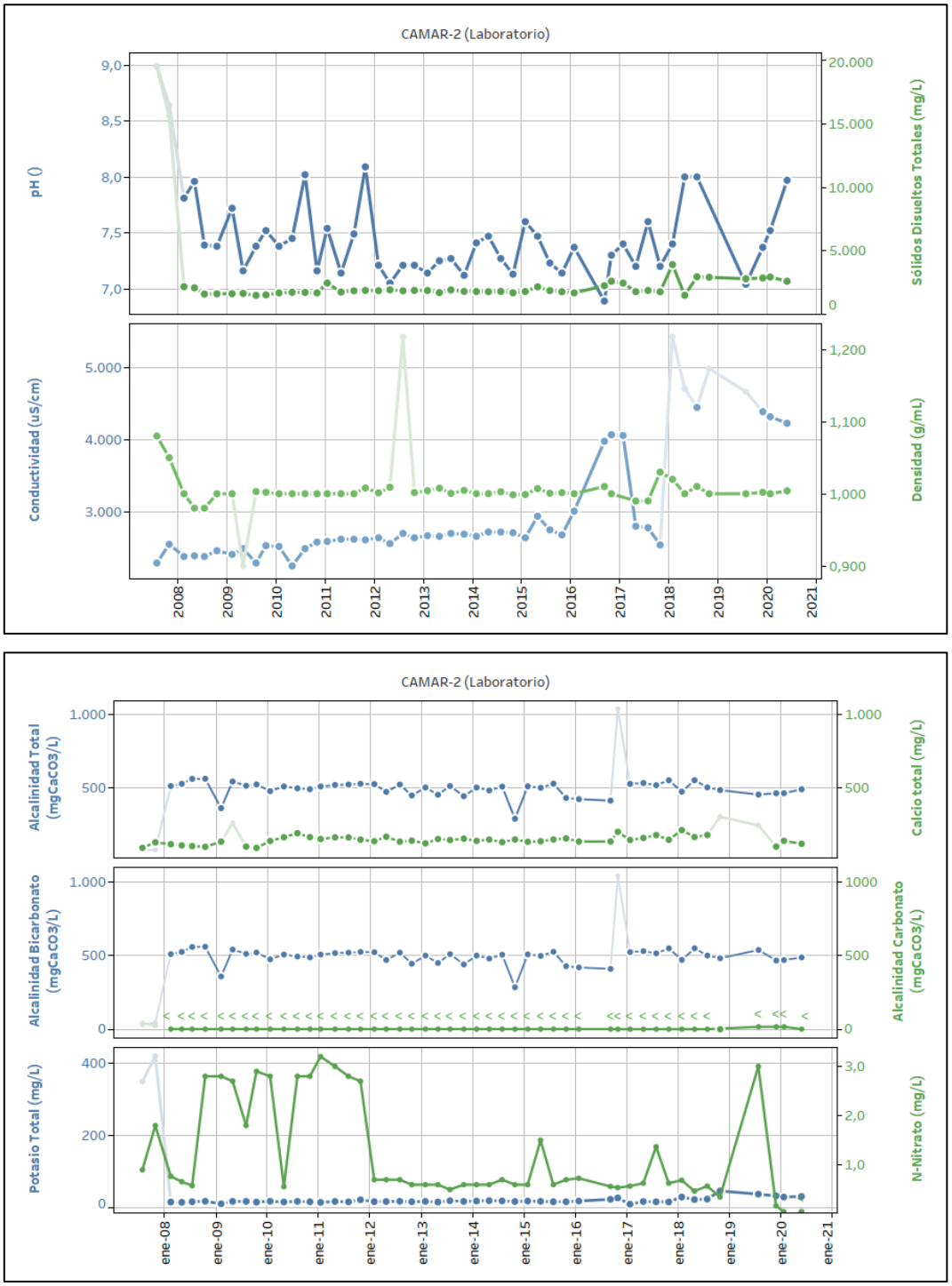


Figura 6-78(Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-79: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B

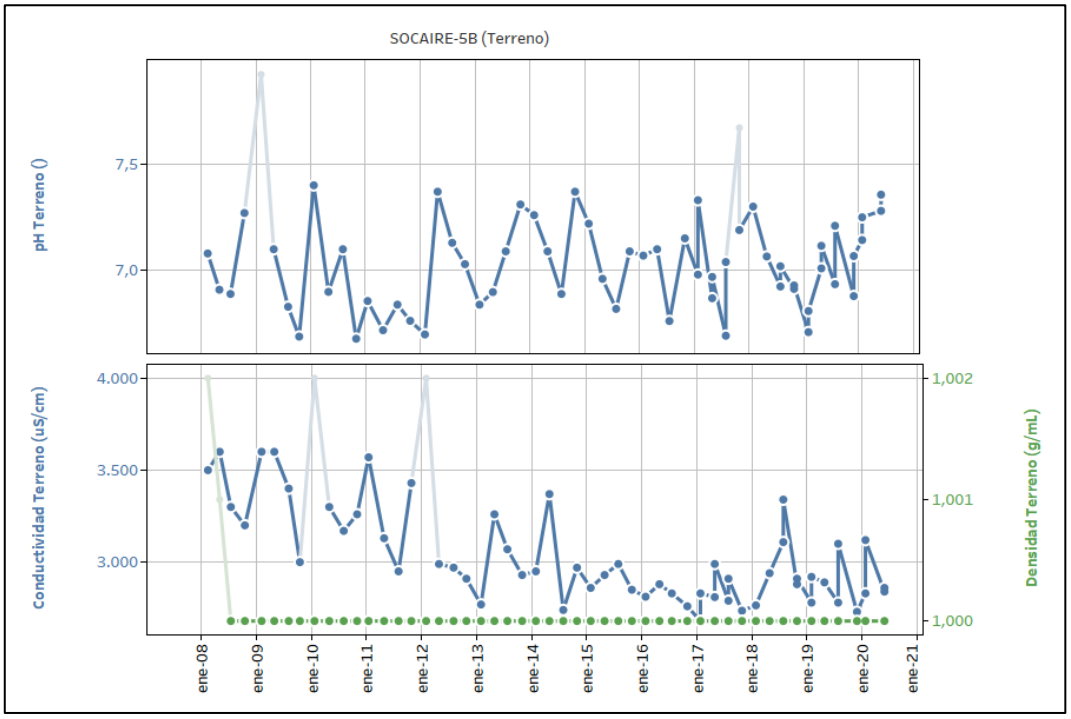
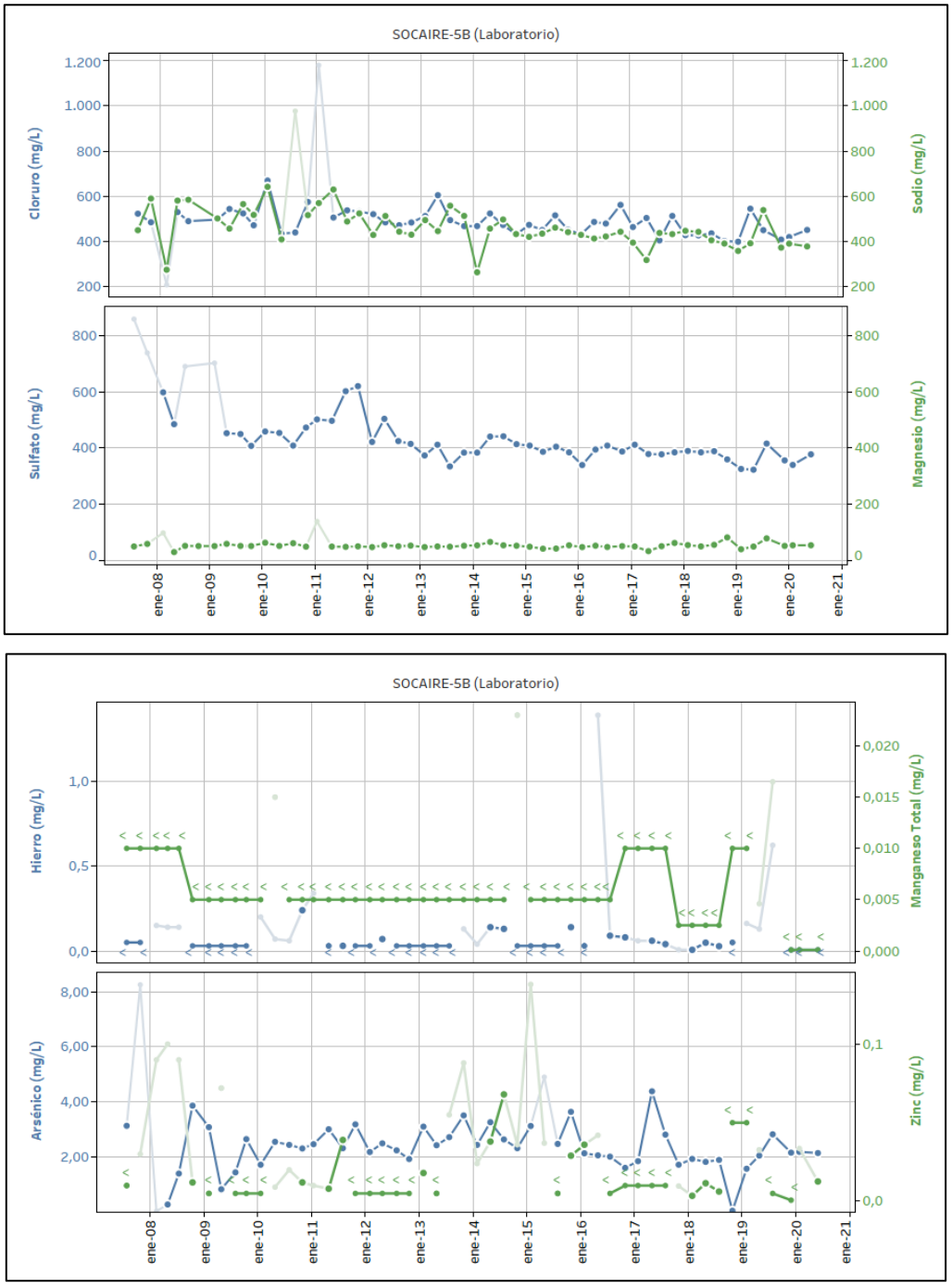


Figura 6-80(Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



Figura 6-81(Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10



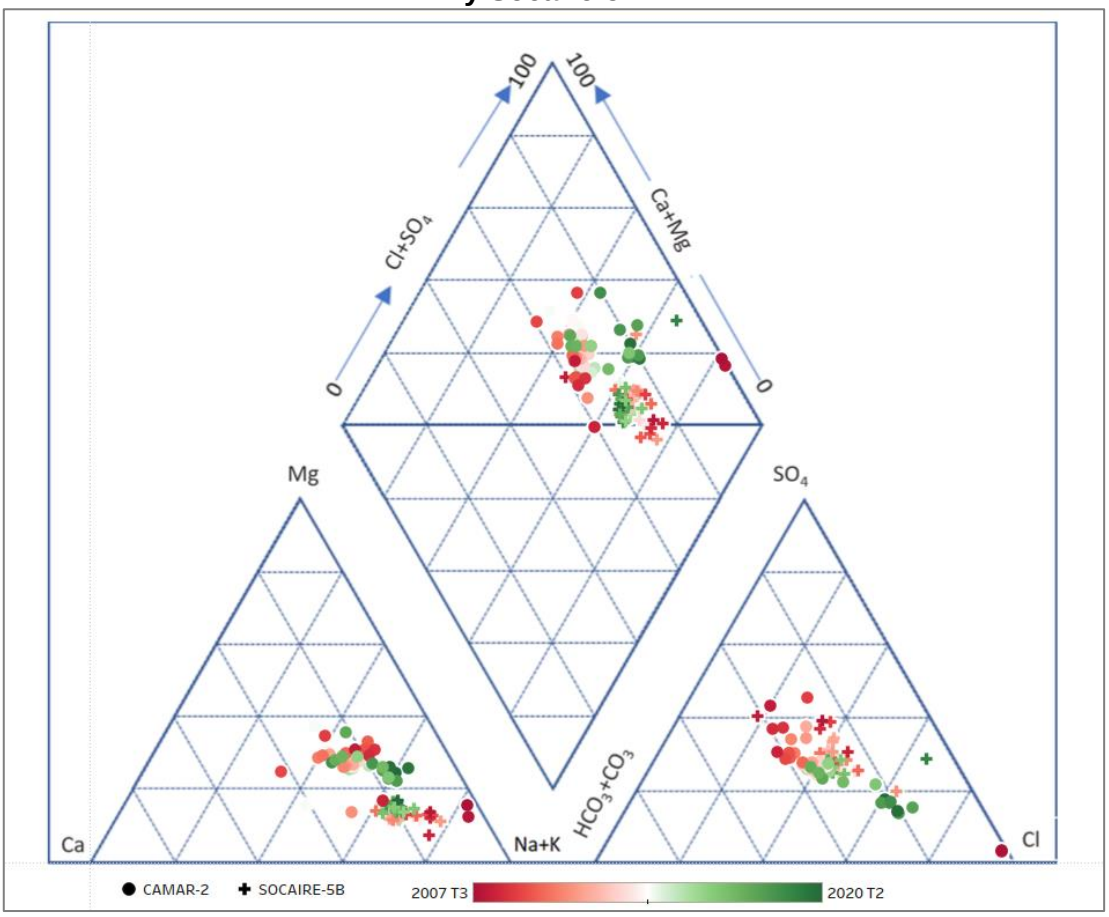
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta ”<” ó “>” en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

En la Figura 6-82, se observa que el punto Camar-2 presenta facies entre cloruradas cálcicas y magnésicas, y cloruradas sódicas y Socaire-5B se encuentra dentro de sulfatadas-cloruradas y sulfatadas sódicas. Estas aguas representan la recarga que alcanza a la zona marginal y sistema lagunares por lo que las concentraciones en estos puntos son menores a las observadas en los pozos y reglillas de la zona marginal y el núcleo. La mayor parte de esta agua será evaporada en la zona marginal.

Respecto a tendencias temporales en Camar-2, existen tendencias al alza en la concentración de Ca, Na, cloruro, CE y SDT mientras que se observa una tendencia a la baja en el pH. Para el punto Socaire-5B 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 6-82, en la que se observa que los valores de Camar-2 han evolucionado a una composición más clorurada sódica y los de Socaire-5B muestran una leve evolución a menos clorurado sódico, desplazándose hacia el centro del diagrama.

Figura 6-82: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B



Fuente: Elaboración propia

6.2.3. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

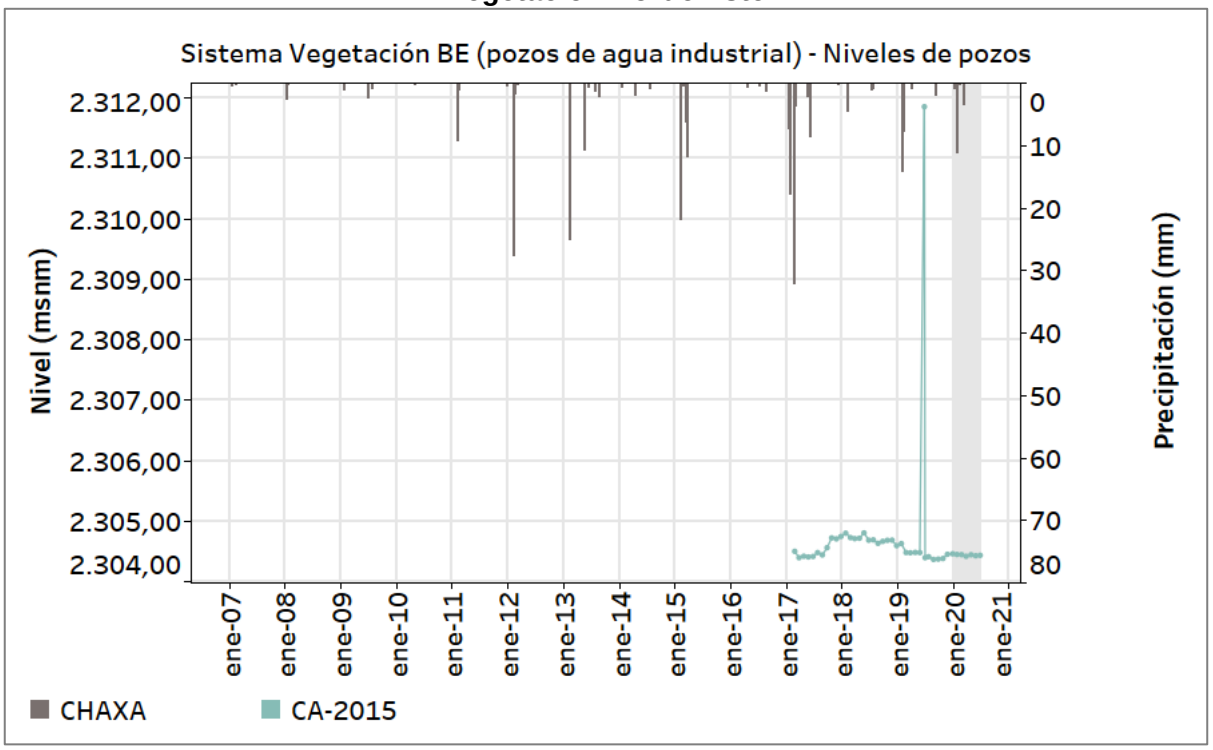
A continuación, se analiza el comportamiento histórico de los pozos pertenecientes al Sistema Vegetación Borde Este. Como ya se ha indicado al inicio de este capítulo, se han descrito los puntos separados en función del sistema hídrico (sistema Soncor o sistema Aguas de Quelana). Esto ha permitido poder 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.

Niveles de agua subterránea

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). Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-83. Este pozo ha mantenido su caudal debajo y cercano a los 35 L/s, aunque dentro del periodo reportado, el mes de febrero 2020 se registró un mínimo histórico de caudal (21 L/s) (ver apartado más delante de "Caudal Bombeado"). De todas formas, el nivel en este pozo, para este semestre de 2020, se ha mantenido alrededor estable de 2.304,44 m s.n.m.

Figura 6-83: Niveles medidos en el pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

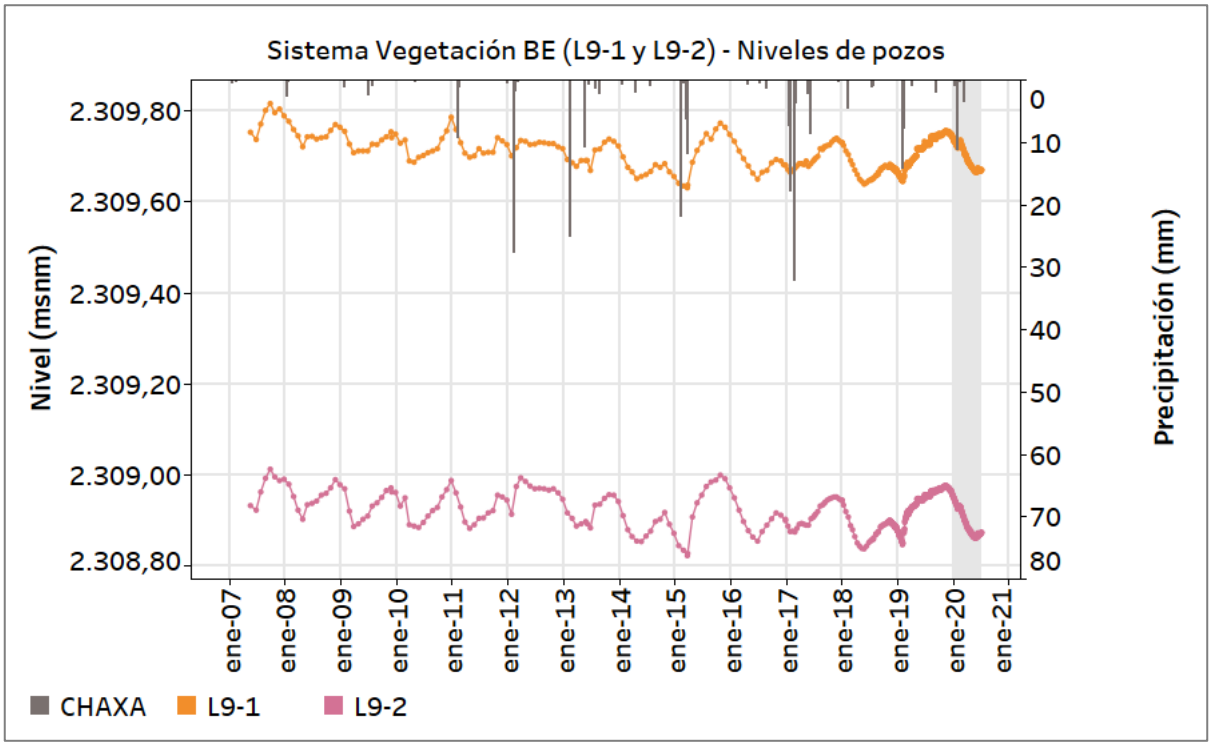
Pozos en zona aluvial y marginal

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 niveles en la Figura 6-84 y descensos calculados en la Figura 6-85) muestran un comportamiento que se ha identificado en los sistemas anteriores como transicional entre la zona marginal y el acuífero aluvial, ya que muestra una oscilación poco regular y se observa una tendencia al descenso. La respuesta a las lluvias más intensas registradas ha sido un ascenso tardío y prolongado en el tiempo, hecho que muestra que estos puntos han percibido esta recarga de forma indirecta a través del acuífero aluvial.

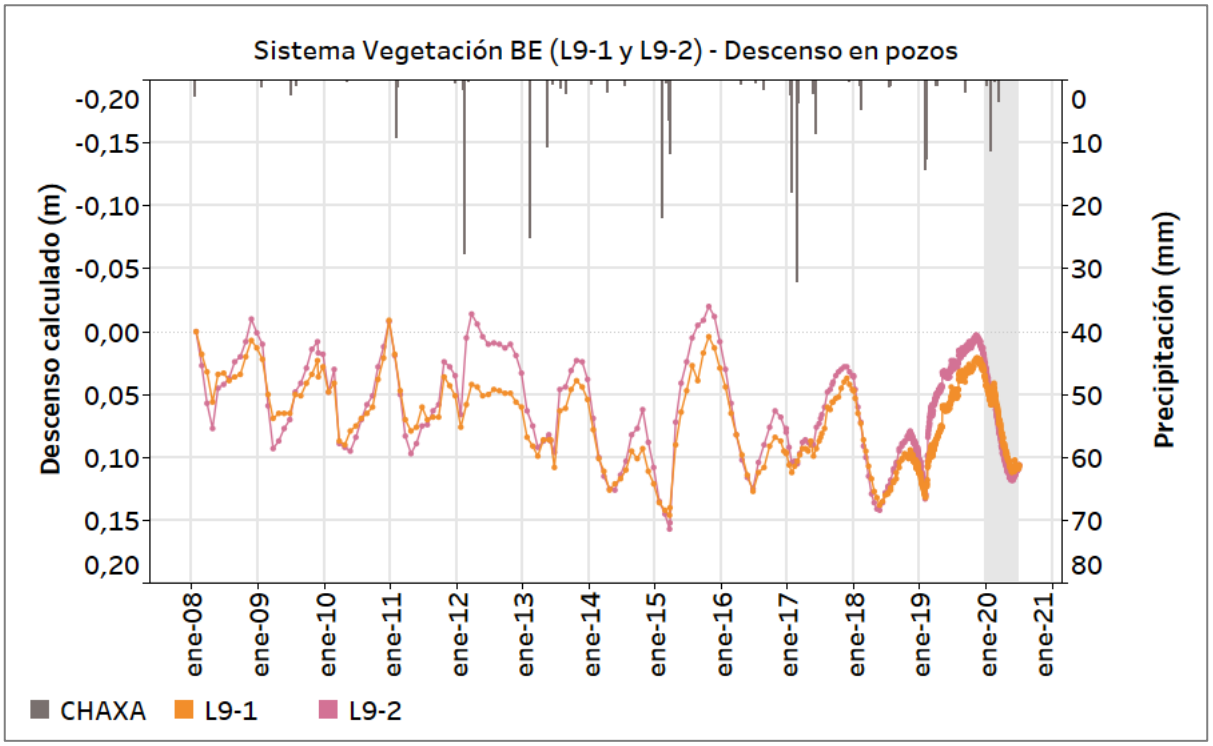
De los niveles medidos en el primer semestre de 2020, se observa cómo se han alcanzado el mínimo en mayo (2020) y al final del periodo se encuentra en etapa de ascenso, propio de la oscilación estacional descrita, aunque se hace notar que, en comparación con la oscilación observada en la zona marginal (ver apartado “Pozos en zona marginal” en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana) este mínimo se está produciendo de forma tardía.

Figura 6-84: Niveles medidos en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-85: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este

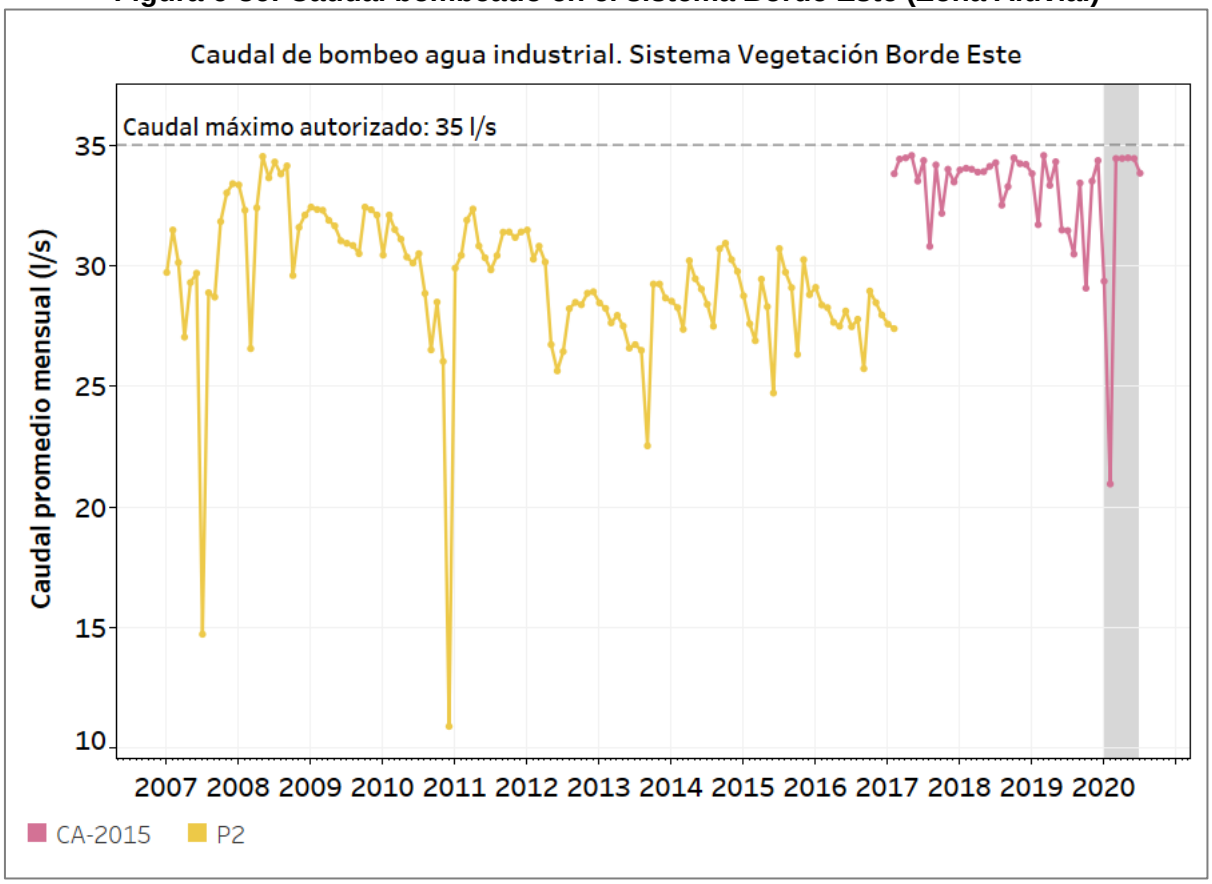


Fuente: Elaboración propia.

Caudal Bombeado

En la Figura 6-86 se puede observar que los caudales extraídos, desde el pozo P2 y posteriormente de su pozo de reemplazo CA-2015, no han superado los derechos otorgados a partir del inicio del PSAH (35 L/s). En el pasado semestre reportado, se redujo la extracción promedio y en el presente semestre (enero-junio 2020) se ha alcanzado un mínimo histórico para este pozo de 20,95 L/s, en el mes de febrero (2020). Posteriormente, se ha mantenido una operación estable de unos 34 L/s.

Figura 6-86: Caudal bombeado en el sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el primer semestre de 2020 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 sólo se discute su comportamiento y evolución histórica a partir del inicio del periodo de registro.

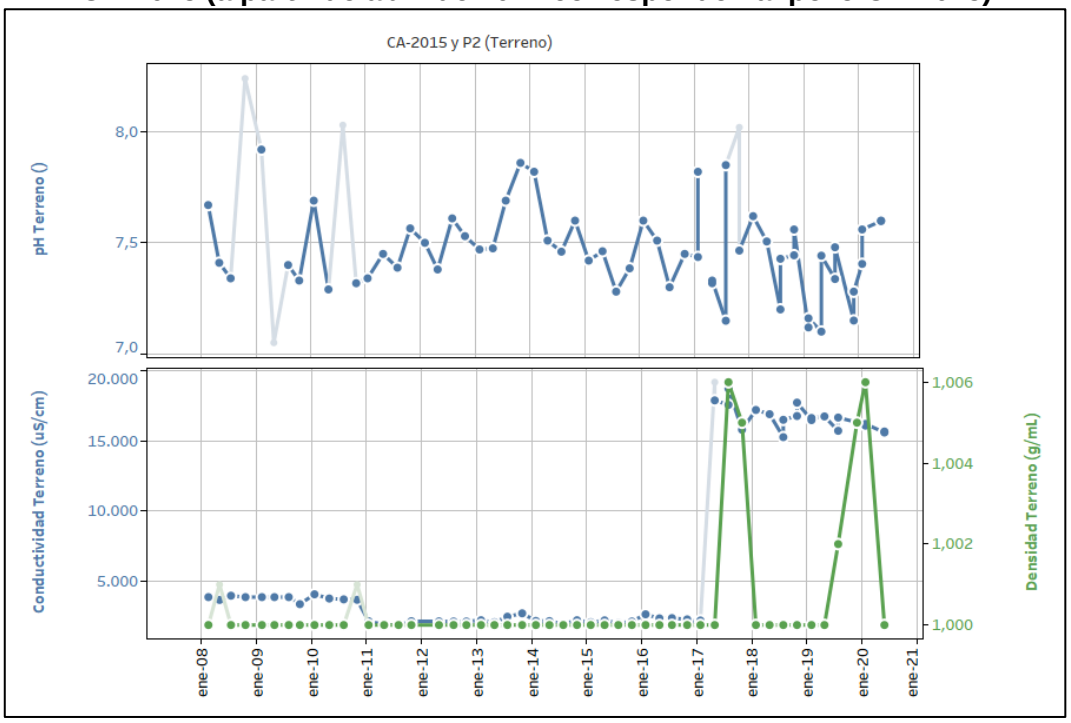
El monitoreo de este sistema se realiza en los pozos L2-4, L4-3, L7-3 y en el pozo de extracción de agua industrial P2 (actual CA-2015). Los tres pozos de monitoreo de agua subterránea (L2-4, L4-3, L7-3) corresponden también a puntos de monitoreo de otros sistemas y fueron presentados en las secciones 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 sólo se presenta

gráficamente la evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial P2 y CA-2015 (Figura 6-87).

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, únicamente el sulfato ha alcanzado valores superiores al máximo histórico en mayo, teniendo una concentración de aproximadamente el doble que en la medición de enero (921mg/L en mayo vs 498 en enero). Se han revisado mediciones posteriores y se corrobora que ese valor se trata de un outlayer, habiendo retornado a valores similares al registro histórico. El Nitrógeno nitrato, que se encontraba en valores altos desde febrero de 2019 ha descendido a concentraciones bajo el límite de detección.

Figura 6-87: 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)



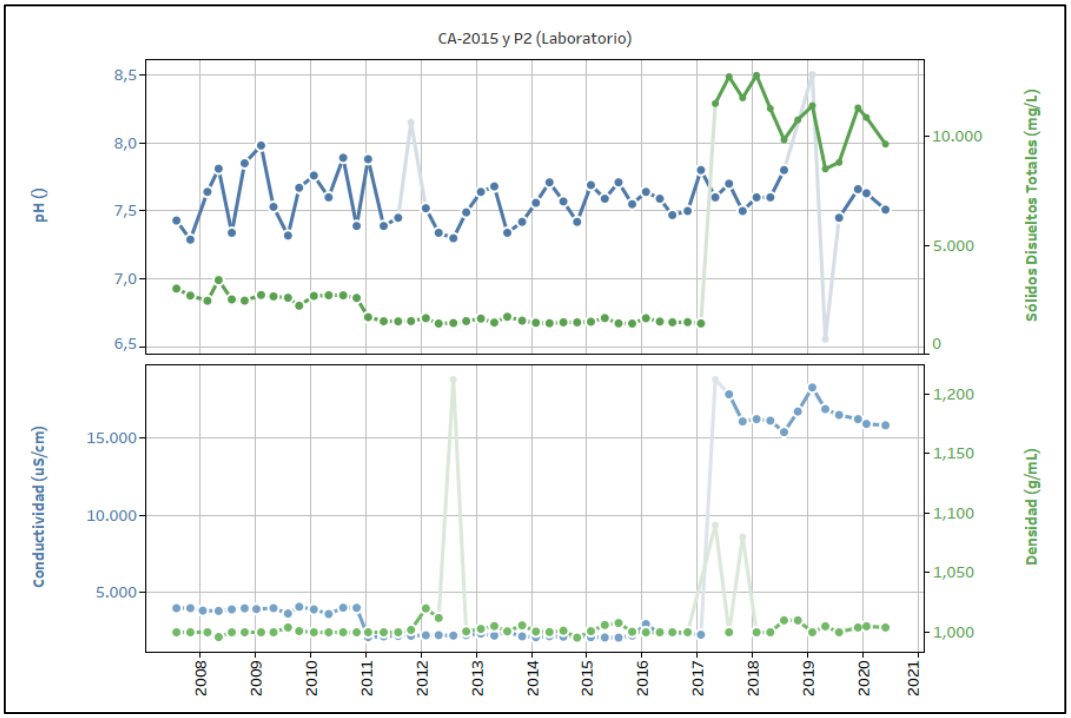
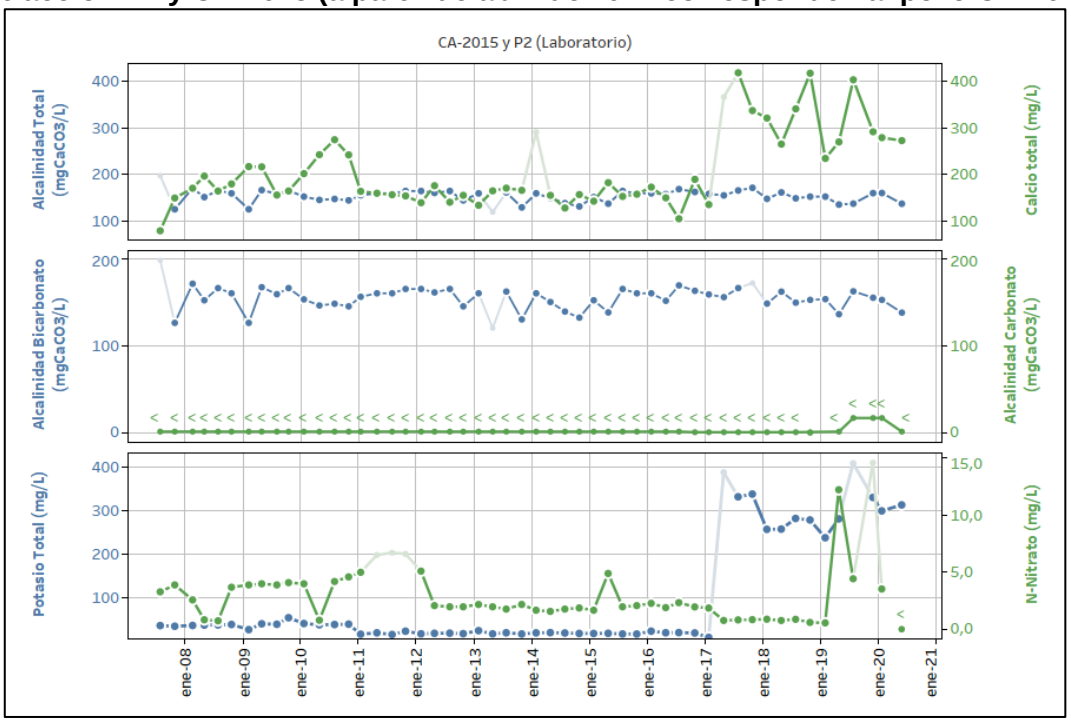


Figura 6-88 (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)



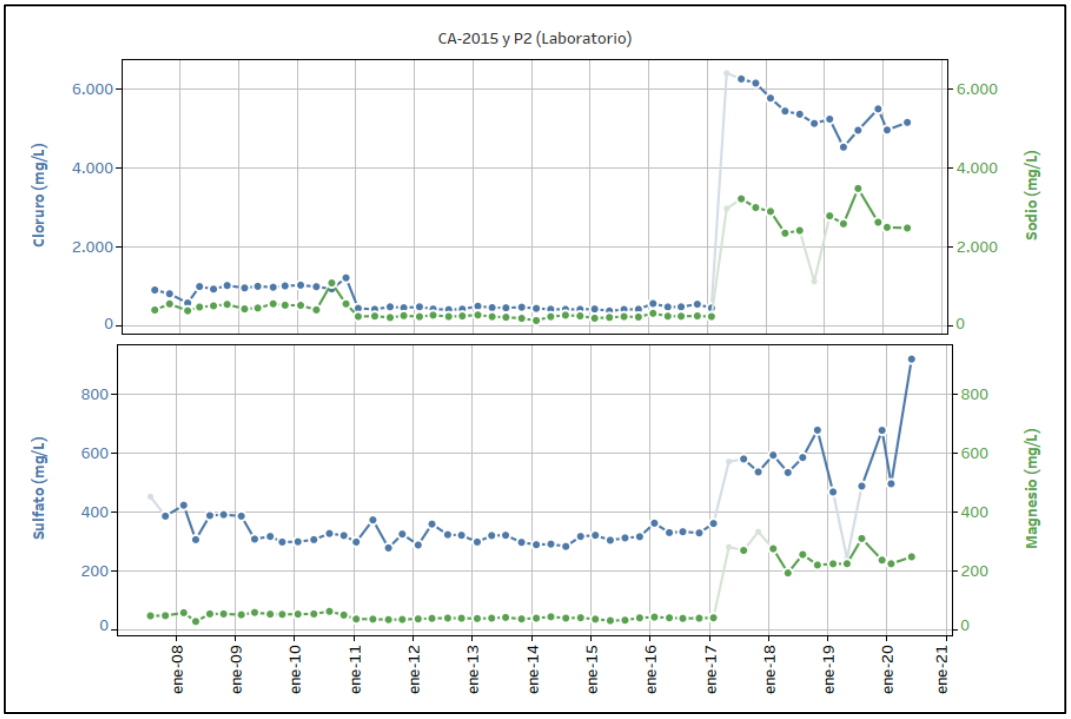
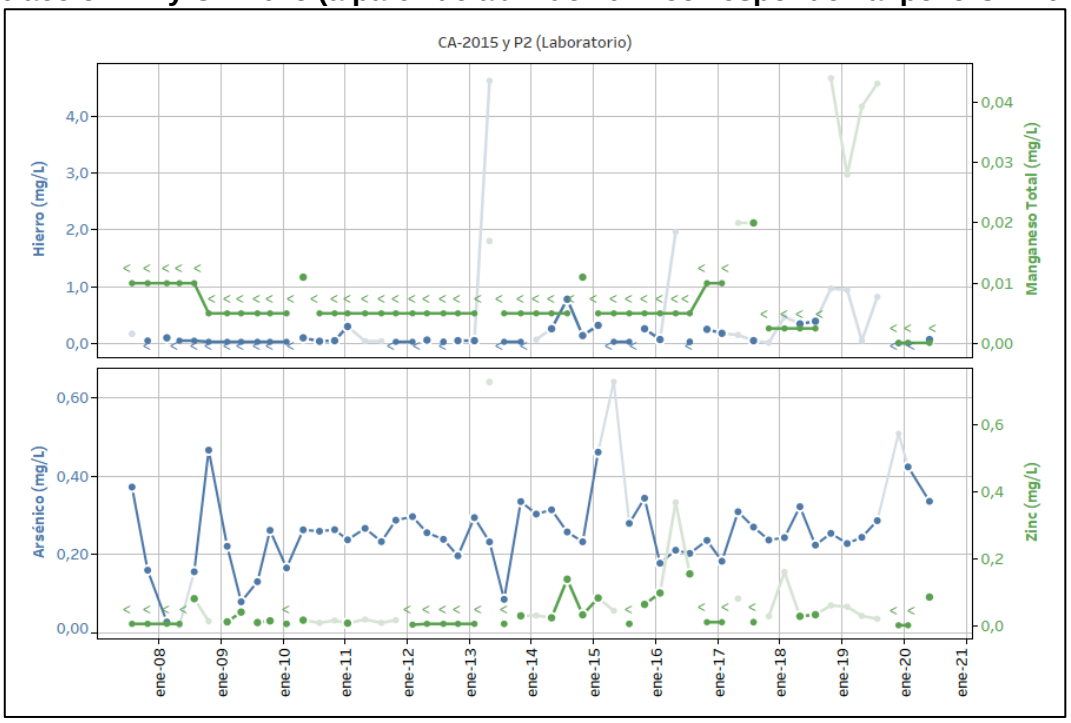


Figura 6-89 (Continuación) Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (a partir de abril de 2017 corresponden al pozo CA-2015)

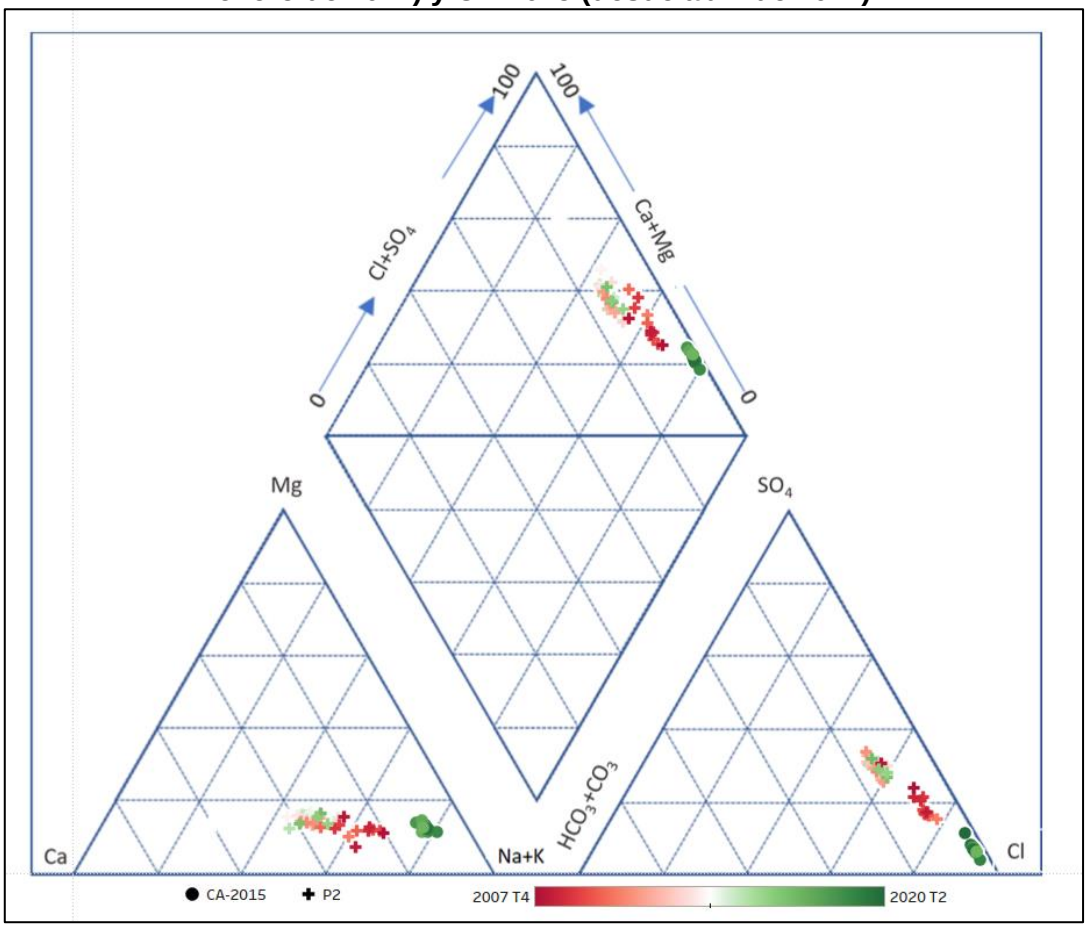


Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

La Figura 6-90 muestra el diagrama de Piper para las muestras colectadas en P2 y CA-2015, con un BI inferior al 10%. Nótese que, aunque ambos puntos presentan facies cloruradas sódicas, el punto CA-2015 presenta unas características cloruradas sódicas notablemente más acusadas que P2. La explicación a este hecho reside en que el punto CA-2015 está colectando aguas más profundas que el P2 y por tanto con una mayor influencia de la interfaz salina que se encuentra en profundidad como consecuencia del encuentro entre las aguas de recarga a la zona marginal y la salmuera del núcleo en profundidad.

Respecto a las tendencias en este sector, en el diagrama de Piper, Figura 6-90, 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 no se observa una clara tendencia. En la Figura 6-87, se observan algunos parámetros con leve tendencia a la baja como pH terreno, conductividad de terreno, sólidos disueltos totales, calcio y cloruro, lo que indicaría una tendencia similar a la que presentaba el P2.

Figura 6-90: 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

6.2.4. 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. 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.

Niveles de agua subterránea y superficial

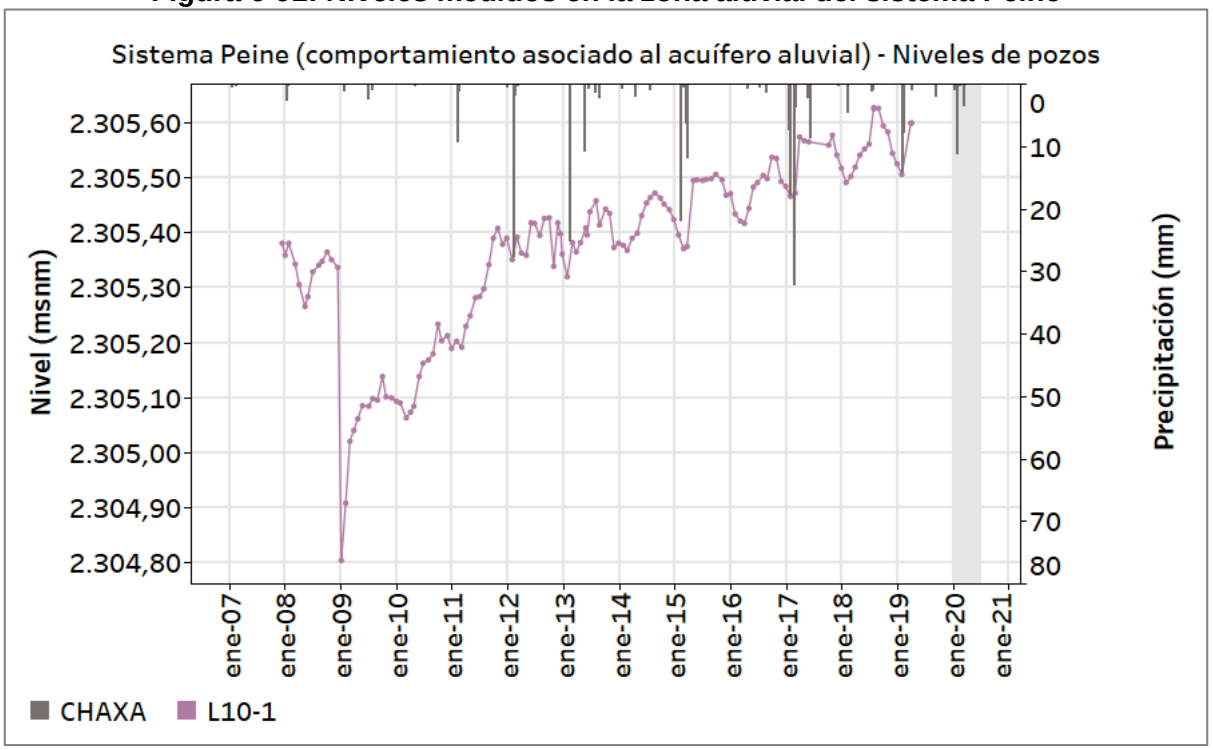
Pozos en zona aluvial

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 la aluvial. Este punto está asociado al monitoreo de la zona marginal del sistema Peine, pero se le observa un comportamiento singular y poco relacionado a lo que cabría esperar para la zona marginal, donde los niveles muestran una estrecha relación con los ciclos de evaporación estacionales. En la Figura 6-92 se muestran los niveles históricos medidos y se puede ver como presenta oscilaciones, pero no son regulares, por lo que deben estar asociadas a los eventos de recarga subterránea. La tendencia general es 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 destacar es que no muestra una respuesta evidente a los eventos de precipitación.

No se dispone de mediciones desde enero de 2019[79], por lo que no se puede comprobar la tendencia actual de este punto.

[79] No se ha podido acceder ya que la Comunidad de Peine mantiene la restricción de acceso al sector al personal de SQM. El detalle se encuentra descrito al inicio del apartado 0.

Figura 6-91: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

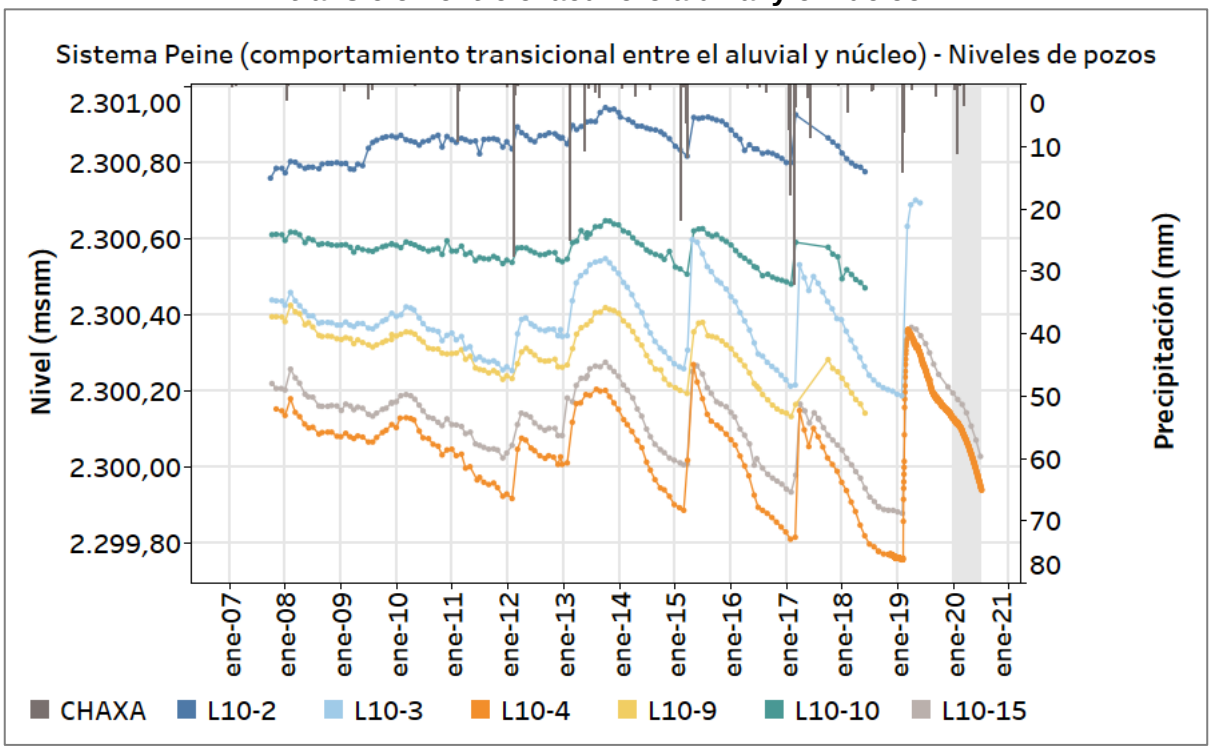
Pozos en zona marginal

Desde la zona aluvial y hacia el noroeste, siguiendo la dirección del flujo, se encuentra la zona marginal, donde los niveles muestran un comportamiento mixto entre el observado en el L10-1 y el núcleo. Se trata de los puntos L10-2, L10-3, L10-4, L10-9, L10-10 y L10-15, que se muestran en la Figura 6-92. Estos puntos tampoco muestran la particular oscilación regular propia de los ciclos estacionales de evaporación. Sino que se observa que, los puntos que se encuentran más cercanos a la zona aluvial, presentan una tendencia ascendente tal y como mostraba el punto representativo del aluvial (L10-1), aunque con menor pendiente, como es el caso del L10-2 que presenta una tasa de ascenso de 0,35 cm/año. A medida que los puntos se encuentran más cercanos al núcleo (y alejados del aluvial) muestran una mayor tasa de descenso; el punto L10-3 presenta una tendencia de descenso con una pendiente muy suave (0,01 cm/año), en el punto L10-10 la tasa de descenso aumenta un poco más (0,55 cm/año) y ya los puntos L10-4, L10-9 y L10-15 tienen una tasa de 1,4 cm/año (tasa del orden de magnitud parecida a la de los puntos tipo Núcleo más cercanos a la Zona Marginal; GD-03 y

L10-12, ver siguiente apartado). Estos últimos puntos además muestran la misma respuesta a los eventos de precipitación que la observada en los pozos del núcleo.

Durante el primer semestre de 2020 solo se ha podido acceder a los puntos L10-4 y L10-15, que muestran todavía una recuperación después del máximo registrado por la lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-92: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

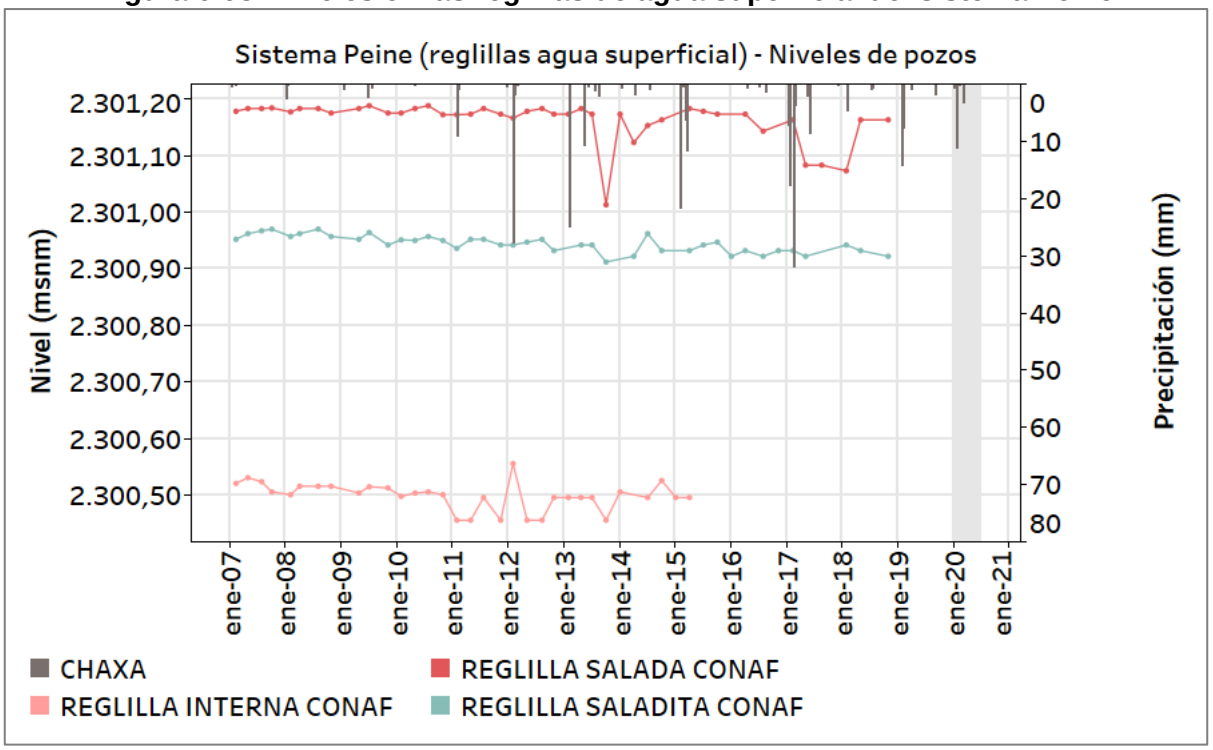
Nivel de agua superficial y lacustre

Para monitorear el nivel de la superficie de las lagunas del Sistema, se observan los registros de las reglillas Salada, Saladita e Interna, medidas históricamente por CONAF en el marco del convenio establecido en la RCA N°226/2006. Como se mencionó en la sección de Resultados (5), a partir de enero de 2019 y en virtud del término del convenio, las mediciones de nivel en el sistema lacustre de Peine pasan a ser responsabilidad de SQM Salar S.A., cuyos resultados se agregan a la data histórica. Los niveles medidos hasta la fecha se muestran en la Figura 6-93.

Respecto a la laguna Salada, los registros se presentaron estables hasta el año 2013, evidenciándose una mayor oscilación desde entonces, con niveles levemente menores el 2017 y una recuperación en el primer semestre del año 2018. Por su parte la reglilla Saladita presenta un leve descenso entre los años 2009 y 2013, con niveles estables a partir de esa fecha. Finalmente, la reglilla Interna no se han podido medir los niveles desde el año 2016 y hasta finales de 2018, puesto que el área de descarga no había cubierto la ubicación del punto de monitoreo.

No se tienen medidas para el primer semestre de 2020, por lo que no es posible verificar las tendencias actuales de estos puntos.

Figura 6-93: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

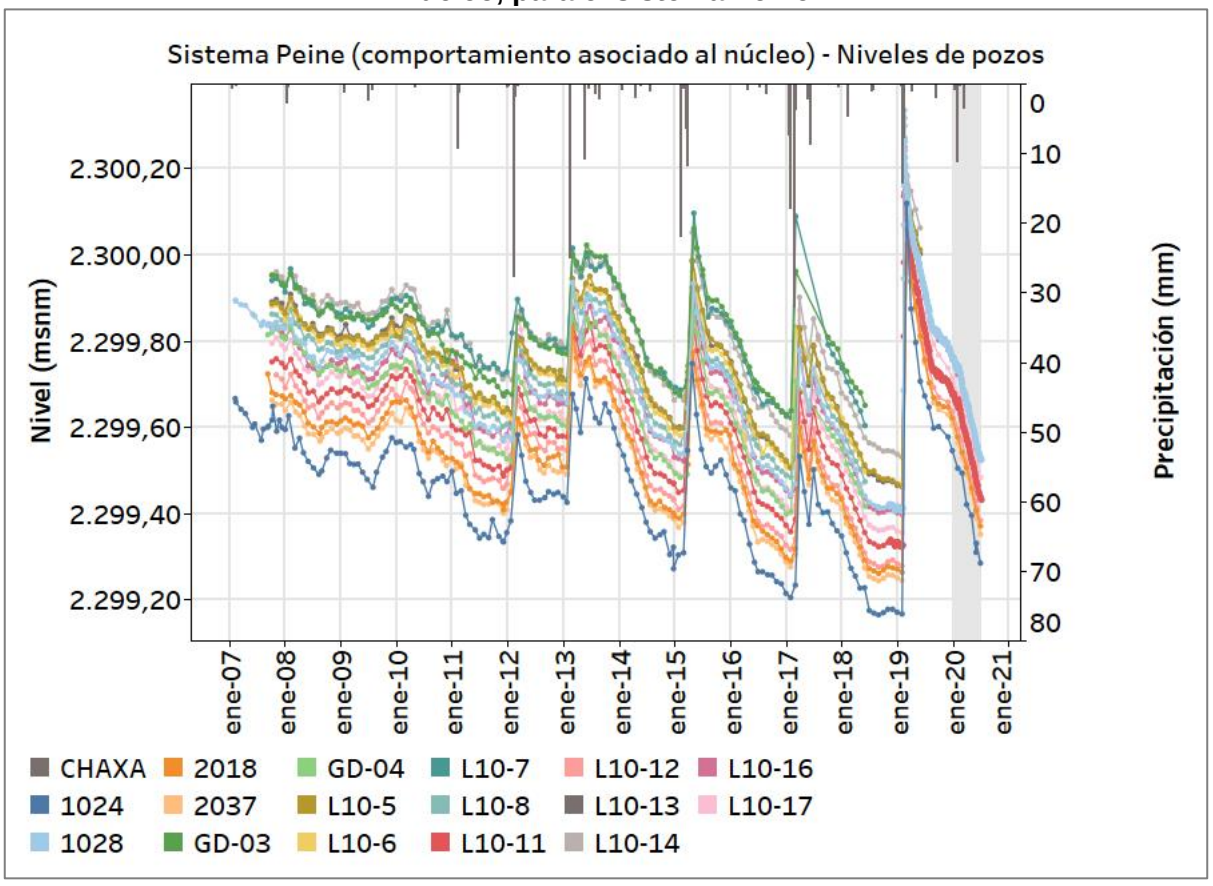
Pozos en zona núcleo

En el sector del Núcleo se ha observado el mismo patrón Tipo Núcleo identificado en los otros sectores (Soncor, Aguas de Quelana y Tilopozo, éste último se expone más adelante), que consiste en presentar un comportamiento sensible a los eventos de precipitación directa sobre el núcleo del salar, respondiendo de forma inmediata a eventos significativos y recuperando

la tendencia original al tiempo de haber sucedido dichos eventos. Muestran también pocas diferencias de cota piezométrica entre ellos, dando cuenta de lo plana que está la superficie piezométrica en el acuífero del núcleo. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-94, donde se observa el ya descrito comportamiento sin oscilación estacional, 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.

Las mediciones efectuadas en el primer semestre de 2020 reflejan una etapa todavía de recuperación de los niveles después del episodio de precipitación de febrero 2019.

Figura 6-94: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

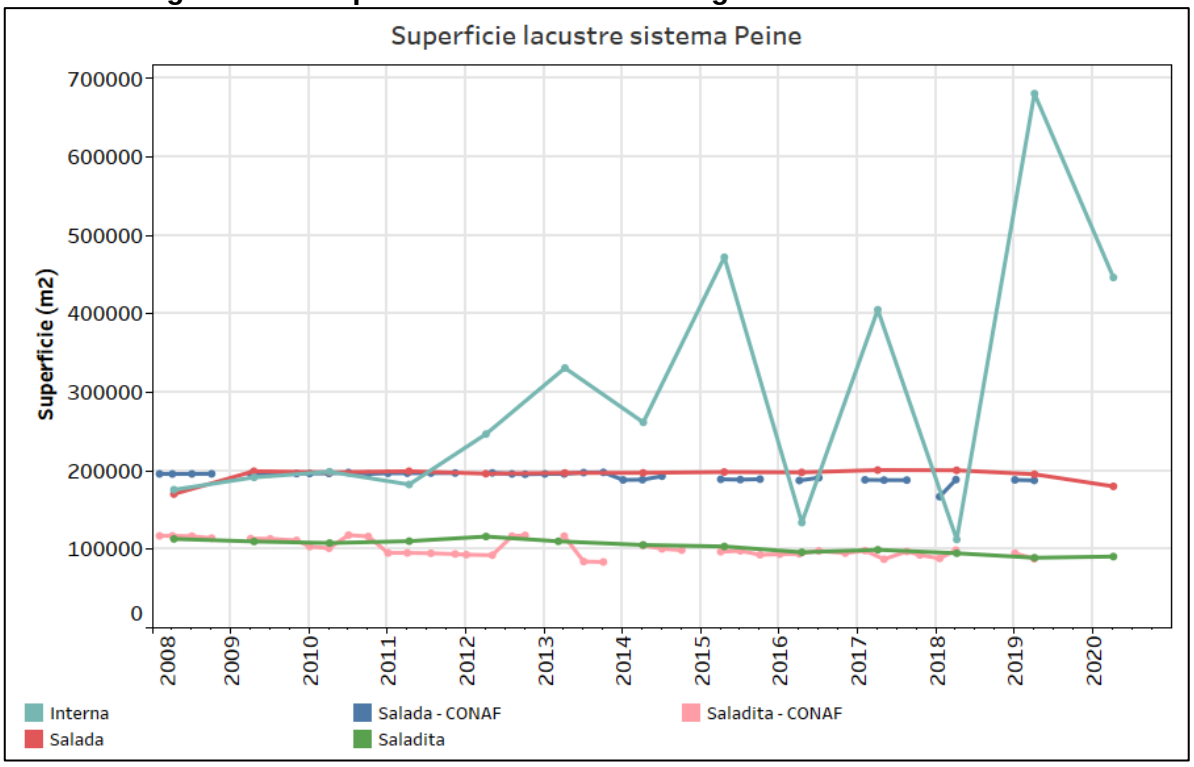
Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

Los sistemas lacustres de Peine son alimentados por un canal que es el resultado de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema. Las lagunas que componen este sistema son Salada, Saladita e Interna. Esta última laguna está formada por los desbordes de la Laguna Saladita, y su morfología es muy variable de un año a otro.

En la Tabla 6-5 y en la Figura 6-95 se muestra el nivel histórico de la superficie lacustre de este sistema. En general, las lagunas Salada y Saladita no muestran grandes variaciones de superficie. La Laguna Interna muestra incrementos de área importantes en los años 2013, 2015, 2017 y 2019, con disminuciones de área en los años 2014, 2016 y 2018. Lo anterior, se explica por ser zona de descarga de las lagunas Salada y Saladita ante eventos de precipitación.

En términos consolidados para el sistema lagunar, en el presente período se observa una leve baja en la superficie de la laguna Salada, la que sería compensada con el fuerte incremento registrado en la laguna Interna.

Figura 6-95: Superficie histórica de las lagunas del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-5: Superficie total de los sistemas lacustres de Peine con imágenes satelitales

Fecha	Salada (m2)	Saladita (m2)	Interna (m2)
Abr-2008	170.447	113.240	175.958
Abr-2009	199.511	109.968	191.671
Abr-2010	198.178	108.022	198.838
Abr-2011	199.521	110.394	182.616
Abr-2012	196.398	116.315	246.828
Abr-2013	197.314	110.227	331.075
Abr-2014	197.427	105.522	261.763
Abr-2015	198.429	103.638	472.172
Abr-2016	198.928	96.262	134.054
Abr-2017	200.958	99.410	405.302
Abr-2018	200.710	95.010	112.523
Abr-2019	195.632	89.263	680.710
Abr-2020	180.238	90.767	446.388

Fuente: Elaboración propia

Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el primer semestre de 2020 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.

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 6-96, Figura 6-97 y Figura 6-98[80, 81] presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos. Como ya se ha descrito en el capítulo de resultados (0), no se ha podido acceder a los puntos de control de este sistema con la frecuencia adecuada por no contar con el permiso de las Comunidades. De hecho, no se cuenta con ninguna medida para el periodo a reportar del punto L10-1.

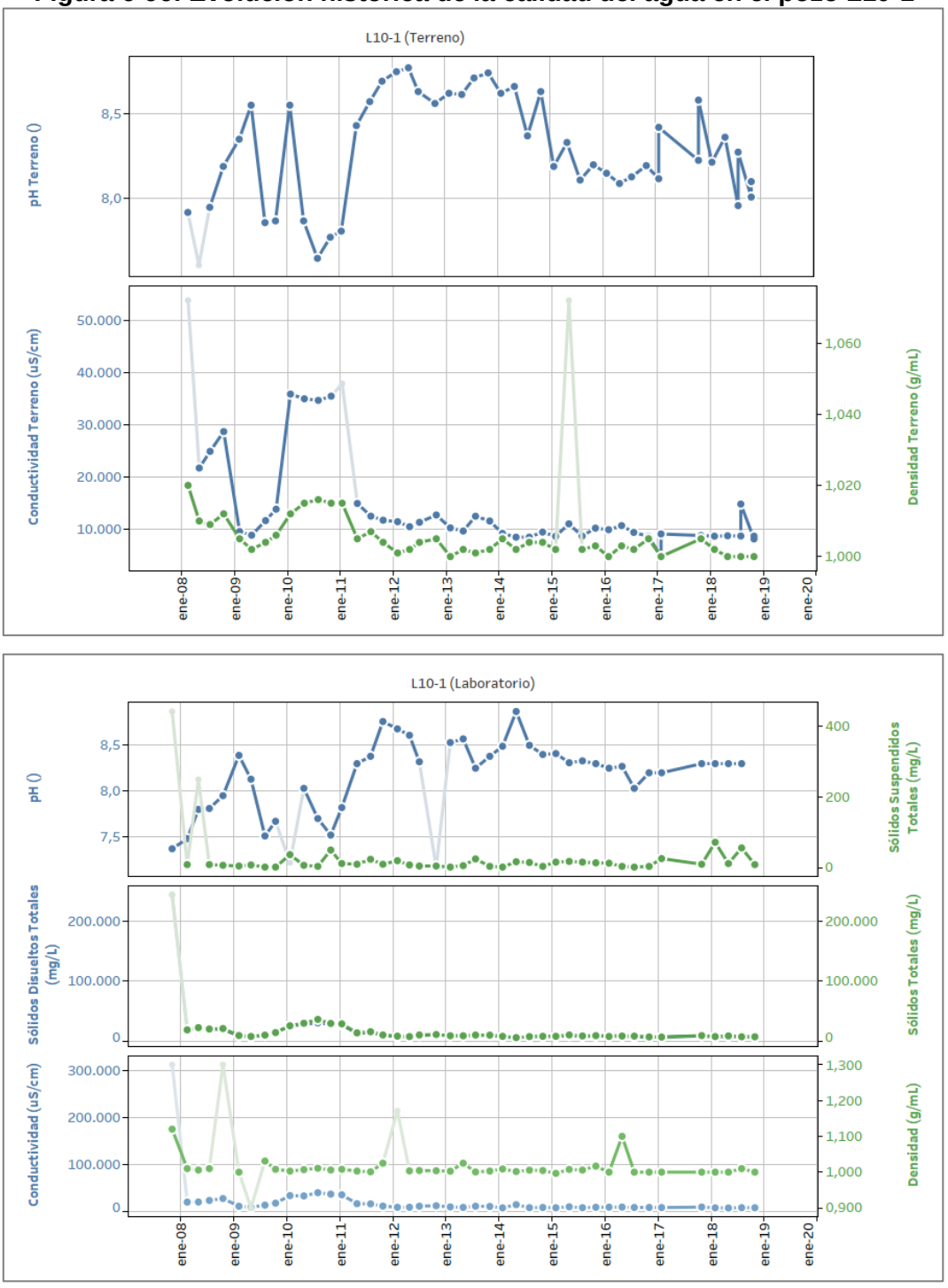
En cuanto al análisis histórico, los tres pozos presentan distintas características, de acuerdo con su ubicación. El pozo L10-1, ubicado en el comienzo de la zona marginal, presenta la menor CE con valores en torno a 15.000 µS/cm, así como el mayor pH, cercano a 8. Este pozo tiene cierta mezcla con aguas de la interfaz salina, de manera similar a como sucede en CA-2015. El pozo L10-4, cercano a la parte final de la zona marginal, presenta valores cercanos a la salmuera del núcleo (CE cercana a 150.000 µS/cm y pH alrededor de 7.5). Por último, el pozo 1028 ubicado en el núcleo se caracteriza por un pH menor (~6,9) y mayor CE, alrededor de 230.000 µS/cm.

Como puede observarse, en el pozo L10-4 la CE terreno, alcanzó el valor máximo histórico en enero 2020, mostrando una leve bajada para mayo de 2020.El resto de los parámetros se encuentran dentro de los rangos históricos. Para el pozo 1028 todos los parámetros analizados en este semestre se encuentran dentro de lo observado históricamente.

[80] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

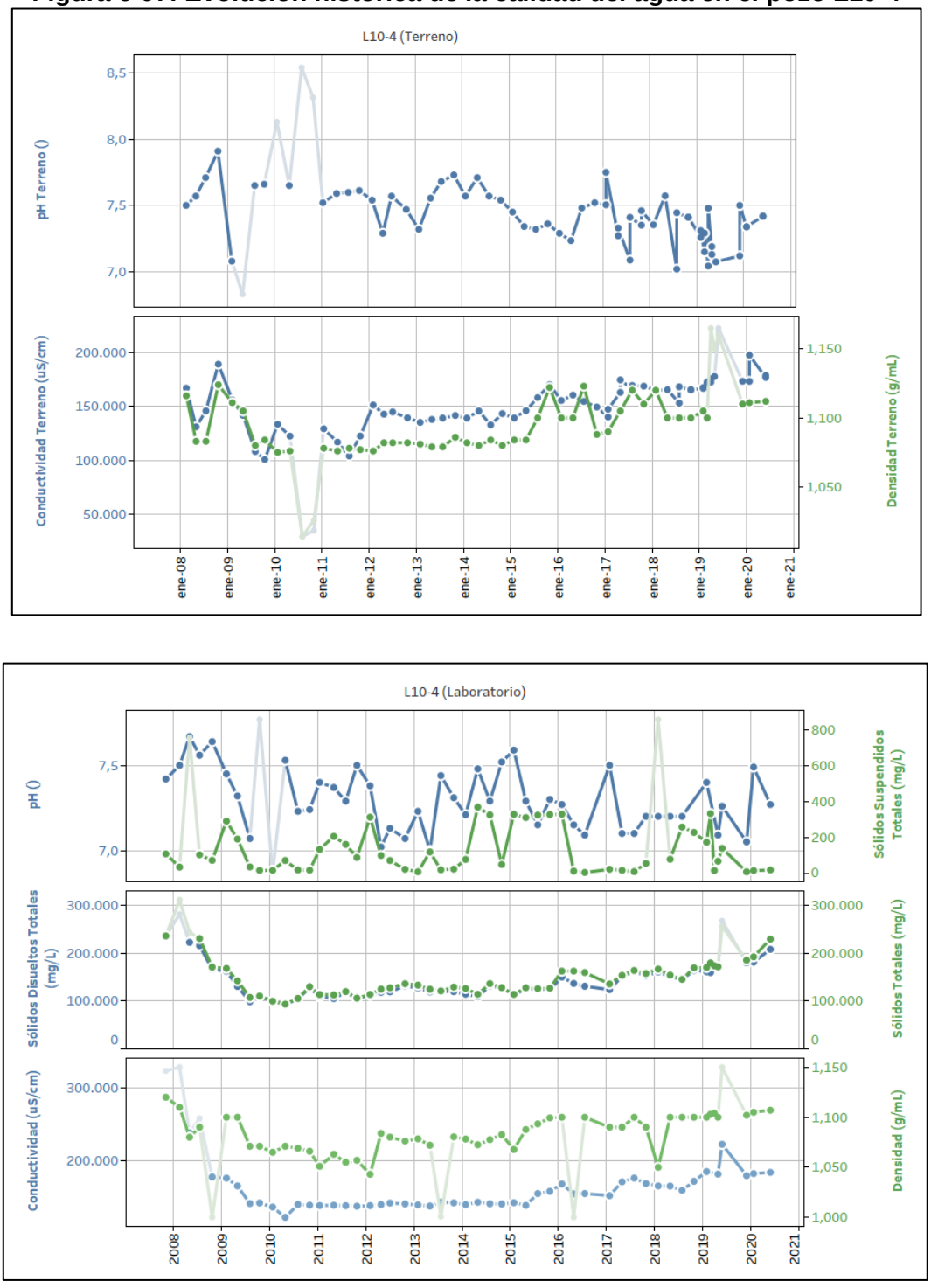
[81] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder. Esta carta se presenta en el Anexo 10.2.

Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1



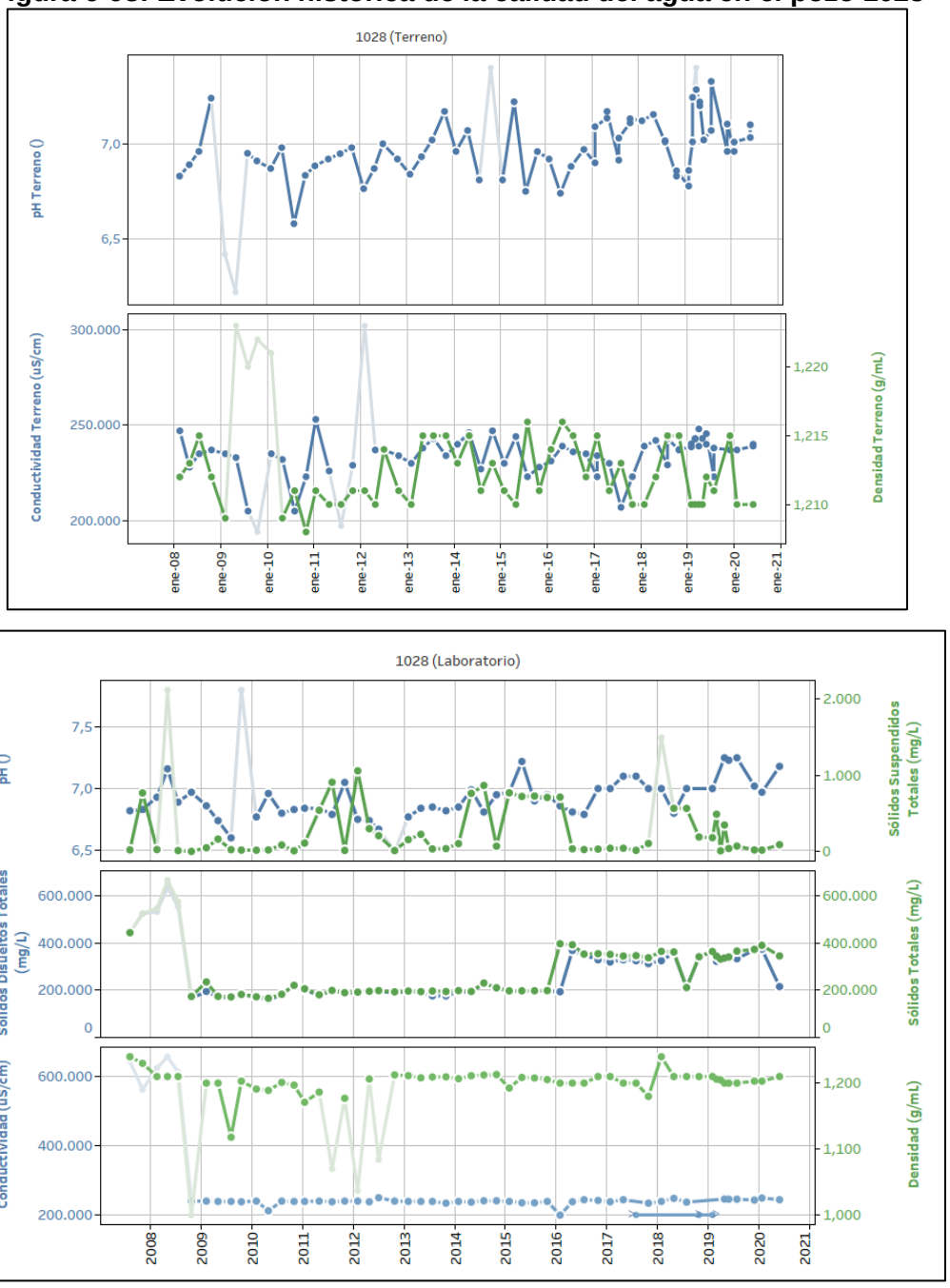
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-97: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-98: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028



Fuente: Elaboración propia. Los valores >LM se presentan = LM y con la etiqueta “>” en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Respecto a las tendencias, el punto L10-1 no presenta tendencias para ninguno de los parámetros analizados. En el L10-4 se observa tendencia ascendente para conductividad y densidad de terreno y laboratorio y para sólidos disueltos y totales. El pH muestra tendencia

descendente. El punto 1028 se muestra estable en todos sus parámetros, mostrando únicamente una leve tendencia al ascenso para el pH.

Calidad del agua en sistemas lacustres

Las Figura 6-99, Figura 6-102 y Figura 6-104, presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en las lagunas Salada, Saladita e Interna, respectivamente. Como se comentó en el apartado 5, en el primer semestre de 2020 no resultó posible acceder a muestrear estos puntos.

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 6-99: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

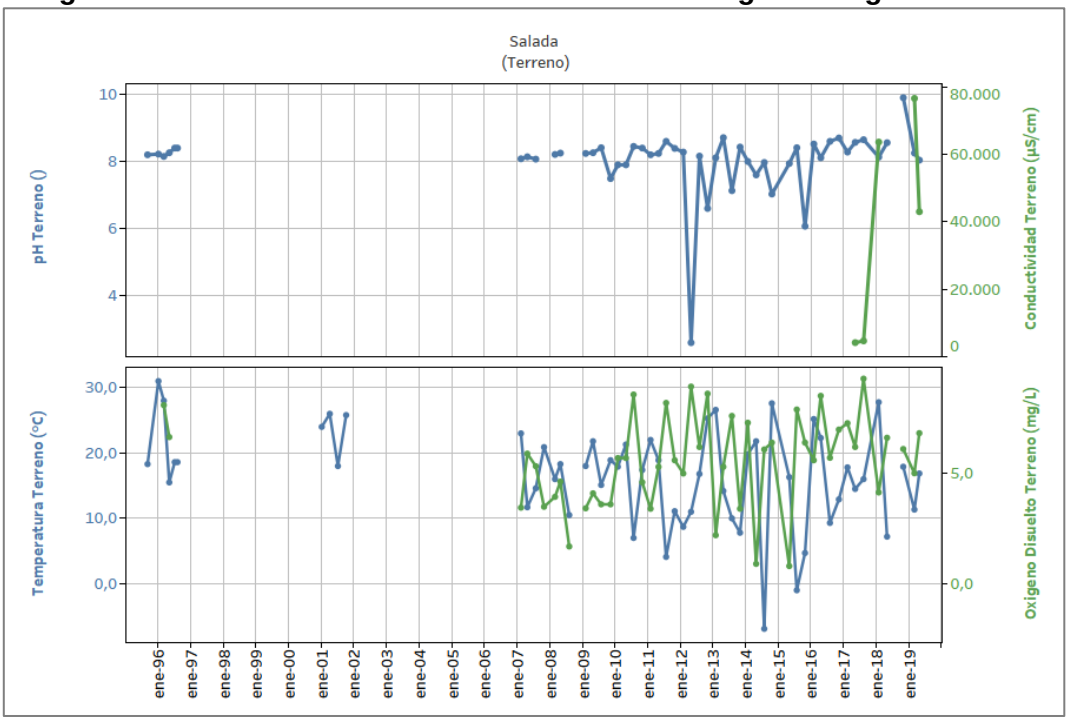
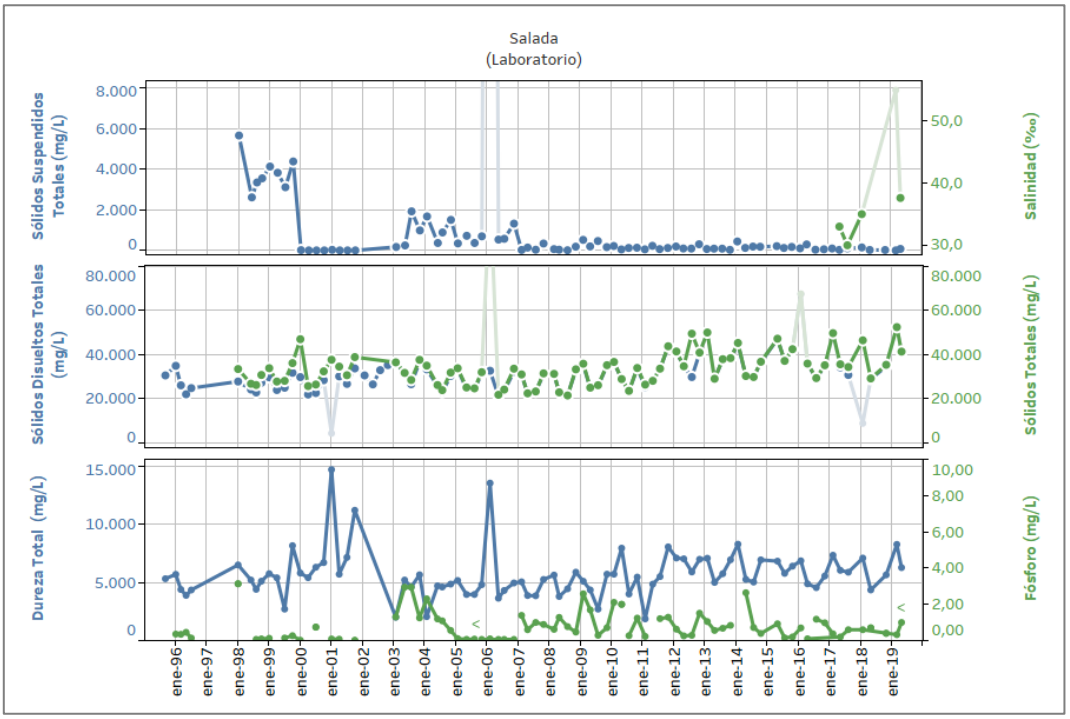


Figura 6-100 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada



Figura 6-101(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 6-102: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita

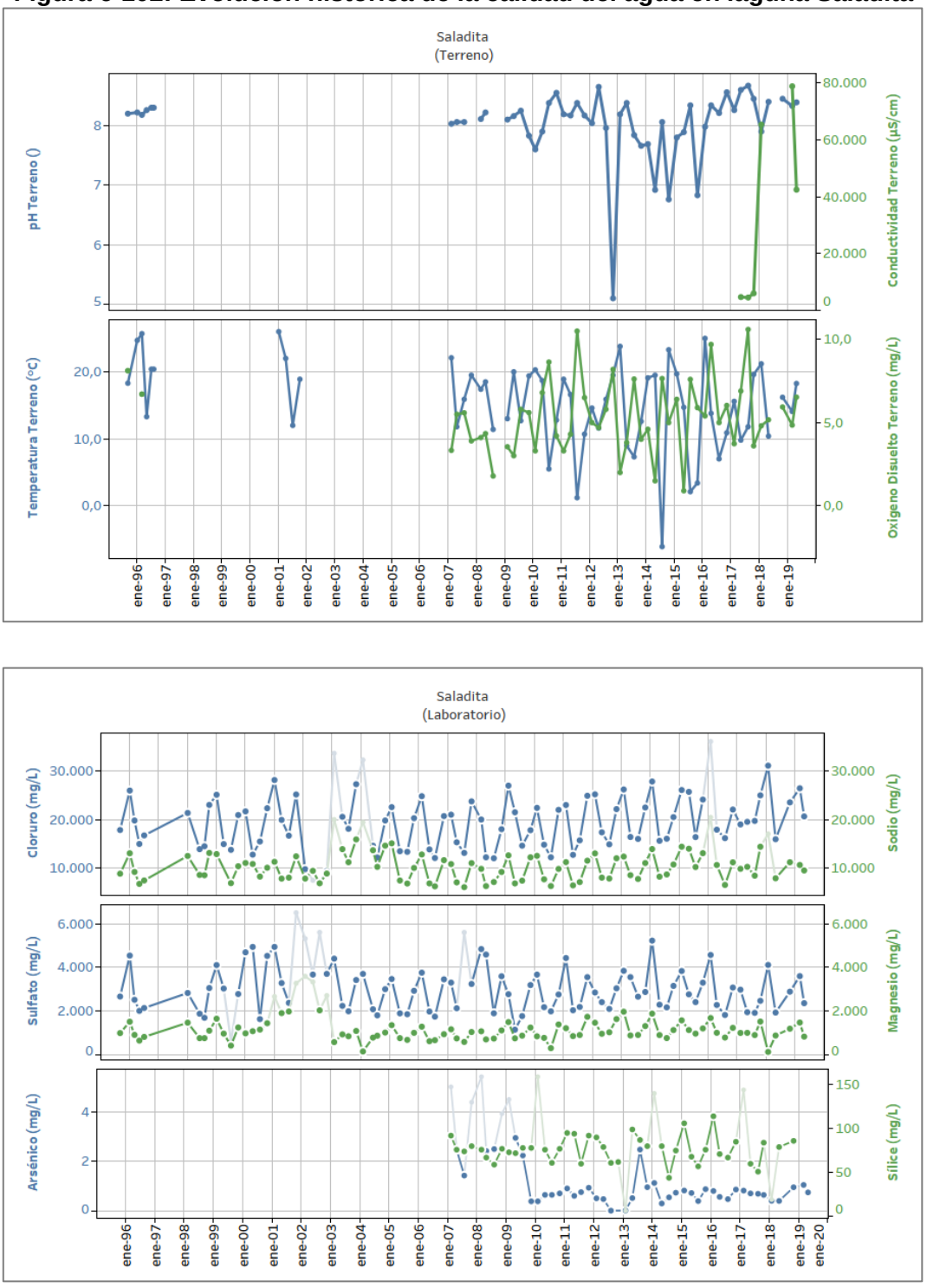


Figura 6-103 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita



Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato de febrero de 2019 (493mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-104: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna

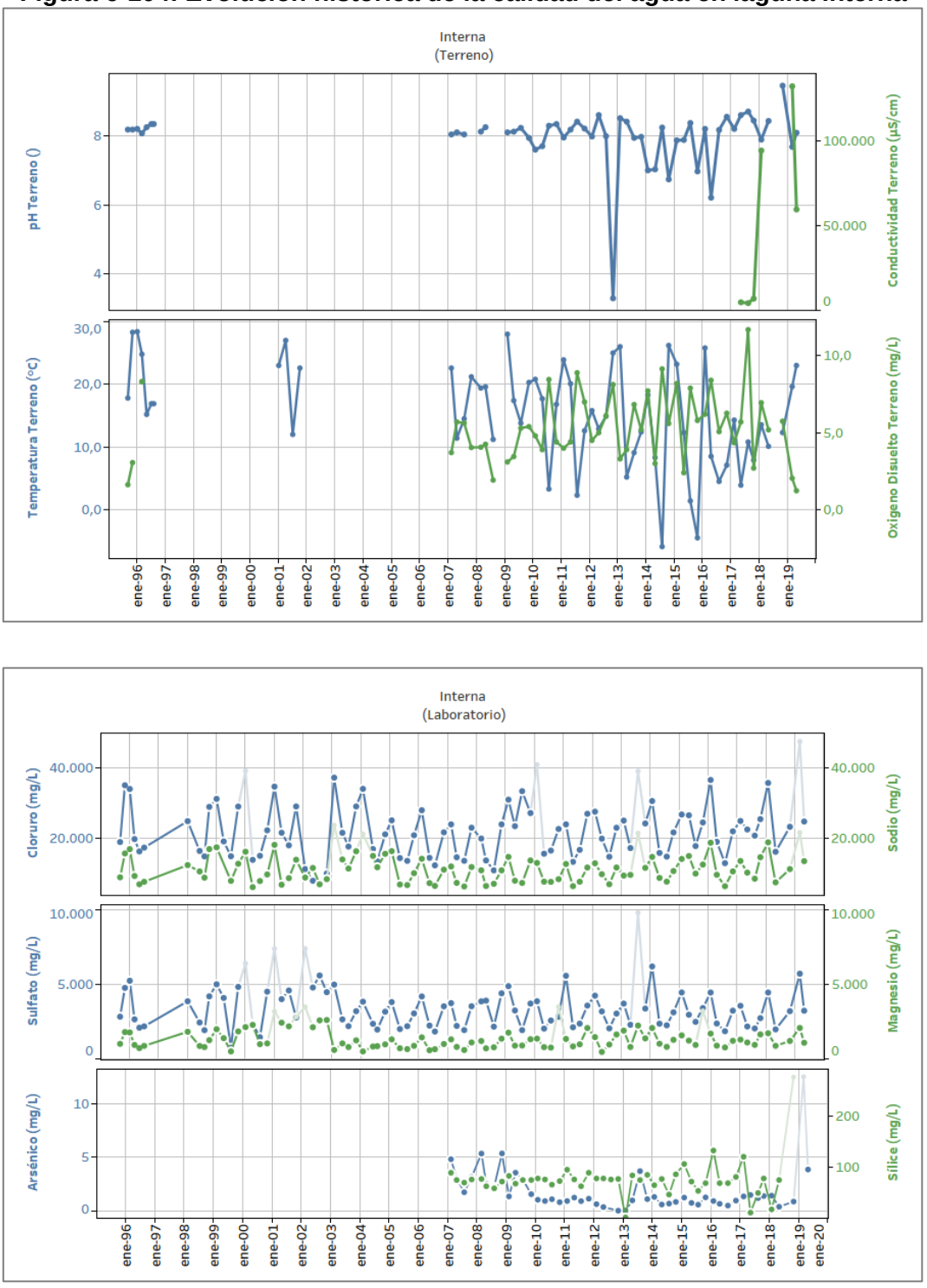


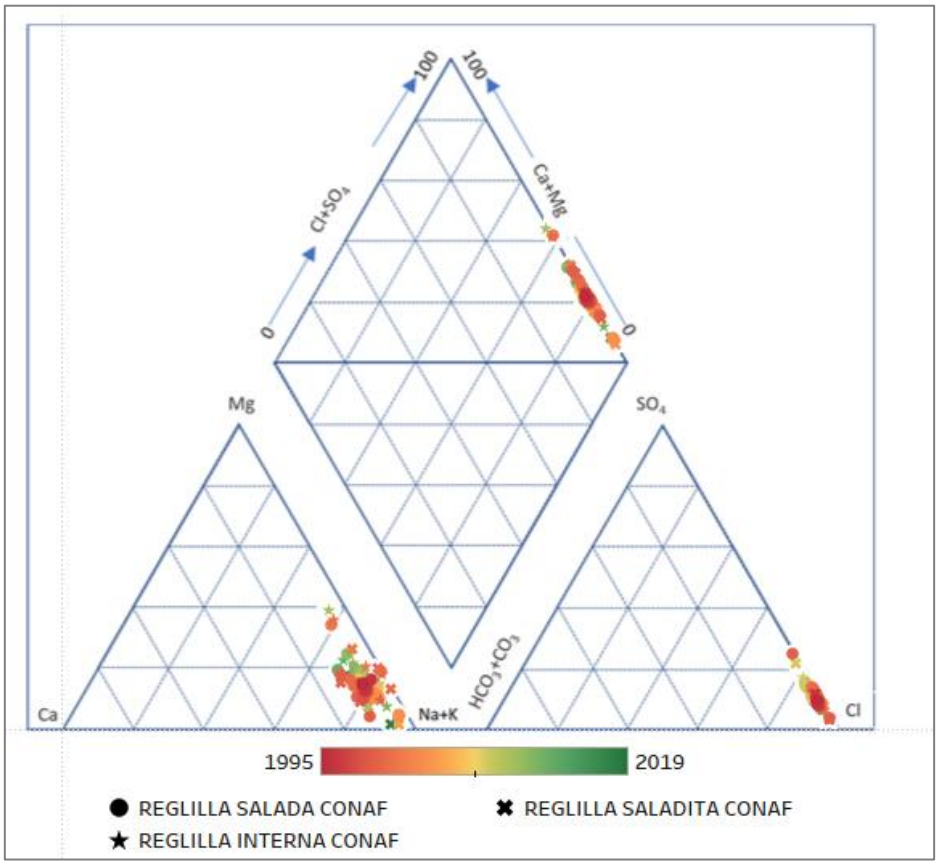
Figura 6-105 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna



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 6-106 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.

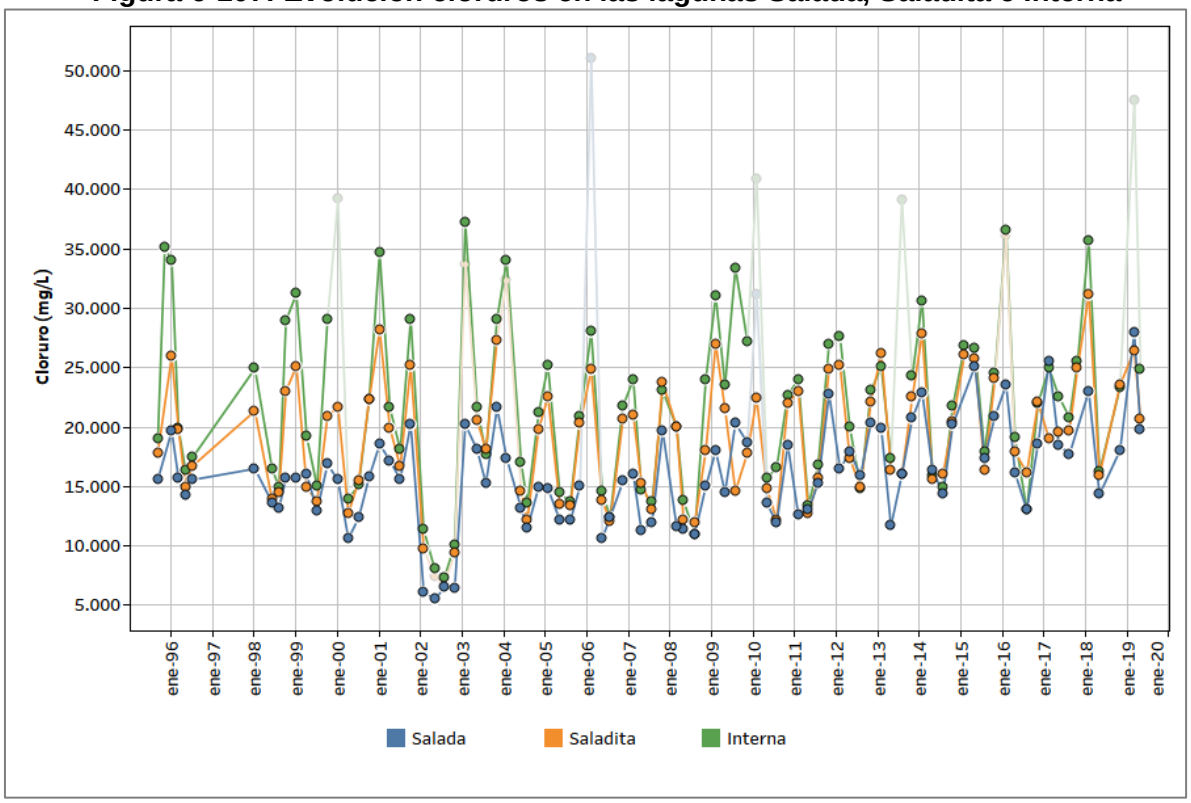
Figura 6-106: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10%



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 6-107), 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 6-107: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna

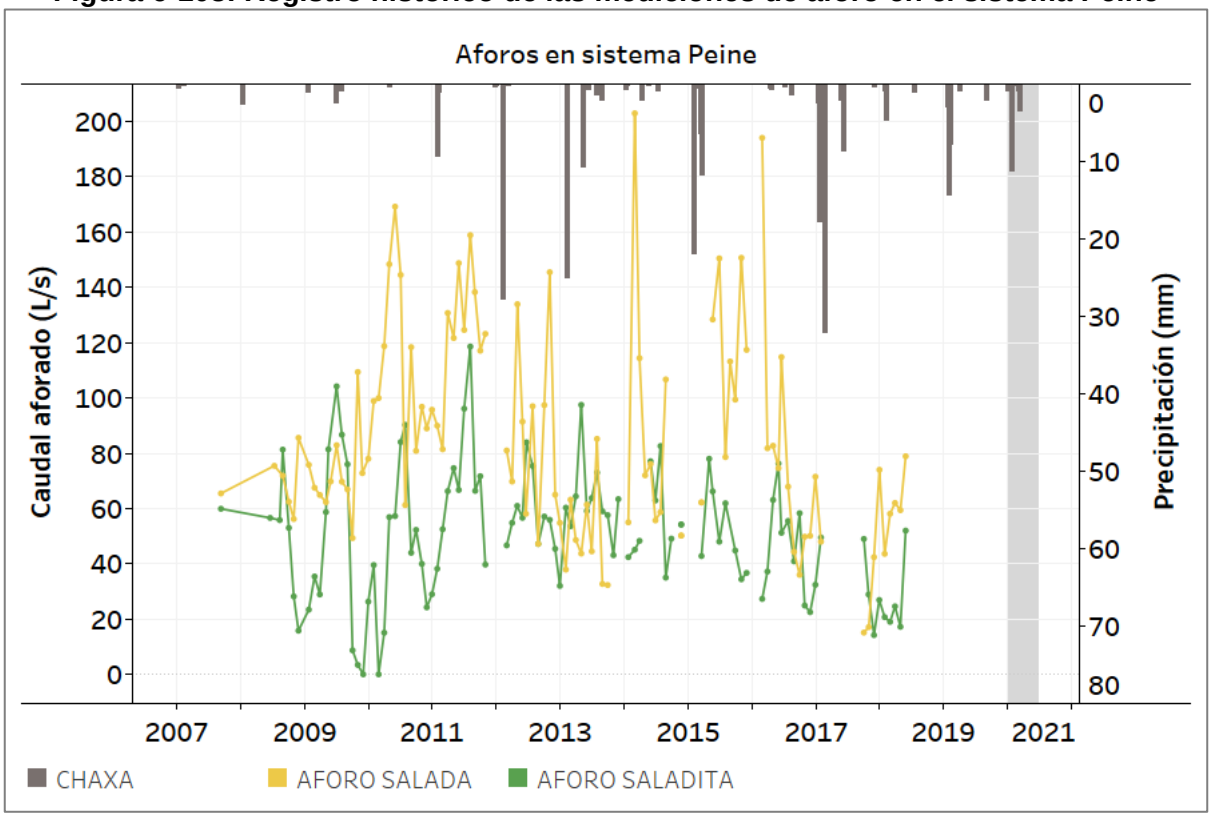


Fuente: Elaboración propia

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. Como ya se ha mencionado, durante el periodo reportado SQM no pudo efectuar mediciones de caudal en este sistema por no disponer de permisos de ingreso (ver apartado 5.1.1). En la Figura 6-108 se muestran las mediciones hasta la fecha, que cuenta sin nuevos datos desde mayo 2018.

Figura 6-108: Registro histórico de las mediciones de aforo en el sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

6.2.5. 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.

Niveles de agua subterránea y superficial

Pozos en zona marginal y núcleo

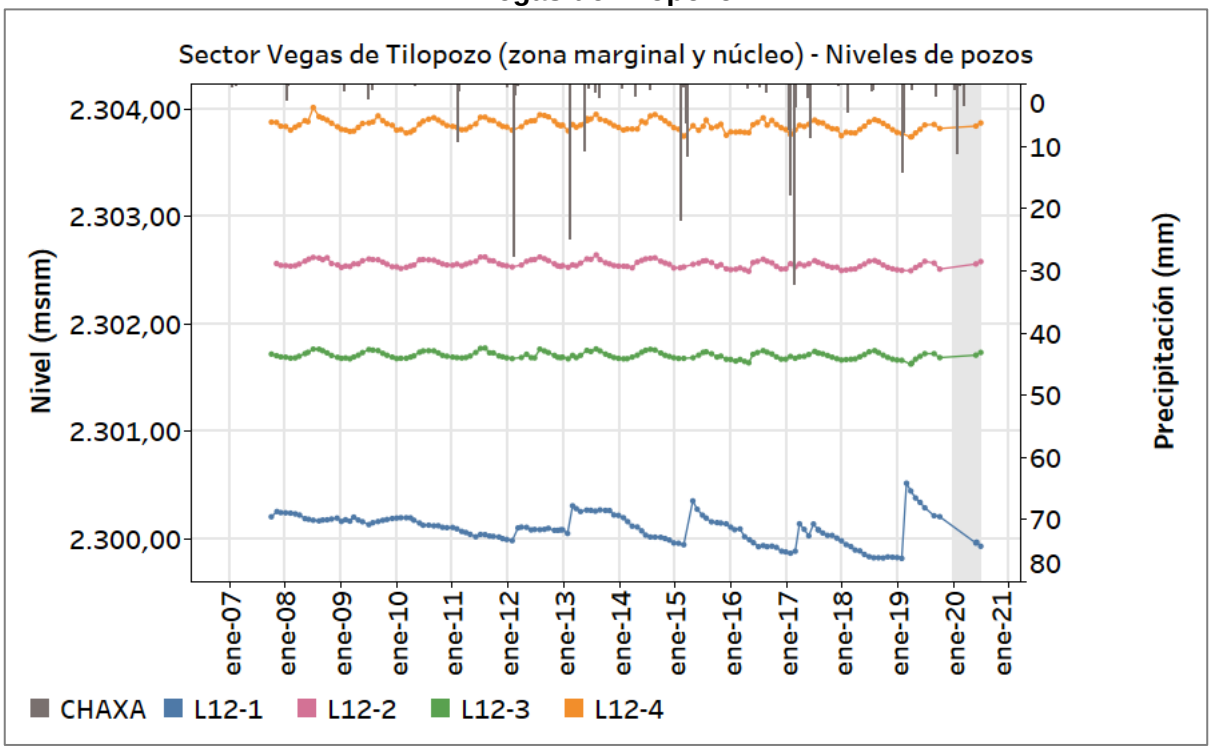
Los puntos de control en la zona marginal y núcleo corresponden al L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4. En la Figura 6-109 se muestran los niveles y en la Figura 6-110 los descensos calculados, que permiten visualizar mejor los patrones de comportamiento.

Como puede verse en la Figura 6-110 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 unos 0,64 cm/año. Por otro lado, se observa en la misma figura, que el punto L12-1 muestra un comportamiento claramente diferenciado al resto de los puntos graficados, y es que este punto refleja el comportamiento esperado para un punto presente en el núcleo; sin oscilación estacional, respuesta inmediata y clara a los eventos de lluvia y una tasa característica de descenso, que en este caso es de unos 4,17 cm/año.

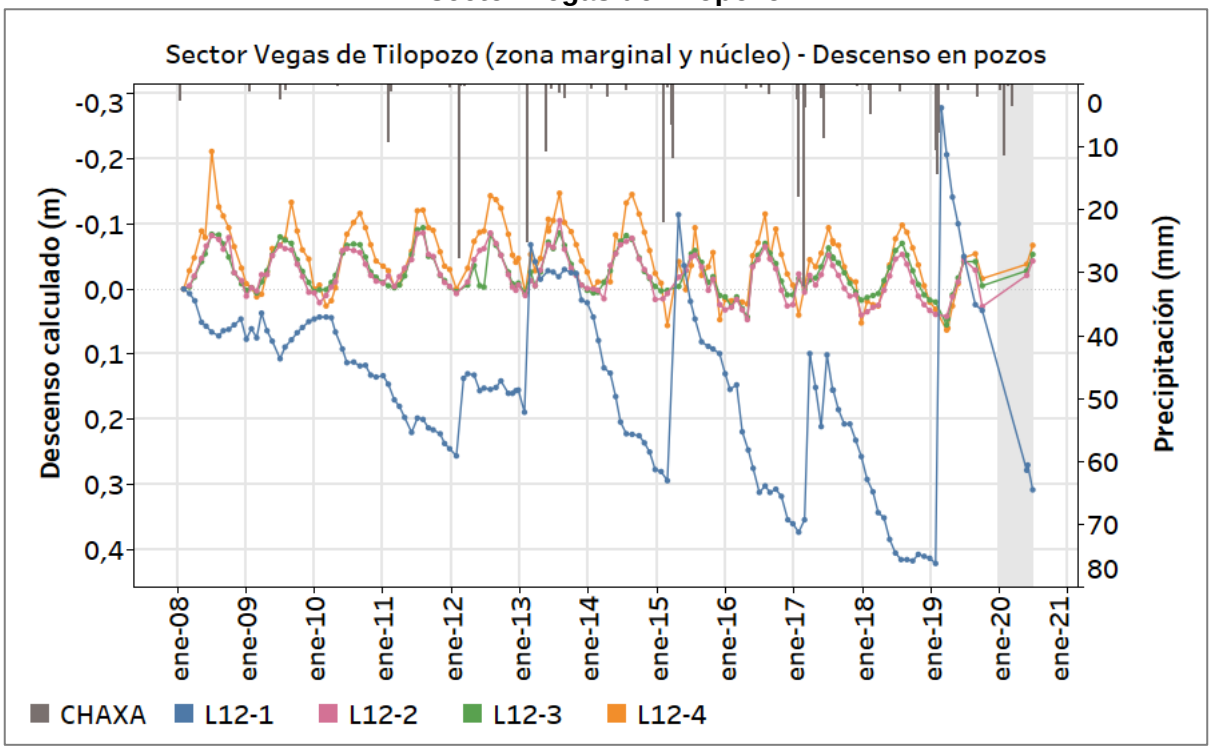
En el primer semestre de 2020 solo se dispone de medidas en los últimos dos meses (mayo y junio) por lo que resulta complicado explicar lo sucedido durante el periodo en que no han podido visitarse (entre septiembre 2019 hasta abril 2020). De todas formas, éstas últimas medidas se encuentran dentro del rango histórico registrado.

Figura 6-109: Niveles medidos en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-110: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo



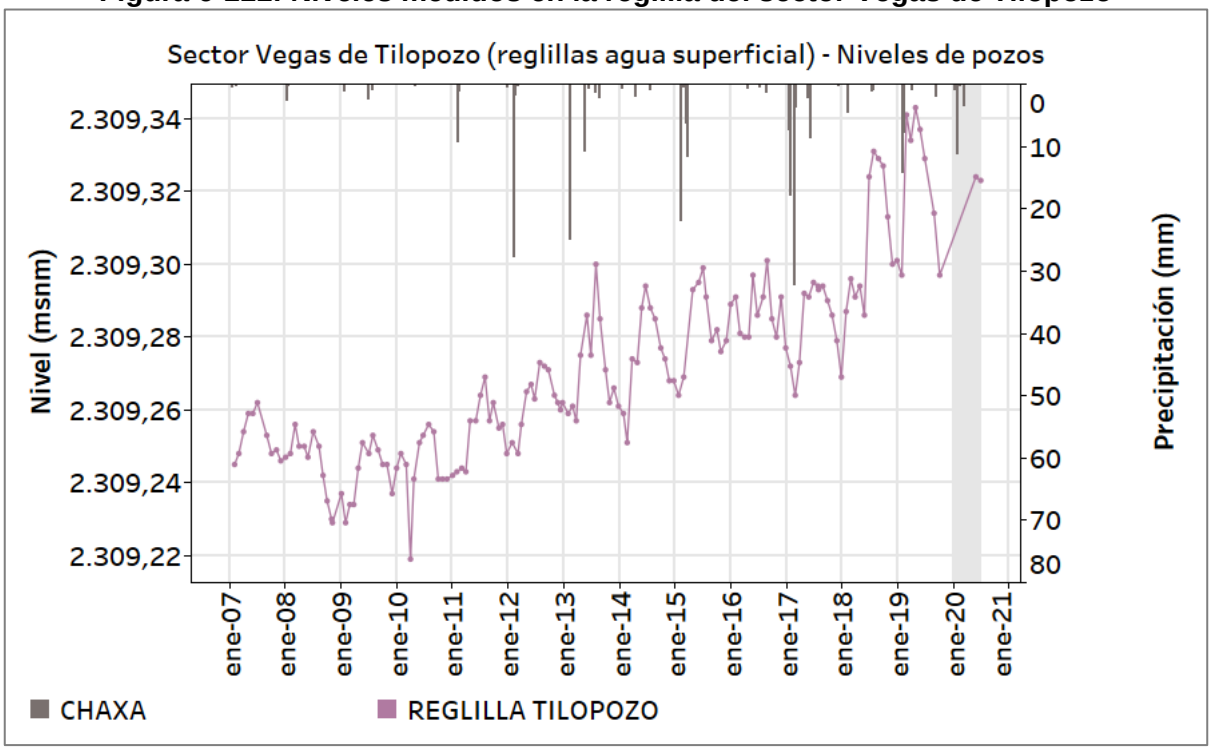
Fuente: Elaboración propia.

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 6-111. En ella se observa que el nivel del agua superficial ha presentado una tasa de ascenso desde la segunda mitad del año 2008 de 0,7 cm/año. También se observan oscilaciones poco regulares.

En el primer semestre de 2020 solo se dispone de medidas en los últimos dos meses (mayo y junio) por lo que resulta complicado explicar lo sucedido durante el periodo en que no han podido visitarse (entre septiembre 2019 hasta abril 2020). De todas formas, éstas últimas medidas se encuentran dentro del rango histórico registrado.

Figura 6-111: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

6.2.6. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Niveles de agua subterránea

Los pozos que se encuentran ubicados en el sector Núcleo del Salar de Atacama se han clasificado en grupos según su ubicación en el Salar:

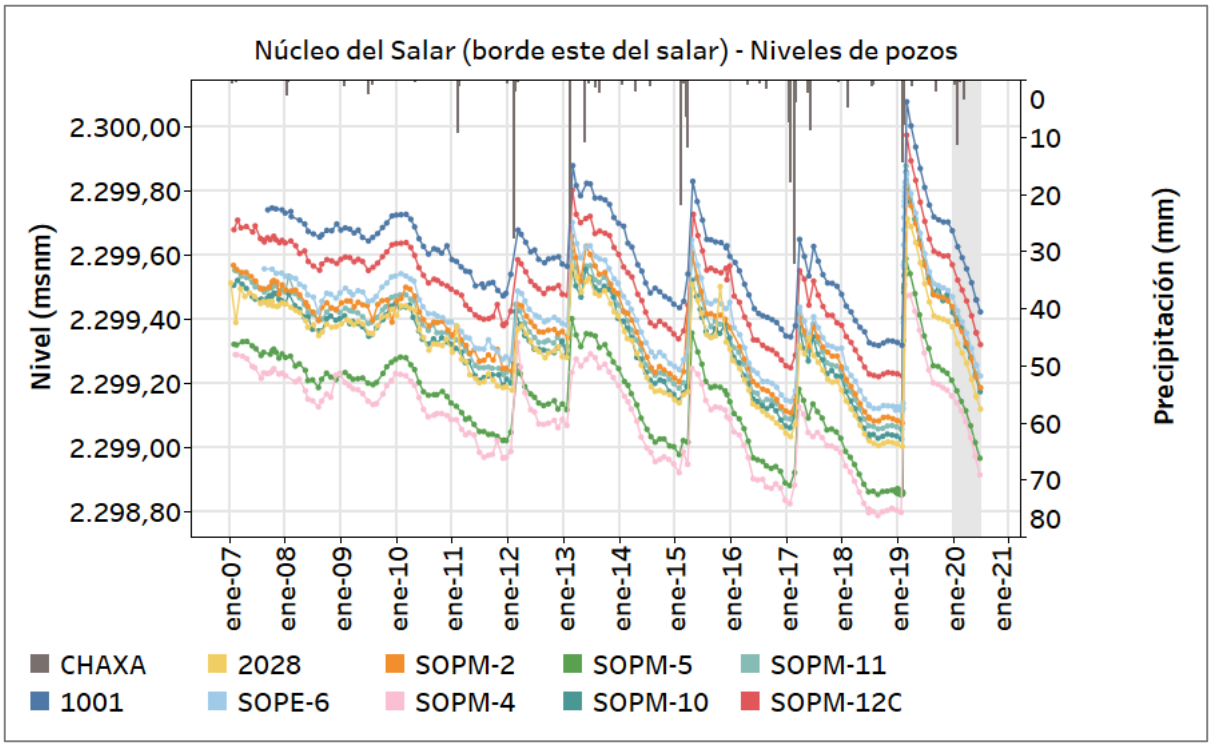
i. Pozos ubicados en el lado Este del salar: 1001, 2028, SOPE-6, SOPM-2, SOPM-4, SOPM-5, SOPM-10, SOPM-11 y SOPM-12C.
ii. Pozos ubicados entre las pozas de SQM y de ALB: M7, E-324, E-101, 2040, M1-C.
iii. Pozos ubicados al Oeste del salar: M2-C, Zar-C-S y Sample-4.
iv. Pozos ubicados al Norte del Salar: EIA-5, 1906 y C4-B.

Respecto los puntos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar (Figura 6-112) se observa que presenten el comportamiento asociado al núcleo, de la misma forma que se ha identificado en todos los otros sistemas; los niveles muestran un descenso continuo que

sólo recupera en los episodios de precipitación, ya que por la forma de la respuesta (ascenso inmediato y recuperación progresiva), esta agua llega en forma de recarga directa.

Actualmente, en el primer semestre de 2020, se observa como los niveles se encuentran recuperando después de la lluvia caída en febrero de 2019.

Figura 6-112: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar



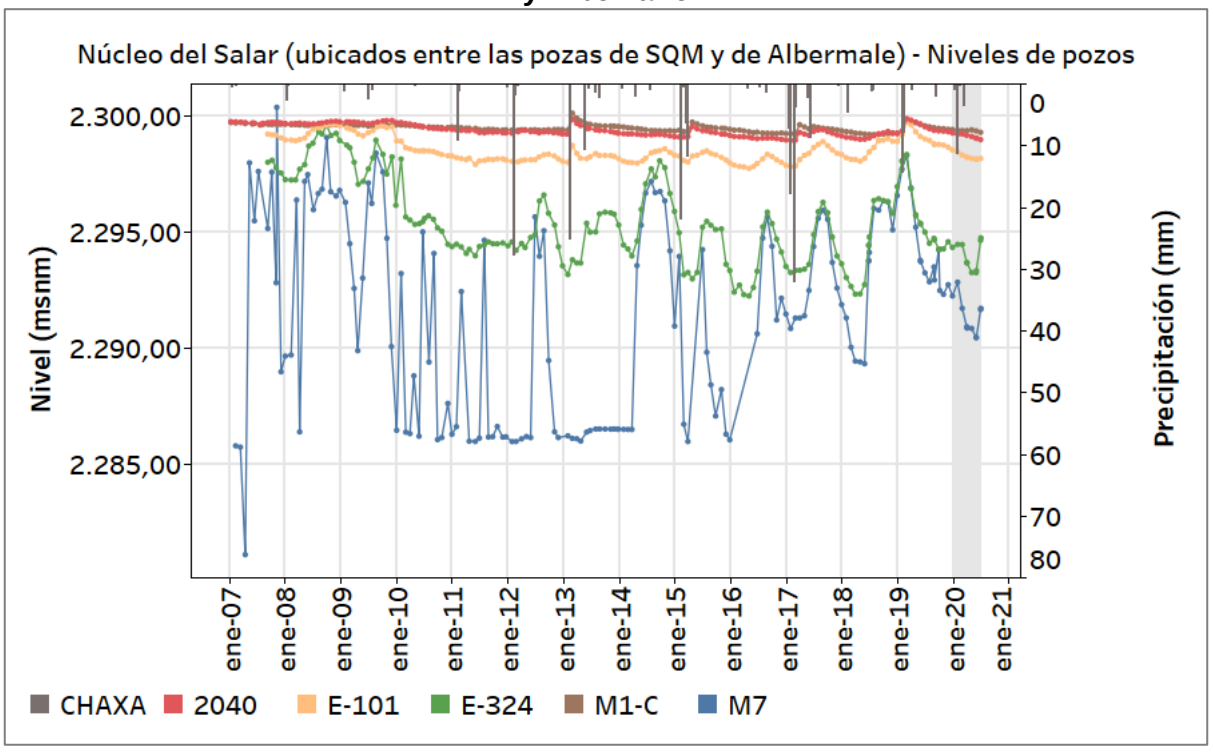
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

El siguiente grupo que se describe son los que se sitúan sobre la transecta entre las pozas de SQM y las de ALB y que, por tanto, parte se encuentra sobre el campo de pozos de producción de ese sector. Como puede verse en la Figura 6-113, los niveles de los puntos M7 y E-324, que son los que encuentran más cercano 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 Figura 6-114, que permite distinguir mejor sus comportamientos. Puede verse como el E-101 oscila de la misma forma que lo hacían los puntos 2040 y E-324, pero en menor medida. Y, finalmente, los puntos 2040 y M1-C muestran un comportamiento idéntico al que se describía para los puntos ubicados en el borde este del núcleo.

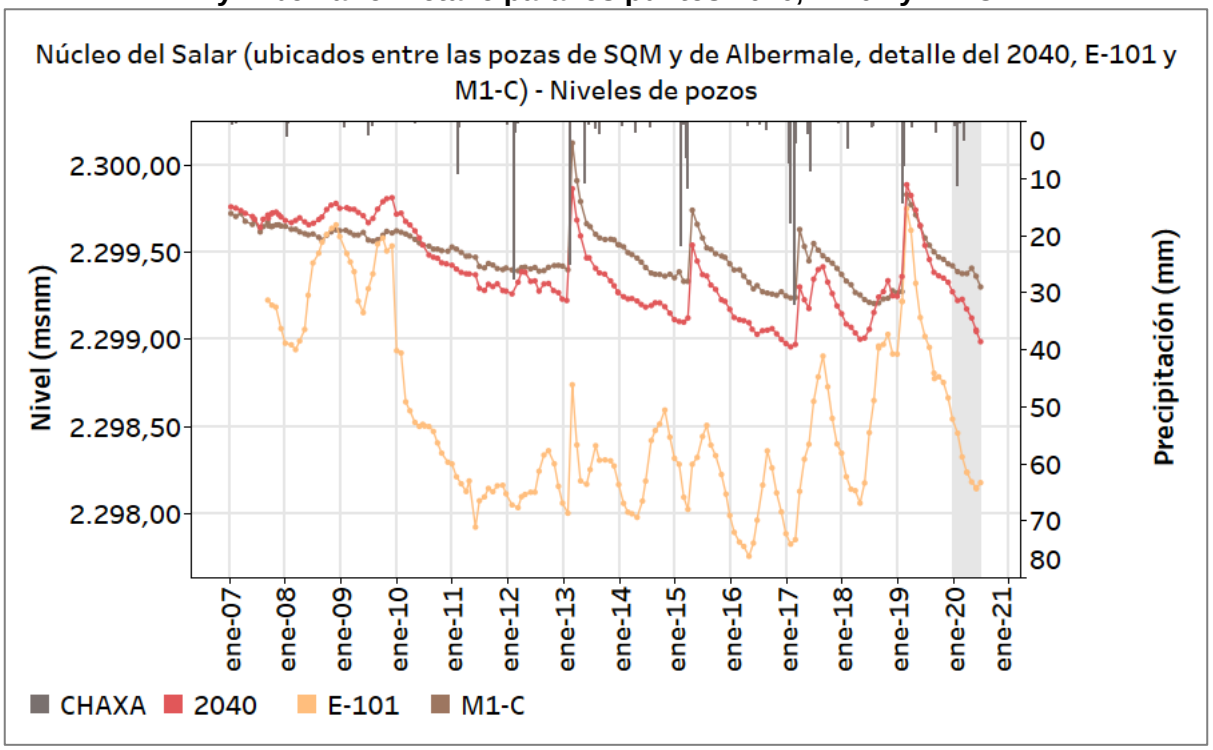
Las medidas para el primer semestre de 2020 muestran que se mantiene el comportamiento descrito anteriormente.

Figura 6-113: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-114: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle. Detalle para los puntos 2040, E-101 y M1-C



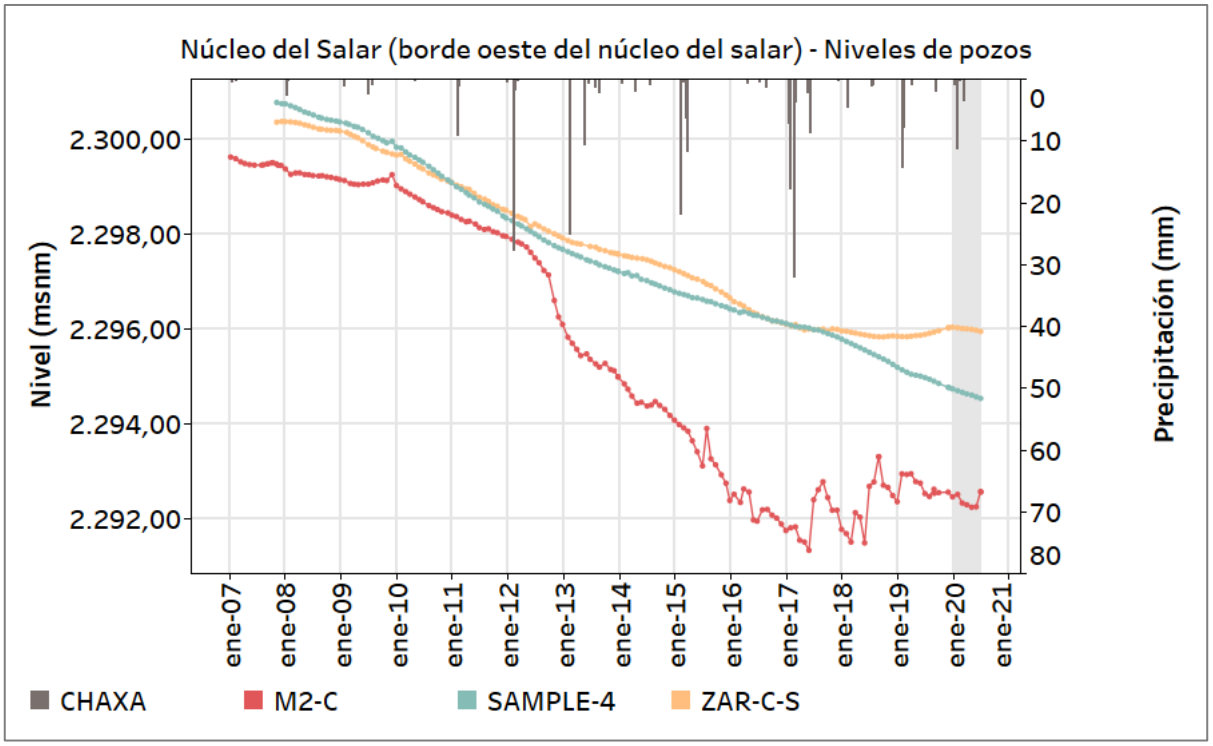
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

En el borde suroeste del núcleo, al oeste de la península de Chépica, se encuentran los puntos M2-C, Zar-C-S y Sample-4 (Figura 6-115). Puede verse como en este sector se está produciendo un claro descenso de los niveles, aunque el M2-C cambió su comportamiento durante el año 2017, pasando a reproducir unas oscilaciones no regulares e incluso a mostrar un ascenso promedio. De todas formas, las variaciones bruscas de nivel que se observan en este pozo, junto con su ubicación cercana al campo de pozos, hacen pensar que los niveles se encuentran influenciados por el manejo operacional de los pozos productivos de salmuera en esta zona. El punto Zar-C-S muestra un comportamiento análogo al M2-C, pero en este caso, se muestra variaciones más suavizadas (en contraposición con el M2-C). Esto lleva a pensar que este pozo el Zar-C-S muestra el manejo operativo en forma de respuesta residual a través del acuífero. Las medidas del primer semestre de 2020 muestran que, a partir de noviembre de 2019 se establece una nueva pendiente de descenso de 17 cm/año para Zar-C-S y 64 cm/año para M2-C. Aunque se destaca un ascenso de casi 20 cm en el pozo M2-C entre la medida de mayo y junio (2020). Por lo que, es posible que no se mantenga la tasa de

descenso antes mencionada, si modifica el régimen de explotación en esta zona, tal y como quizás apunta esta última medida del M2-C.

El Sample-4 el que pozo que se encuentra más al sur de este grupo, y muy cerca al límite rocoso. A diferencia de los dos anteriores, para esa la misma fecha de 2017, aumenta la pendiente de descenso que pasa a ser de 53 cm/año, y que se mantiene para el primer semestre de 2020.

Figura 6-115: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

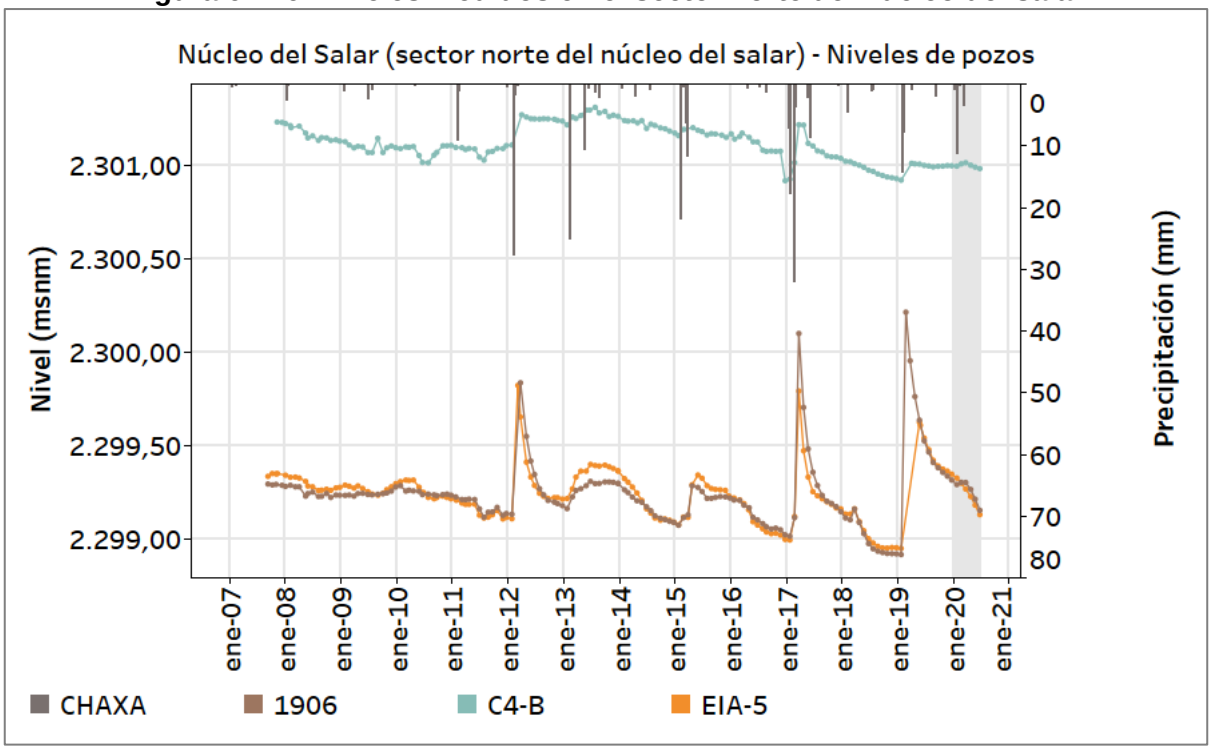
Por último, los tres puntos que restan y que se encuentran al norte del núcleo del salar, se muestran los niveles en la Figura 6-116 y en la Figura 6-117 los descensos calculados, ya que así se observa mejor el comportamiento a describir.

Como puede verse (Figura 6-116) los puntos 1906 y EIA-5 se encuentran a la misma cota piezométrica, mientras que el C4-B es mayor. Esta diferencia es esperable ya que los dos primeros puntos se encuentran en el extremo sur del delta de San Pedro, próximo al núcleo, y el C4-B se encuentra a la altura de la estación de Chaxa. Pero si se observa la Figura 6-117,

puede verse que la tendencia promedio de los tres puntos es similar, con la diferencia de que los puntos 1906 y EIA-5 son reactivos a los eventos de precipitación, comportamiento que recuerda a los puntos del núcleo.

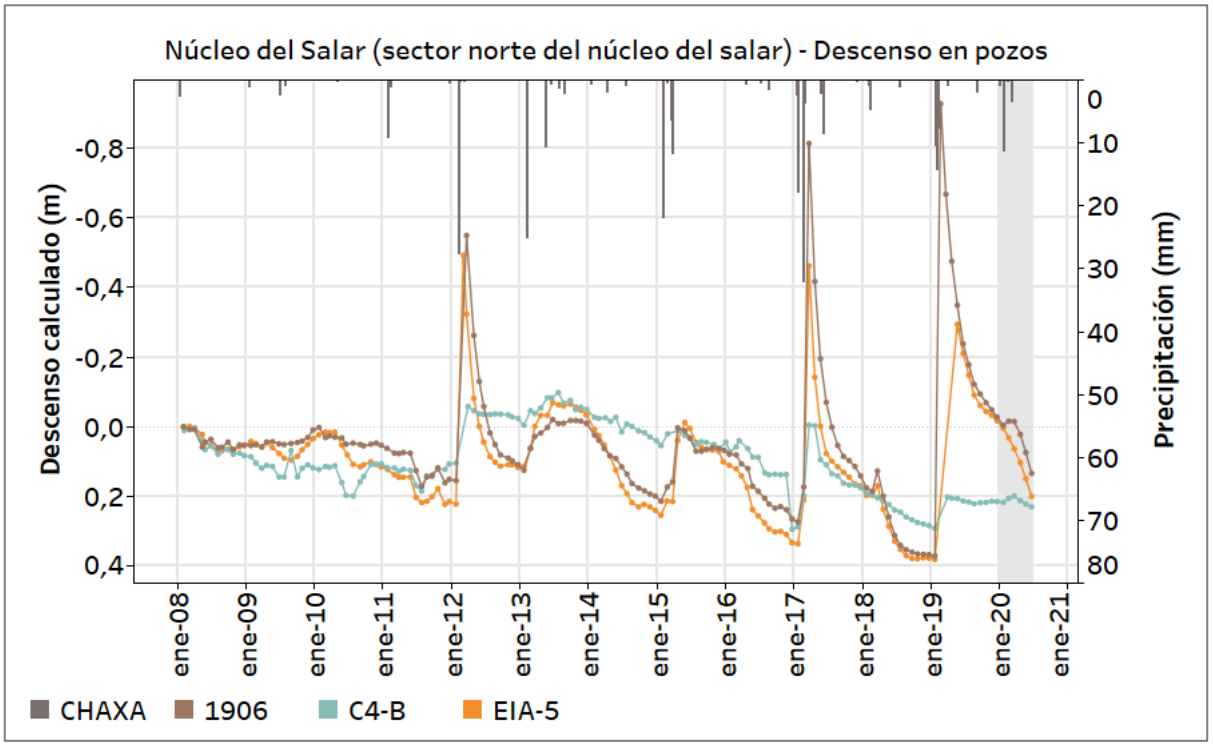
En el primer semestre de 2020, los pozos 1906 y EIA-5 se encuentran recuperando los niveles después del episodio de lluvia de febrero de 2019, pero con una mayor pendiente que la vista en el semestre anterior. El C4-B se mantiene estable alrededor de la cota 2.301 m s.n.m, aunque de las medidas efectuadas a partir del mes de marzo reflejan un cambio de pendiente más acusada que el anterior semestre. Es necesario ver lo que ocurre en los meses siguientes para determinar si se mantiene la tendencia.

Figura 6-116: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-117: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia.

Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación KCL, que representa el bloque oeste de la cuenca, considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, desde el inicio del proyecto (Figura 6-118). Es importante mencionar que la precipitación, evaporación y temperatura son variables que condicionan el comportamiento de los niveles de los pozos asociado al sistema del PSAH.

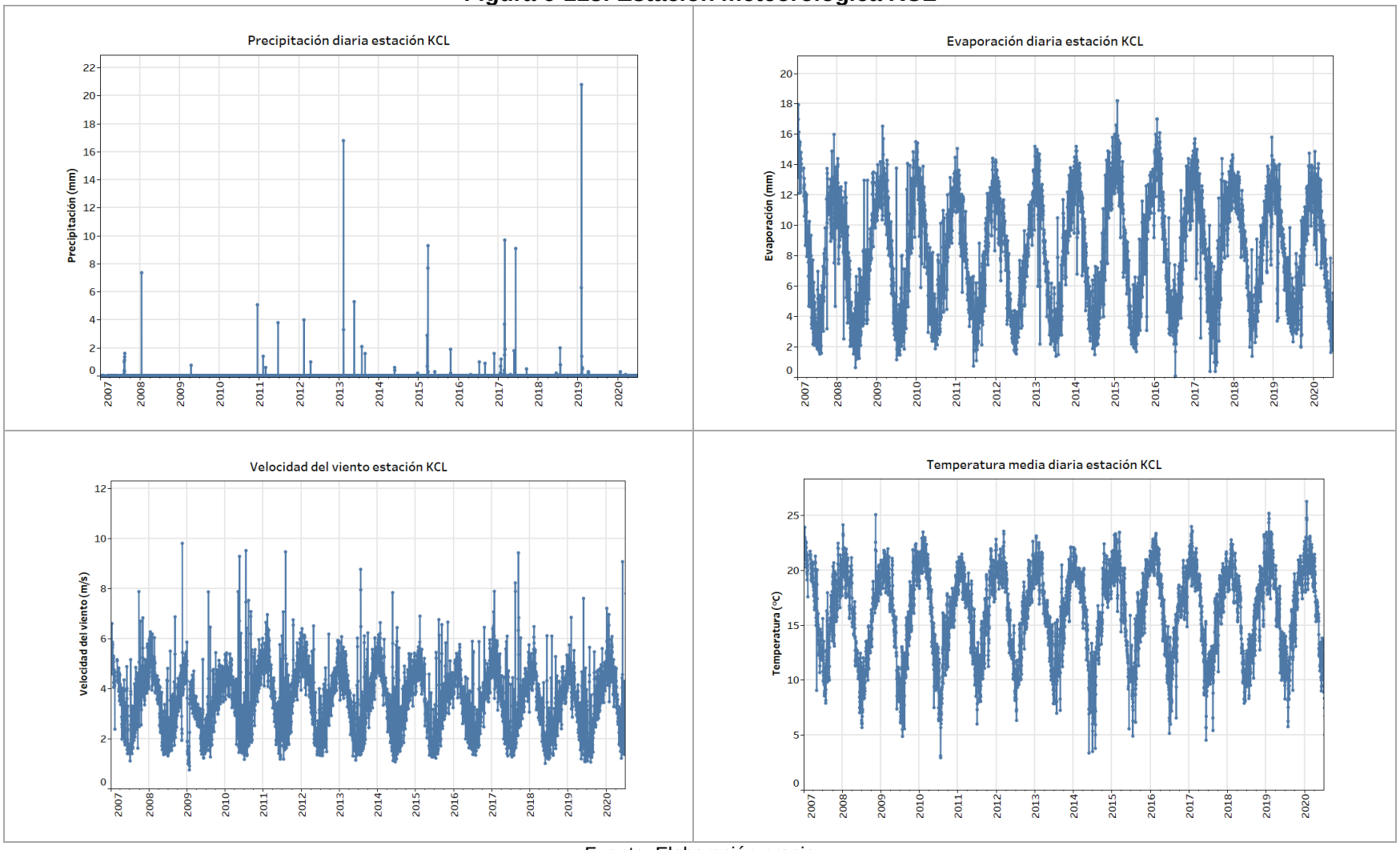
A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos de evaporación y temperatura en el verano.

La precipitación histórica por su parte muestra un cambio de tendencias en el tiempo, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. Durante el primer periodo, entre mayo de 2007 y diciembre de 2012, se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 7,4 mm el día 14 de enero del 2008. Posterior a esta fecha, desde enero de 2013 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Lo anterior ocurre

principalmente en el primer trimestre de los años 2013, 2015, 2017 y 2019, alcanzando un máximo de 20,8 mm el día 31 de enero de 2019.

Cabe señalar que los niveles de los pozos ubicados en el Sector Núcleo del Salar de Atacama están fuertemente influenciados por las precipitaciones. Esto debido a que la napa freática se encuentra más próxima a la superficie. De este modo, los niveles se recuperan rápidamente con eventos de precipitación.

Figura 6-118: Estación meteorológica KCL



Fuente: Elaboración propia

Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el primer semestre de 2020 en el Sistema Núcleo, en comparación con su evolución histórica (pozos SOPM-12C y 1001). Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base). Los parámetros monitoreados en los pozos SOPM-12C y 1001 se presenta en la Figura 6-119 y Figura 6-120, respectivamente[82, 83].

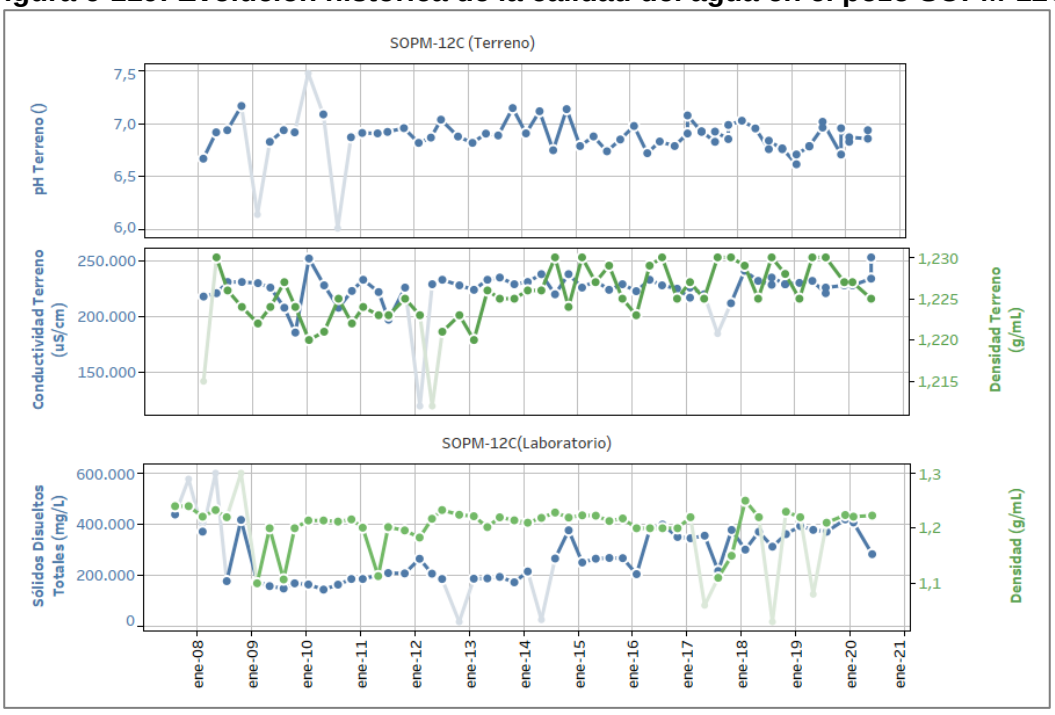
Para los puntos del Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo se ha registrado una alta CE en torno a 230.000 µS/cm (característico de salmueras), y pH neutro (cercano a 7).

Los resultados del semestre se encuentran para todos los parámetros dentro del registro histórico.

[82] En el informe Nº5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

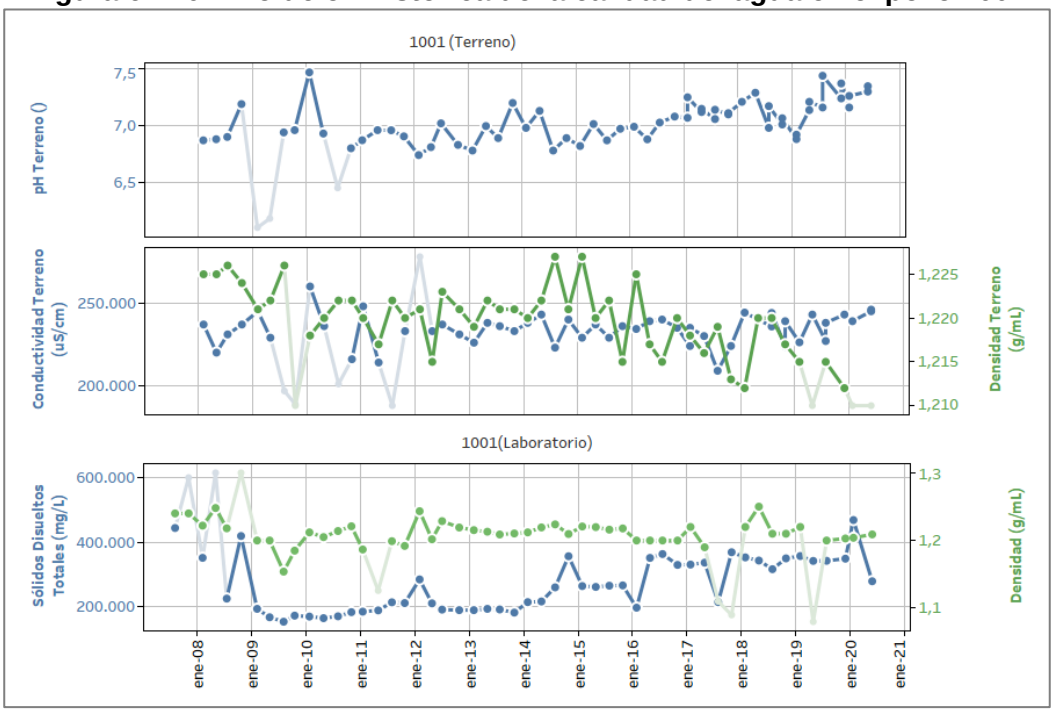
[83] En el informe N° 26 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de SDT y ST de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el laboratorio ALS Environmental hasta diciembre de 2015. Al respecto se realizó un estudio encargado a SRK y presentado en el Anexo 10.3 del citado informe. Adicionalmente, el mismo problema fue detectado en la campaña de mayo de 2020 y se adjunta la carta de respuesta de ALS, indicando que el error en los resultados de STD y ST se debe a un error en la toma de alícuota y que realizará una capacitación del personal para que no vuelva a suceder. Esta carta se presenta en el Anexo 10.2.

Figura 6-119: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-120: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001



Fuente: Elaboración propia

6.2.7. 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.

El punto de control L10-1 se ha descrito en conjunto con los pozos del sistema Peine, por lo que no se mostrará de nuevo en esta sección.

Niveles de agua subterránea

En la Figura 6-121 se muestran los niveles medidos de los puntos Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6 y Cuña 7 y en la Figura 6-122 y Figura 6-123 los descensos calculados (en esta última no se muestra el Cuña 4 para visualizan mejor las tendencias).

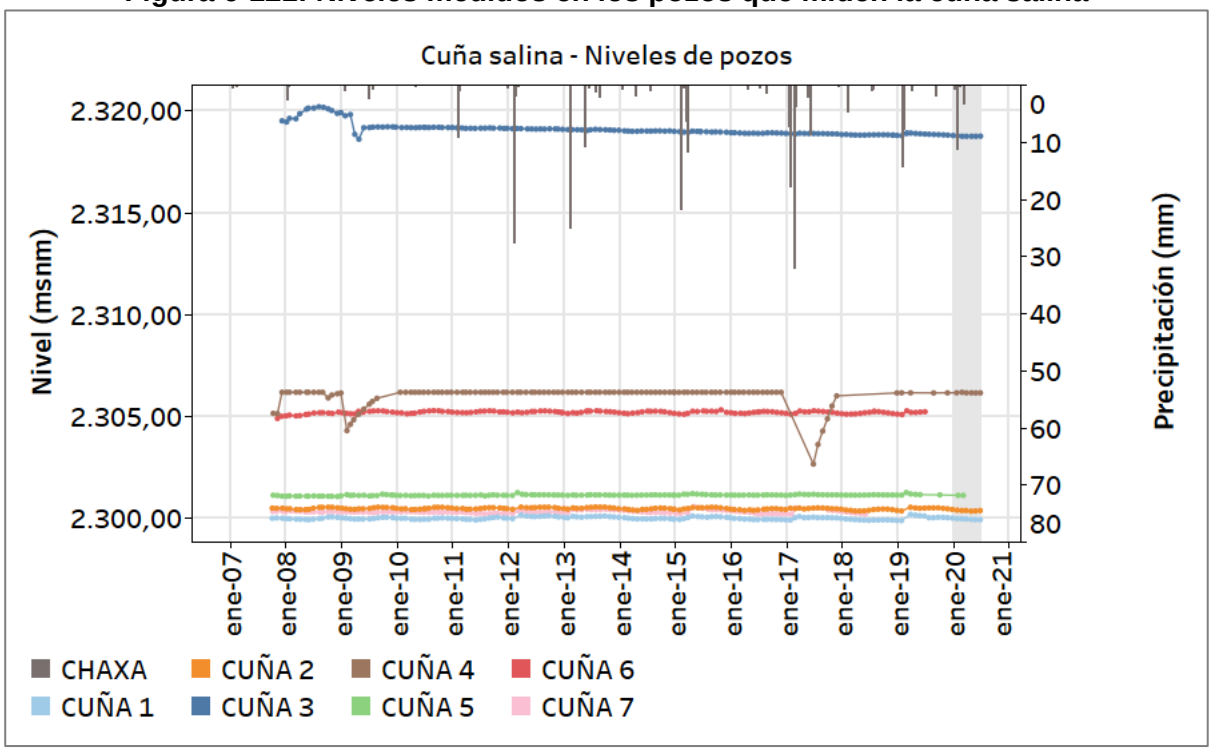
Históricamente, estos pozos se caracterizan por presentar niveles relativamente estables. El único pozo que presenta una mayor tasa de descenso es Cuña 3, con 4,2 cm/año (para el periodo desde mayo 2009 y hasta a actualidad). El resto de los pozos muestran tasas de entre 0,8 cm/año de descenso (Cuña 2) y 0,3 cm/año de ascenso (Cuña 5).

El pozo Cuña 3 no muestra oscilaciones ni respuesta evidente a los eventos de lluvia, exceptuando la precipitación de febrero de 2019, que elevó los niveles 12 cm. El otro punto que no muestra oscilaciones estacionales es el Cuña 5 y en general este punto tampoco se observa sensible a los eventos de lluvia, a excepción de la de 2012 y 2019 que registró un leve ascenso de unos 13 cm de elevación para ambos episodios. Estos dos puntos tienen un comportamiento que podría asimilarse al visto en la zona de transición entre el acuífero aluvial y la zona marginal. Los puntos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 6 sí muestran oscilaciones estacionales, propias de la zona marginal y, por último, el Cuña 7 muestra un comportamiento parecido al observado en los del núcleo (sin oscilación y fuerte respuesta a las lluvias), pero con una menor pendiente de descenso (1,7 cm /año en el periodo a partir de 2012).

Para el primer semestre de 2020, el pozo Cuña-5 no dispone de datos para todo el periodo y el Cuña-6 no tiene medidas desde junio 2019. Del resto de los pozos, el Cuña-3 y Cuña-2 muestran

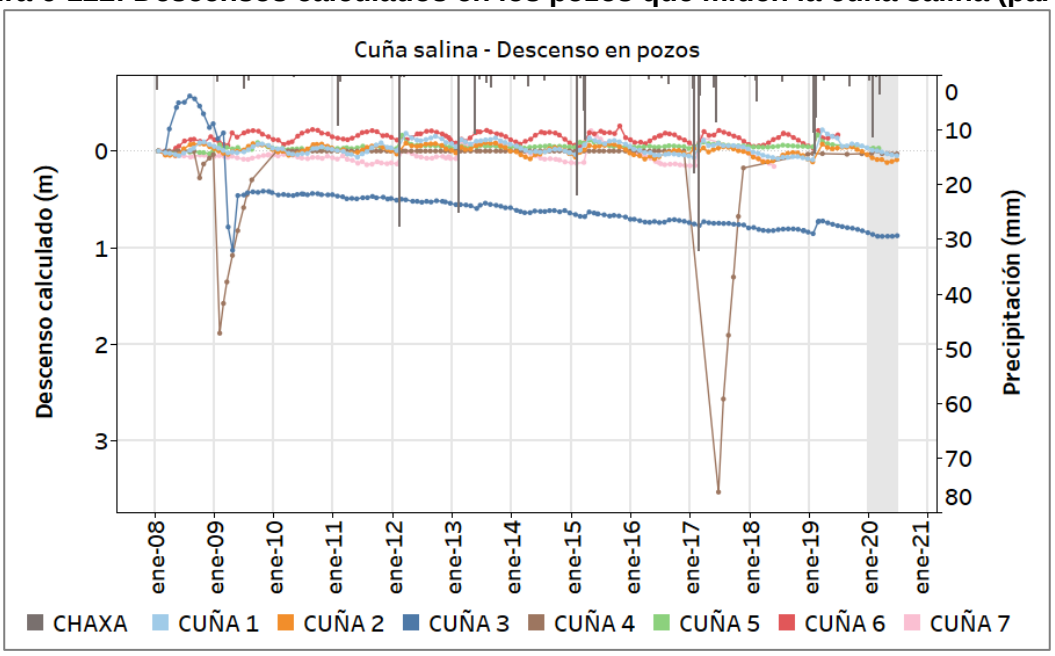
una estabilización de los niveles una vez recuperados de la lluvia de febrero 2019, mientras que el Cuña-1 parece no haber recuperado todavía el nivel (de la lluvia de 2019).

Figura 6-121: Niveles medidos en los pozos que miden la cuña salina



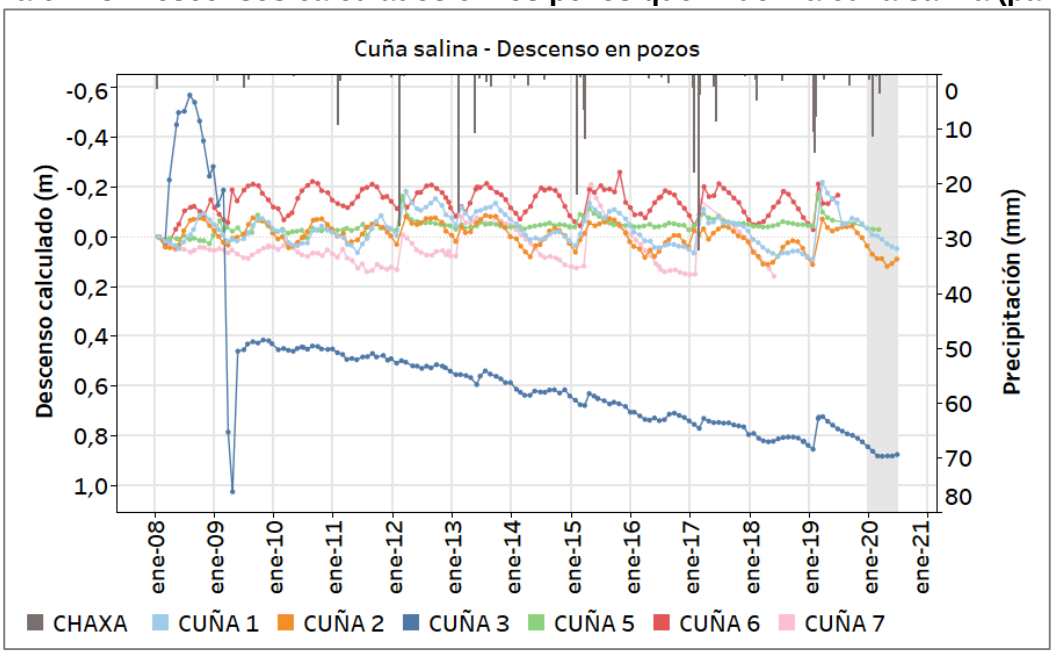
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-122: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 1)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-123: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina (parte 2)



Fuente: Elaboración propia

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 Marginal)[84]. De acuerdo a 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.

Un aspecto importante para el análisis de los perfiles realizados es el tramo ranurado en los distintos pozos, siendo estos representativos de las zonas con ranurado y no de los tramos sin ranurado. Un resumen de los tramos con ranurado en los pozos que se realizan los perfiles puede verse en Tabla 6-6.

Tabla 6-6: Tramos ranurados en puntos con medición de perfil de CE

Infraestructura	Profundidad	Tramo Ranurado
Cuña 1	22,39	2 a 22
Cuña 2	24,87	4 a 22
Cuña 3	138,5	102 a 136
Cuña 4	84,8	64 a 94
Cuña 5	38,2	2 a 24
Cuña 6	124	42 a 122
Cuña 7	43,5	6 a 40
L10-1	201	74 a 160
L4-3	140	Ciego

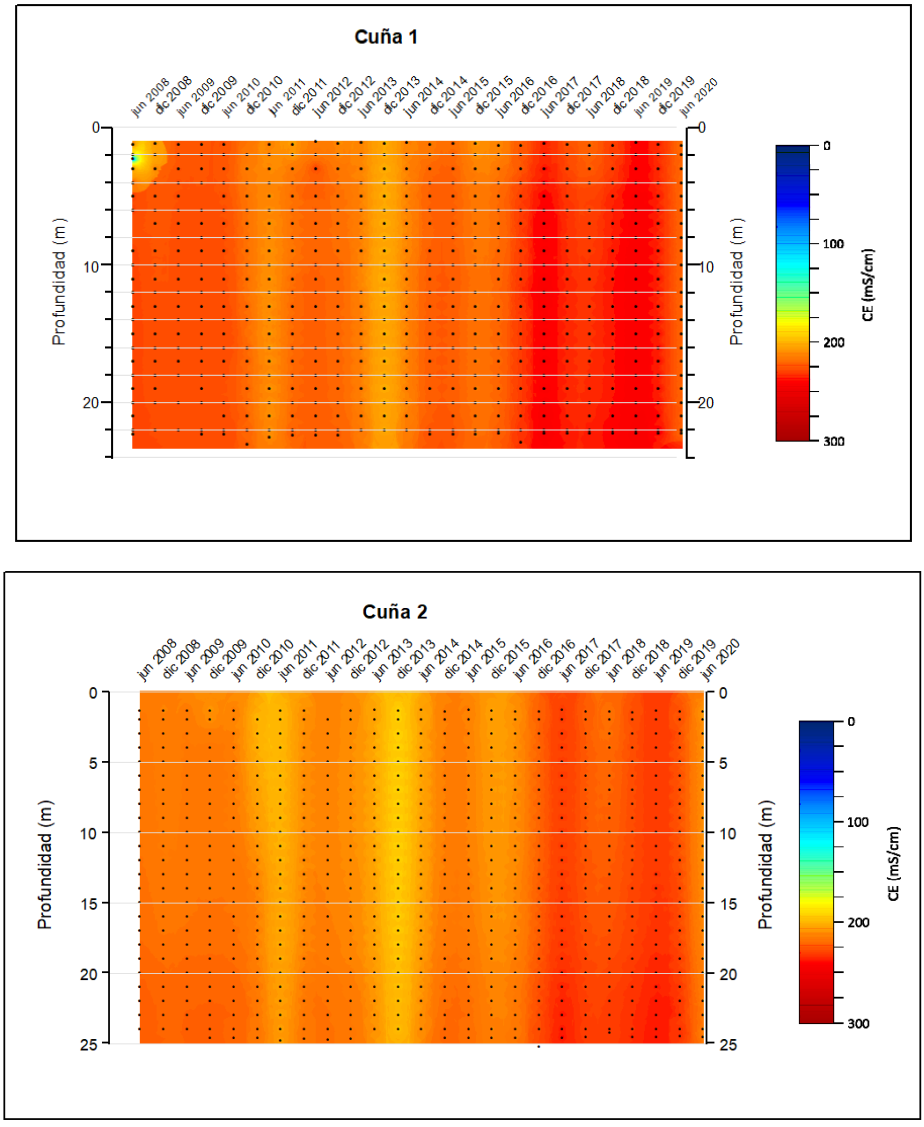
Fuente: Elaboración propia

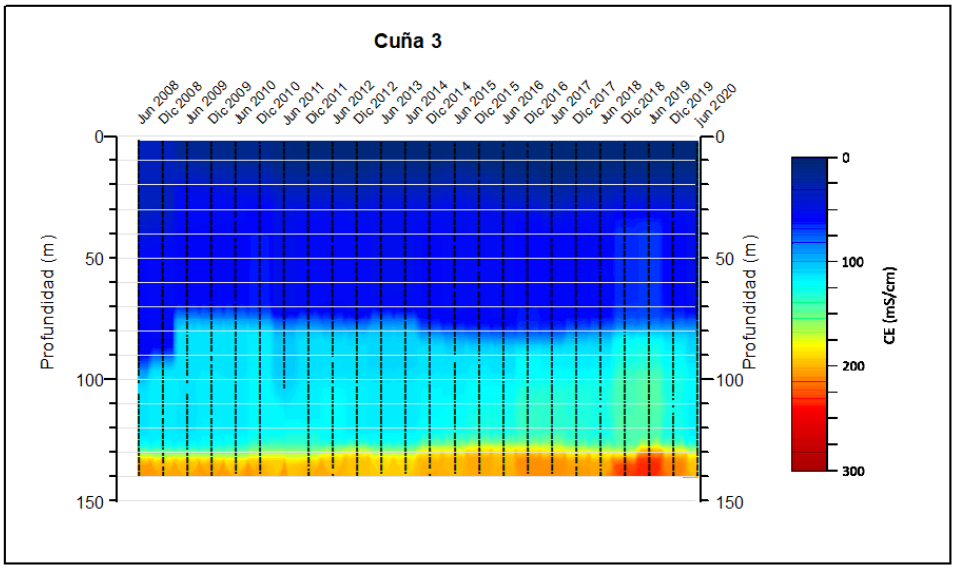
[84] Como se señaló en el Capítulo 5, durante el primer semestre de 2020 no fue posible realizar el monitoreo del perfil de CE en los pozos Cuña 5, Cuña 6, Cuña 7 y L10-1 debido a que no se permitió el ingreso a la Reserva Nacional Los Flamencos ni al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine.

La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6-124. En ella se observa que, el punto Cuña 1 (ranurado entre 2-22 m) y Cuña 2 (ranurado entre 4-22 m), presentan valores de conductividad superiores a 200 mS/cm, encontrándose al oeste de la zona donde aflora la interfaz salina. Esto indica que los flujos subterráneos en el área provendrían del núcleo del salar, no encontrándose aún con el acuífero de agua dulce del margen este. En cuanto a los registros temporales, en mabos casos se observa que la CE se mantienen superiores a 200 mS/cm, por lo que se interpreta que, durante todo el periodo de registros, en la zona y a la profundidad en la que éstos están habilitados, no se ubicado nunca la interfaz.

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. Respecto a su evolución temporal, no se observan variaciones durante el periodo medido, sólo 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 175 mS/cm desde 2014 a la actualidad. 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 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 6-124: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)





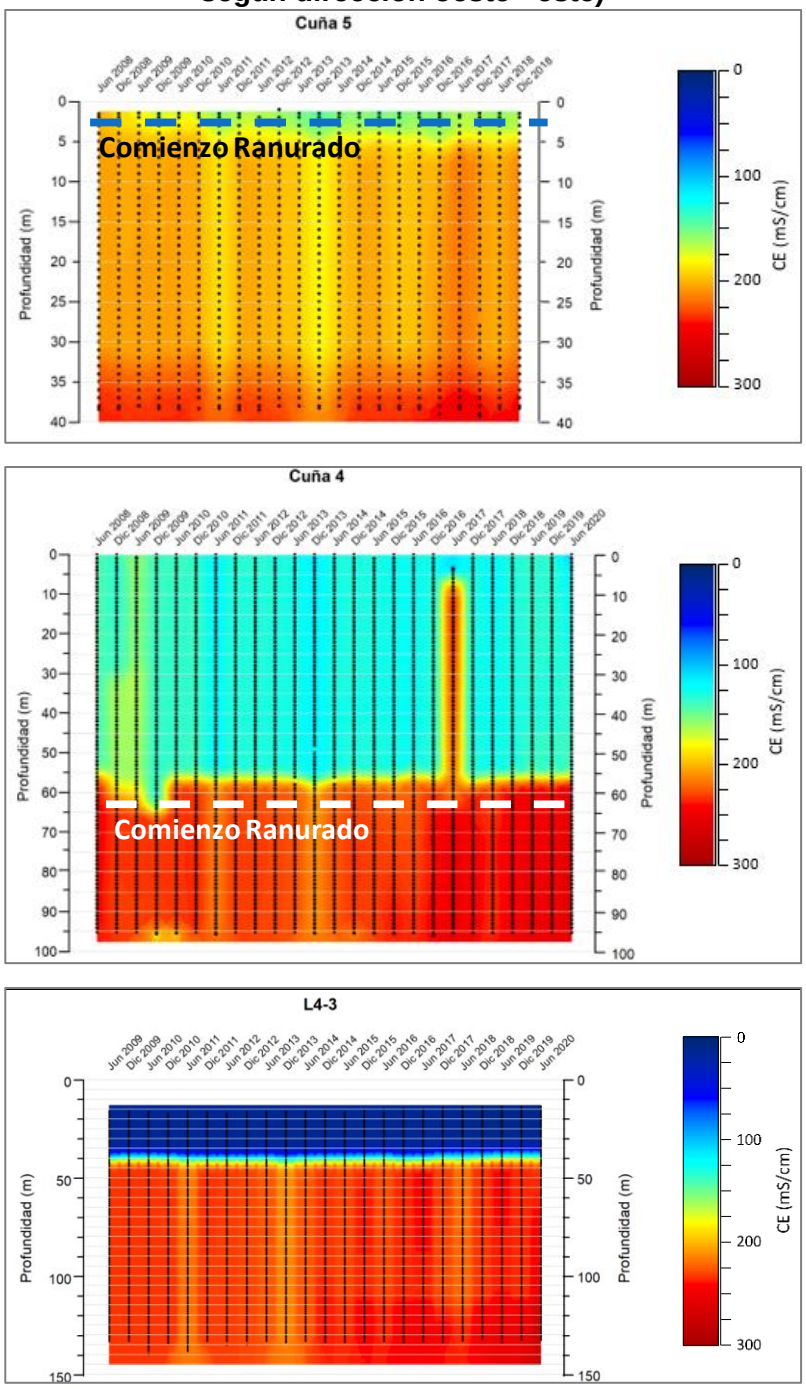
Fuente: Elaboración propia

La evolución histórica de los pozos centrales se muestra en la Figura 6-125. En ella se observa que en el Cuña 5 el agua cercana a la superficie es de menor CE que la más profunda. De todos modos, esta última presenta también altos valores de CE lo que indica que la interfaz comienza a aflorar más al E.

Al avanzar hacia el este (Cuña 4), se observan descensos de la CE del agua cercana 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 6-125: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)

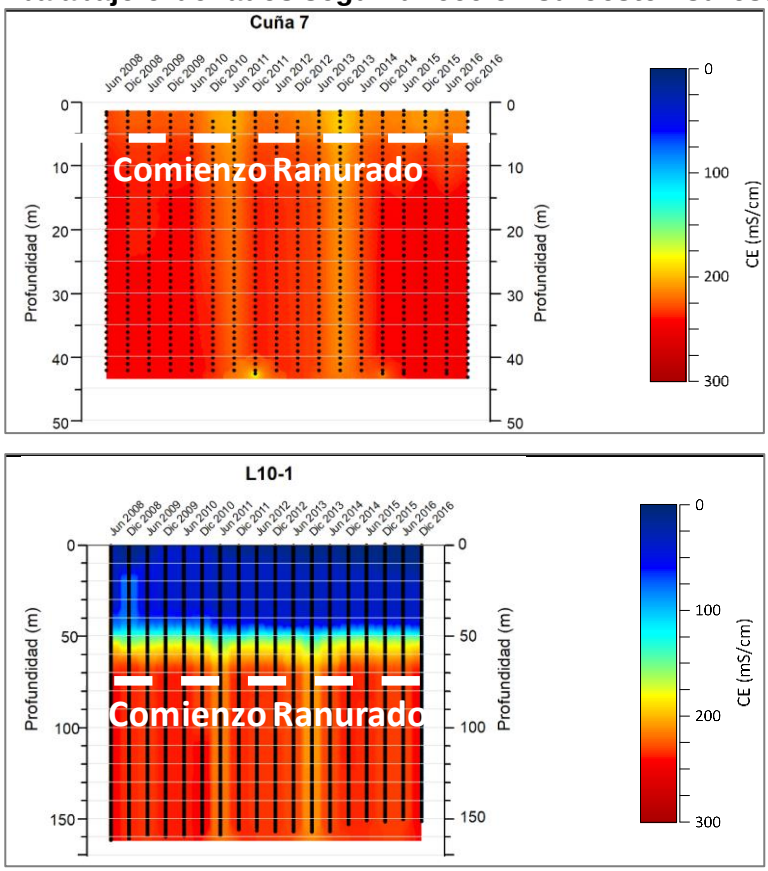


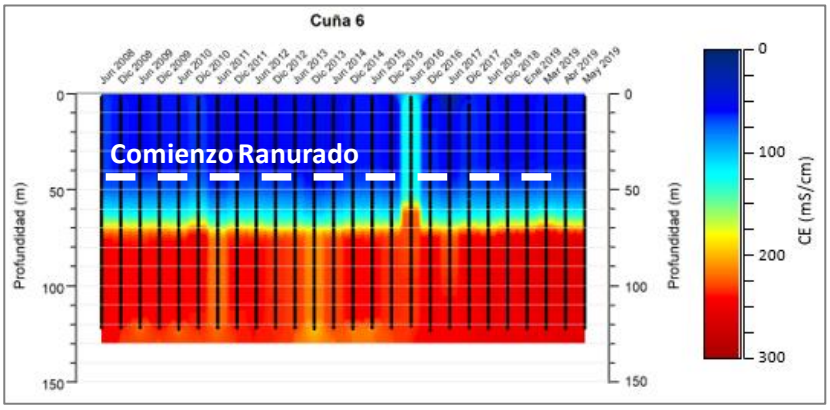
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la evolución histórica de los pozos del sur se muestra en la Figura 6-126. 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.

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 6-126: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)





Fuente: Elaboración propia.

El único punto de monitoreo cuya calidad química se mide periódicamente en el Sistema Cuña Salina corresponde al pozo de monitoreo L10-1 (agua subterránea). Este pozo también es parte del seguimiento del Sistema Peine por lo que su evolución histórica se presenta y discute en la sección de análisis y discusión de los resultados (capítulo 6), sin observarse comportamientos de tendencia en los parámetros comprometidos. El punto L4-3 también cuenta con monitoreo de calidad, como parte del seguimiento en el sistema Aguas de Quelana y del Sistema Vegetación Borde Este, su evolución histórica fue presentada en la sección 6.2.2.

En el presente apartado se ha visto como la profundidad en la que se producen los quiebres de conductividad se ha mantenido estable en el tiempo con algunas variaciones menores y sin mostrar tendencias al alza o a la baja para los distintos puntos. Por ende, puede decirse que la posición de la interfaz no se ha visto afectada en el periodo monitoreado.

6.3. ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

De los 34 indicadores de estado evaluados como parte del Plan de Contingencia, durante el primer semestre del año 2020 se presentan los estados de activación del Sistema Soncor (L1-5 y L1-G4 Reglilla, ambos Fase I), Sistema Vegetación Borde Este – Hidromorfa (L1-17 la Fase I y L2-27 las Fases I y II) y Sistema Vegetación Borde Este – Brea Atriplex (L7-6, L2-7, L3-3, L1-3 y L2-28, todos Fase I).

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. Además, a partir del

análisis de los niveles presentado en el anterior apartado (6.2), es posible presentar una previsión en el corto plazo sobre las tendencias de cada uno y la posible activación-desactivación de los umbrales.

6.3.1. 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.

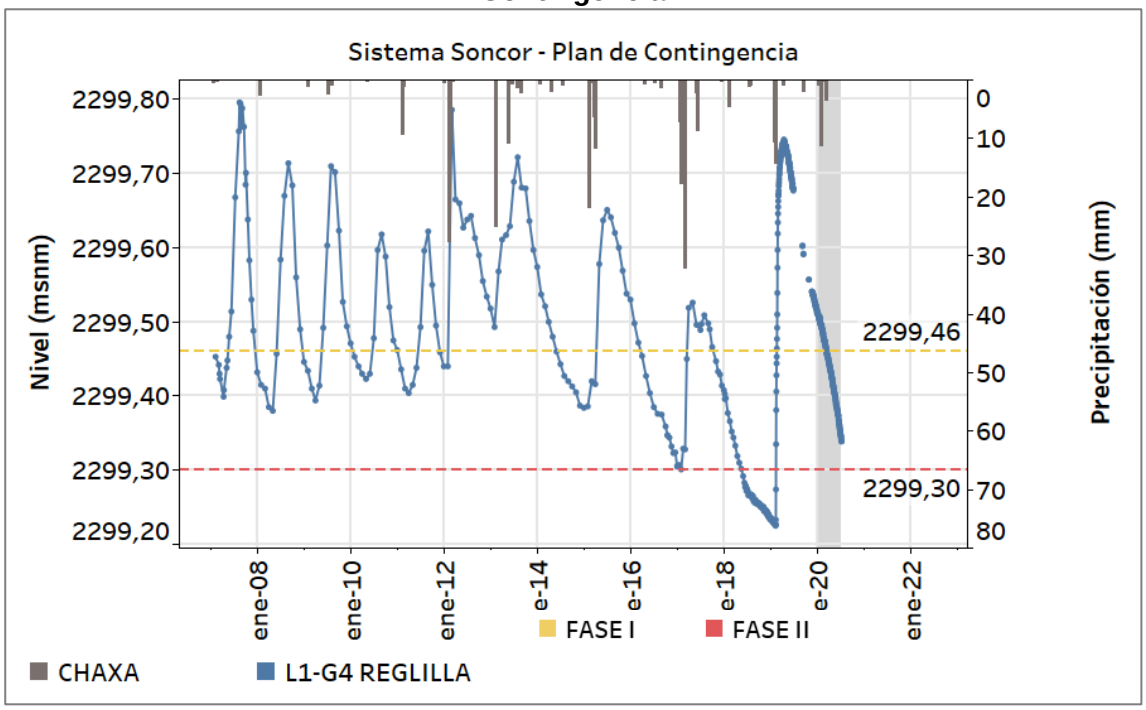
Respecto los puntos Reglilla L1-G4 (Figura 6-127) y el L1-5 (Figura 6-128) se han descrito en el apartado 6.2.1 (Análisis y discusión de los resultados del sistema Soncor) y se ha podido comprobar, a través del análisis de sus niveles y de los puntos vecinos, cómo desde 2012 estos pozos ya no volvieron 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 activaron la Fase I de los indicadores L1-G4 Reglilla en marzo y del L1-5 en mayo. Tal y como se preveía, ambos puntos se encuentran en este periodo en la etapa de recuperación del evento de lluvia de 2019, con lo que se registra un descenso que se prevé se mantenga hasta que se registre un nuevo evento de lluvia. Como ya se ha comentado, durante el transcurso de los meses posteriores a junio 2020 y hasta el momento de la elaboración de este reporte, ambos indicadores activaron la Fase II en el mes de agosto de 2020 y actualmente el L1-5 no tiene ninguna de sus fases activadas y el L1-G4 Reglilla se mantiene con la Fase I activada. Esta situación se describe con más detalle en la sección 4.7.

Cabe señalar que 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

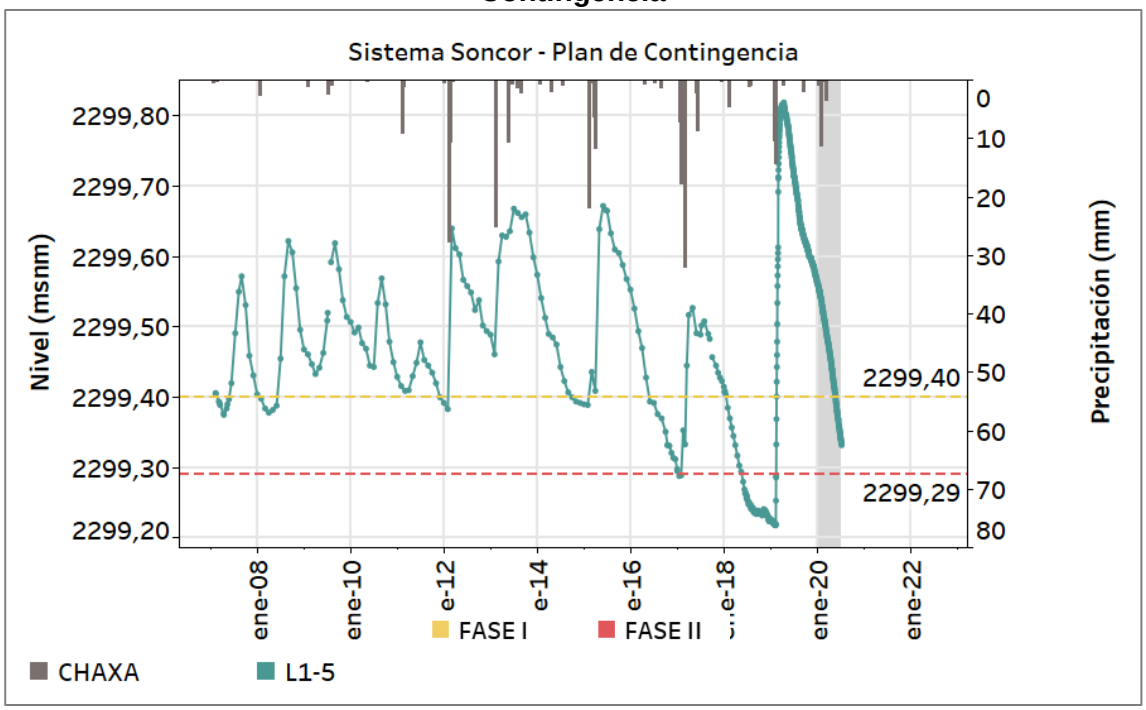
mismos puntos (IDAEA-CSIC, 2018) permitieron concluir que la causa principal de activación correspondió al cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros y no al efecto de las extracciones de salmuera efectuado por SQM en el salar, por lo que los actuales indicadores de estado, 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 6-127: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-128: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia

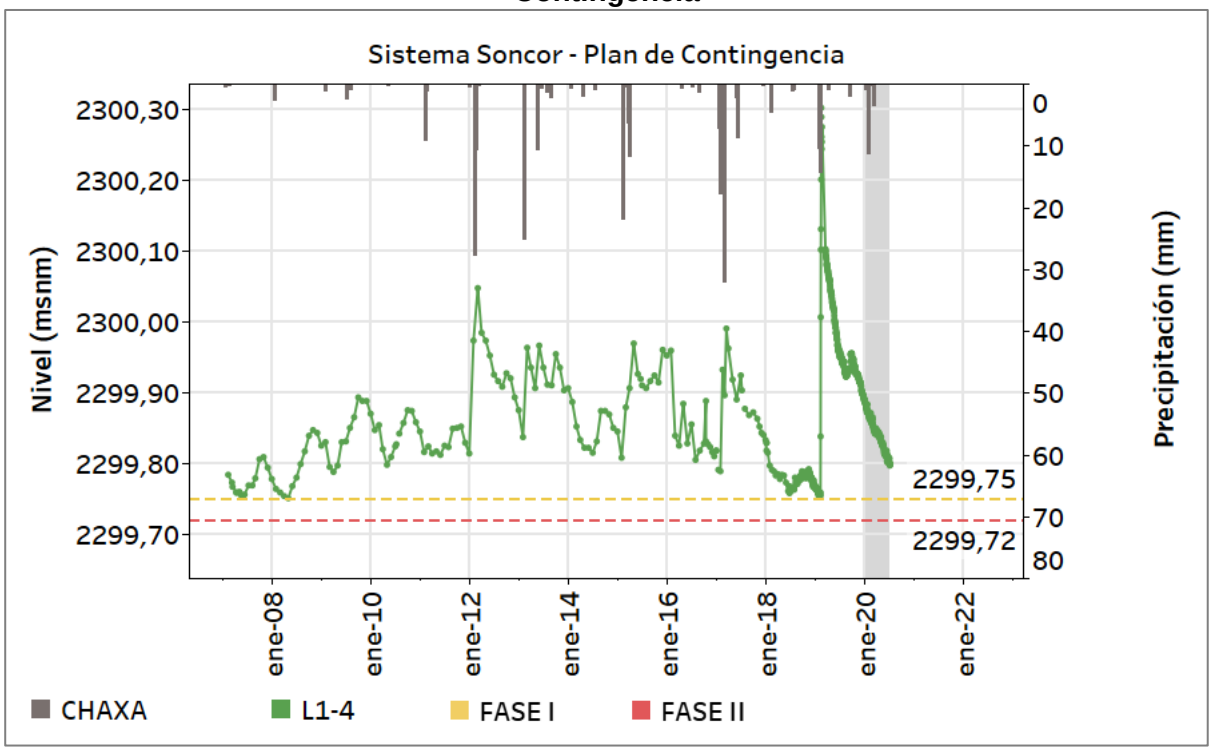


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

Por su parte, el punto L1-4 (Figura 6-129) se ha analizado en el apartado 6.2.1 (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 2020, este punto se observa en fase de recuperación de los niveles después de la lluvia de febrero 2019, y al término de este semestre, el nivel se encuentra 5 cm por encima de la Fase I.

Figura 6-129: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia

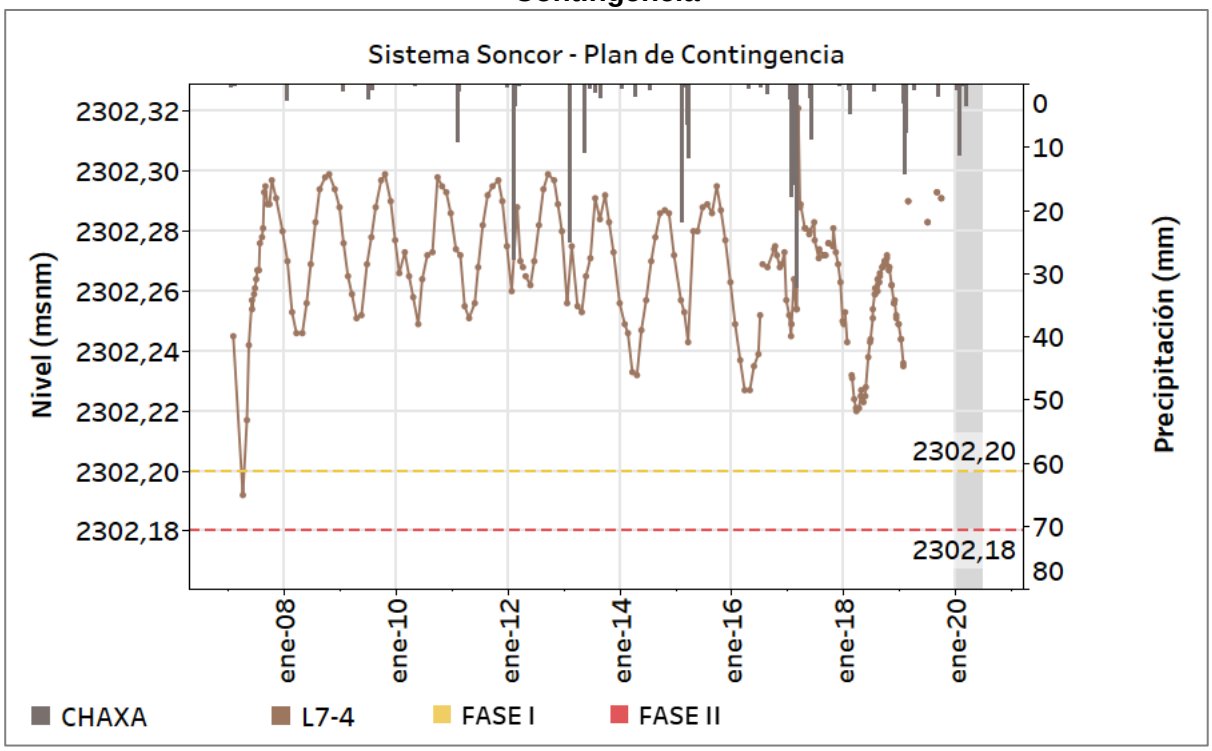


Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

El L7-4 (Figura 6-130), que es el indicador de estado de la laguna Puilar, en el apartado 6.2.4 se ha podido comprobar que muestra un comportamiento influenciado por los ciclos de evaporación (propio de los puntos próximos a la interfaz salina) y relacionado con la recarga proveniente del borde este y los episodios de lluvia más intensos.

Este punto no ha podido medirse desde septiembre 2019, por lo que se desconoce su estado actual en relación con los umbrales del PC. La última medida se situaba 9 cm sobre el umbral de Fase I y su tendencia de descenso, aunque oscilante, conduce a pensar que es posible que en algún momento pudiera alcanzar el umbral de activación de la Fase I. No obstante, la falta de mediciones no ha permitido determinar el efecto que estaría produciendo sobre los niveles de este indicador la detención del pozo Mullay-1 y la considerable reducción de caudal del pozo Allana. Por lo mismo, no es posible efectuar ningún pronóstico al respecto.

Figura 6-130: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84

6.3.2. 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 y Socaire-5B. Como indicadores de la influencia de las extracciones del núcleo, se monitorea el nivel de los pozos L3-9, L4-12 y L5-10. Como

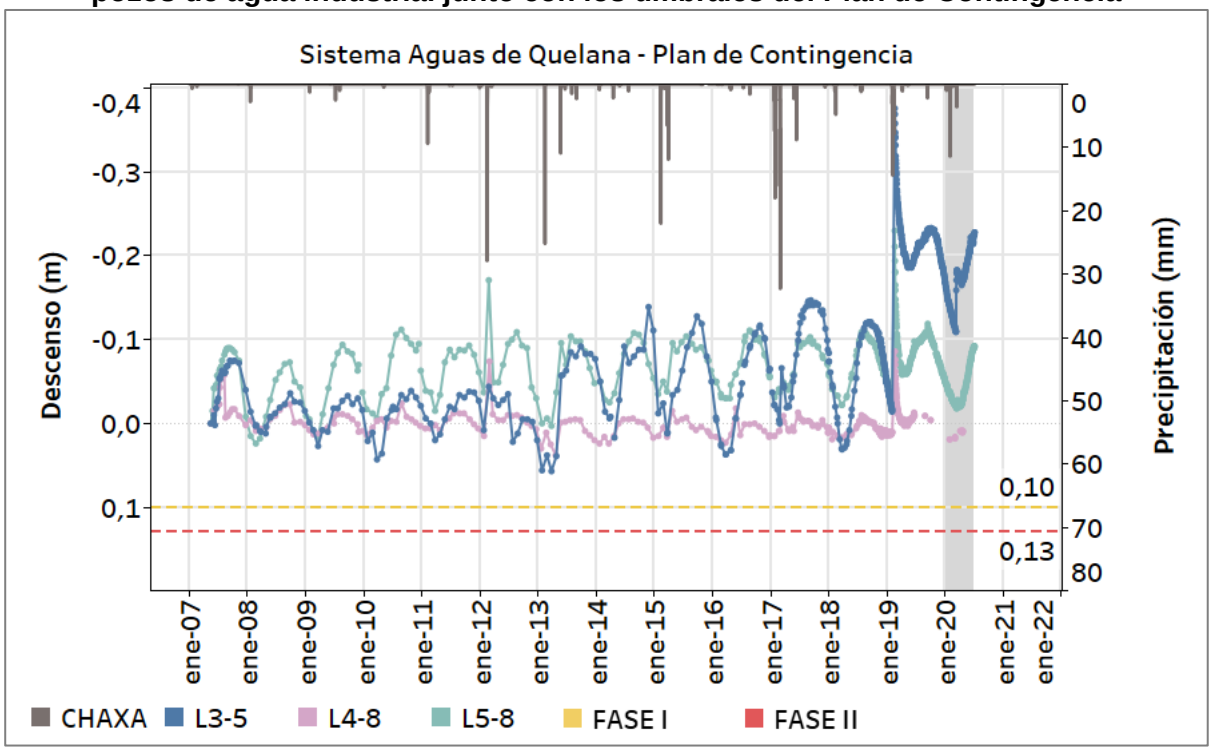
indicadores del bombeo en Camar-2 y Socaire-5B, se monitorea el nivel de los pozos L3-5, L4-8 y L5-8.

Respecto los indicadores de estado del bombeo de los pozos de agua industrial (L3-5, L4-8 y L5-8), los descensos calculados[85] se muestran en la Figura 6-131 junto los umbrales correspondientes. En el análisis efectuado en el apartado 6.2.2 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.

Al término del primer semestre de 2020, el L4-8 muestra el nivel 10,1 cm de la Fase I (respecto la última medida efectuada que fue en abril 2020), el L5-8 a 19,2 cm y el L3-5 a 32,8 cm. Como ya se ha descrito en el apartado anterior (6.2.2), en este periodo de reporte los puntos están mostrando una tendencia de ascenso propia de la oscilación estacional para esta época del año. Observando la tendencia general de los niveles, no se prevé que alcancen los umbrales de Fase I (ni Fase II), ya que se estima que sigan reproduciendo estos ciclos estacionales con la amplitud histórica que han mostrado desde 2007.

[85] Para este apartado, la fecha de inicio que permite el cálculo del descenso se basa en lo estipulado según la RCA Nº226/2006.

Figura 6-131: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de los pozos de agua industrial junto con los umbrales del Plan de Contingencia



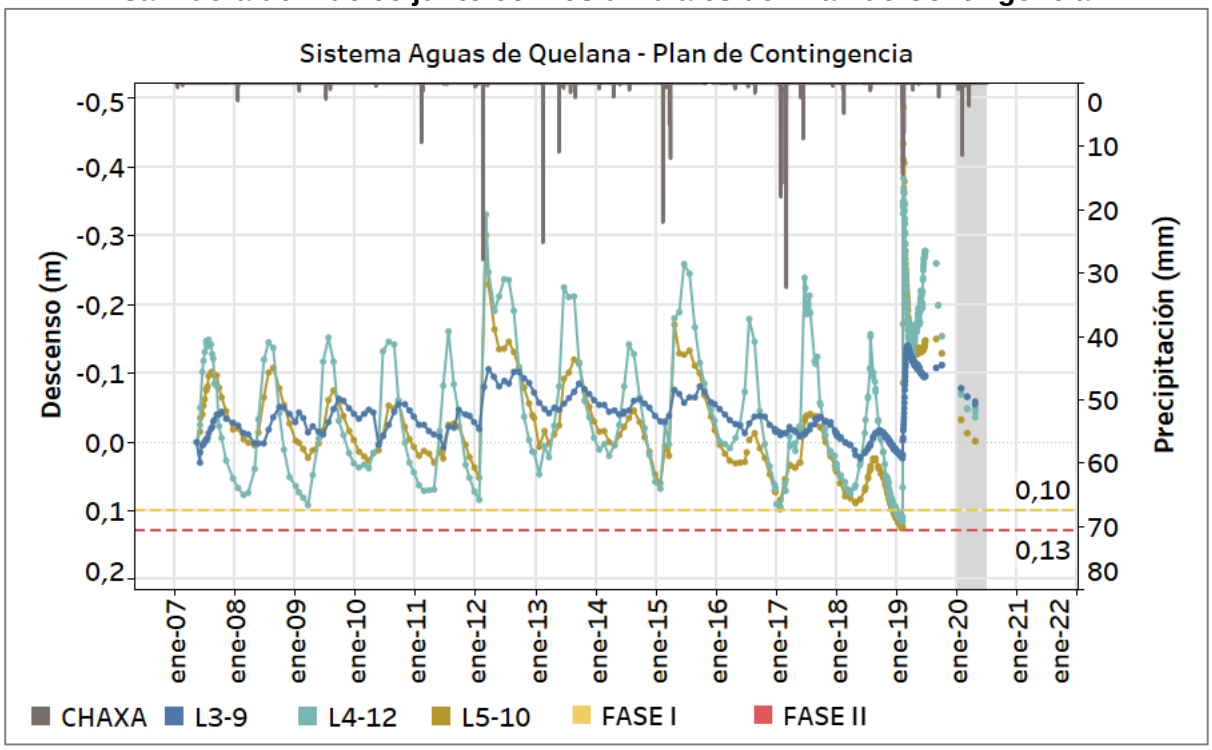
Fuente: Elaboración propia

Los indicadores de estado para determinar la influencia de las extracciones del núcleo (L3-9, L4-12 y L5-10) se muestran en la Figura 6-132 junto con los umbrales de la Fase I y Fase II. En el apartado de análisis de estos puntos (6.2.2) se ha podido determinar que estos puntos muestran un comportamiento mixto entre la zona marginal (zona de interfaz salina) y el núcleo, por lo que es esperable que este grupo de pozos muestren una oscilación estacional, que será más regular en la medida que el punto esté más próximo a la interfaz, a la vez que una tendencia promedio de descenso, que tendrá una pendiente mayor en la medida que el punto se encuentre más cercano al núcleo. De la misma forma que ha ocurrido en todo el borde este del Salar, existe un cambio en el comportamiento de estos niveles a partir de las lluvias de 2012; desde esta fecha, la tasa de descenso promedio de estos puntos es de 1,3 cm/año para el L3-9, 1,7 cm/año para el L4-12 y 2 cm/año para el L5-10.

Para el primer semestre de 2020 se dispone de medias puntuales, la última en los tres casos data de abril de 2020. En esa ocasión el L5-10 se distaba 10 cm de la Fase I, el L4-12 13,6 cm y el

L3-9 15,5 cm. En el anterior semestre reportado (segundo de 2019), las mediciones tampoco tuvieron la frecuencia comprometida (y a su vez, representativa del acuífero), por lo que es complejo determinar de forma precisa la evolución de estos indicadores en los últimos meses, por lo que complica poder pronosticar el comportamiento a futuro con respecto los umbrales del PC; por un lado, es posible que, aunque estos puntos tengan un descenso promedio propio de la zona, éste sea leve y se mantenga la oscilación con la amplitud histórica registrada desde 2007. Aunque, por otro lado, los indicadores L5-10 y L4-12 ya activaron la Fase I en el pasado (en diciembre 2018, lo que corresponde el informe Nº25).

Figura 6-132: 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

6.3.3. 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 6.2.1) y el punto L3-5 y la reglilla L4-10 en el sistema de Aguas de Quelana (apartado 6.2.2). 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 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 propias 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 6-133. Puede verse que todos los puntos, durante el primer semestre de 2020 han mostrado una recuperación hacia el comportamiento previo a la lluvia de 2019, junto con el descenso y ascenso posterior asociado al ciclo estacional; de esta forma, todos los indicadores registraron el mínimo de la oscilación en el mes de abril (2020) y posteriormente el ascenso esperado para esta época del año. Estos mínimos registrados en este periodo son los que han producido la activación de la Fase I en el indicador L1-17 y la Fase II en el L2-27, ambos desactivaron todas las fases al mes siguiente (mayo 2020) producto del mencionado ascenso estacional.

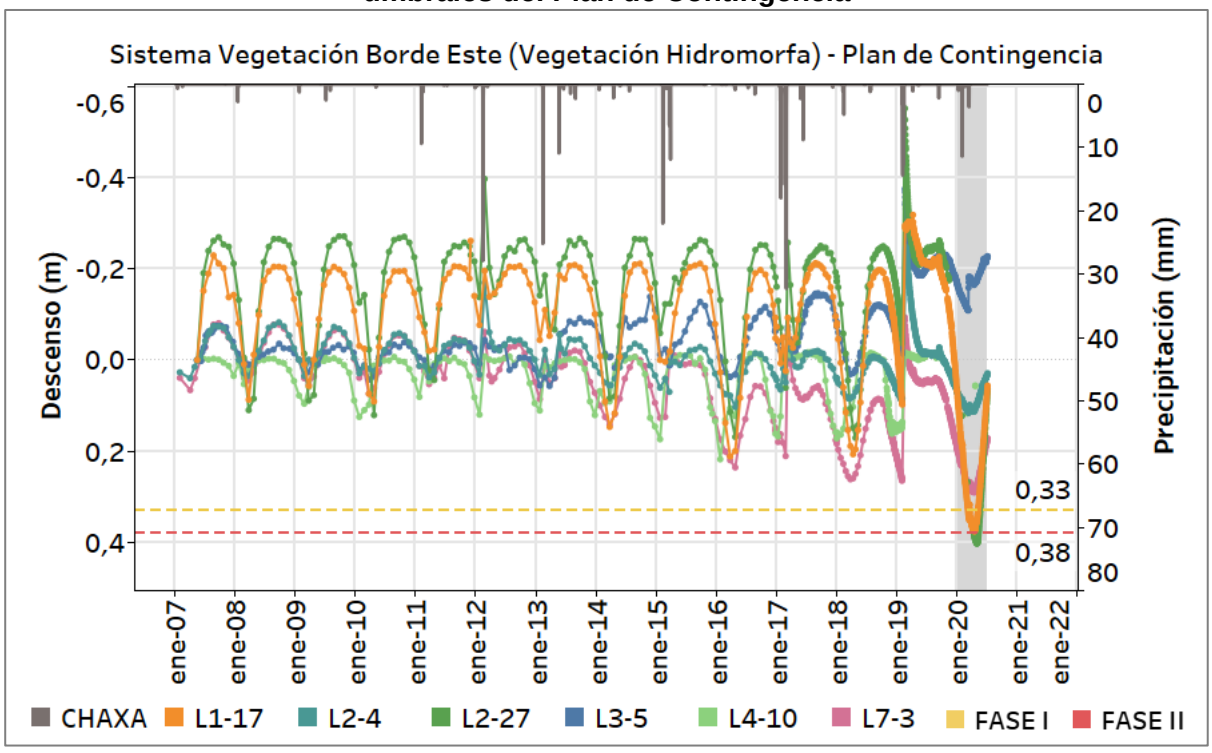
Como ya se ha descrito en ocasiones anteriores, con motivo de la activación de la Fase II, se realizó un informe de investigación (tal y como describe la RCA Nº226/2006) para determinar sus causas (Anexo 6.2). La metodología llevada a cabo se basó, en la aplicación de una herramienta cuantitativa para evaluar los descensos observados en el entorno de los pozos de agua industrial. Ésta ha permitido resolver analíticamente el problema inverso de estimar los parámetros hidráulicos mediante el mejor ajuste de los datos observados de tiempo-distancia y descenso en los pozos de monitoreo existentes. De esta forma también, se realizó el análisis de la efectividad de las medidas de mitigación consideradas en el PC. Del estudio se extraen algunos resultados relevantes:

i. La operación de cada pozo de agua industrial produce un cono de descenso, que va aumentando en el tiempo en función de los parámetros del acuífero y la disponibilidad de agua en el medio y llegado un momento, estos conos empezaron a superponerse entre sí.
ii. El punto L2-27 se encuentra dentro del radio de influencia del cono superpuesto entre los pozos Allana y Camar-2, además de otros puntos como el L3-16 y L2-28. Éste último es indicador de estado de Brea-Atriplex.
iii. Se estima que, como el entorno del L2-27 es menos permeable que las otras áreas del entorno de estos pozos, ha requerido de más tiempo para evidenciar una variación debida al efecto de los pozos de agua industrial, a diferencia del L2-28, por ejemplo, que se calcula que pudo ser alcanzado por el cono de descenso en el año 2011.
iv. No se han observado sobre el indicador L2-27 efectos provenientes de la actividad extractiva del Núcleo.
v. La herramienta numérica previó que el L2-27 saldría de la Fase II, a más tardar, durante el periodo de invierno, producto de la oscilación estacional. Sin embargo, es posible que en años sucesivos el nivel vuelva a superar el umbral de Fase II. De ser así, se prevé que el periodo de tiempo en esta situación será de un máximo de 8 semanas.
vi. La adopción de la medida de mitigación prevista por la RCA Nº226/2006 contribuye efectivamente a retornar al L2-27 a niveles sobre los valores de activación establecidos.

Con respecto la activación de la Fase I del L1-17, que de la misma forma que el L2-27, ha registrado un mínimo histórico, es posible que pueda explicarse por motivos análogos a los antes descritos, pero en relación con los pozos de agua industrial de su entorno. De todas formas, es necesario realizar un estudio con más detalle. Por otro lado, el L3-5 mantiene los niveles alrededor de los máximos históricos que se vienen midiendo con posterioridad a la precipitación de febrero de 2019.

Al término de este periodo de reporte (junio 2020), todos los indicadores se encuentran por sobre el umbral de Fase I, la distancia de los niveles con respecto el umbral en orden descendente es: L3-5 (55,8 cm), L2-4 (30,1 cm), L1-17 (27,4 cm), L4-10 (con respecto la última medida tomada en abril; 27,3 cm), L2-27 (26,6 cm) y L7-3 (15,8 cm).

Figura 6-133: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

6.3.4. 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.

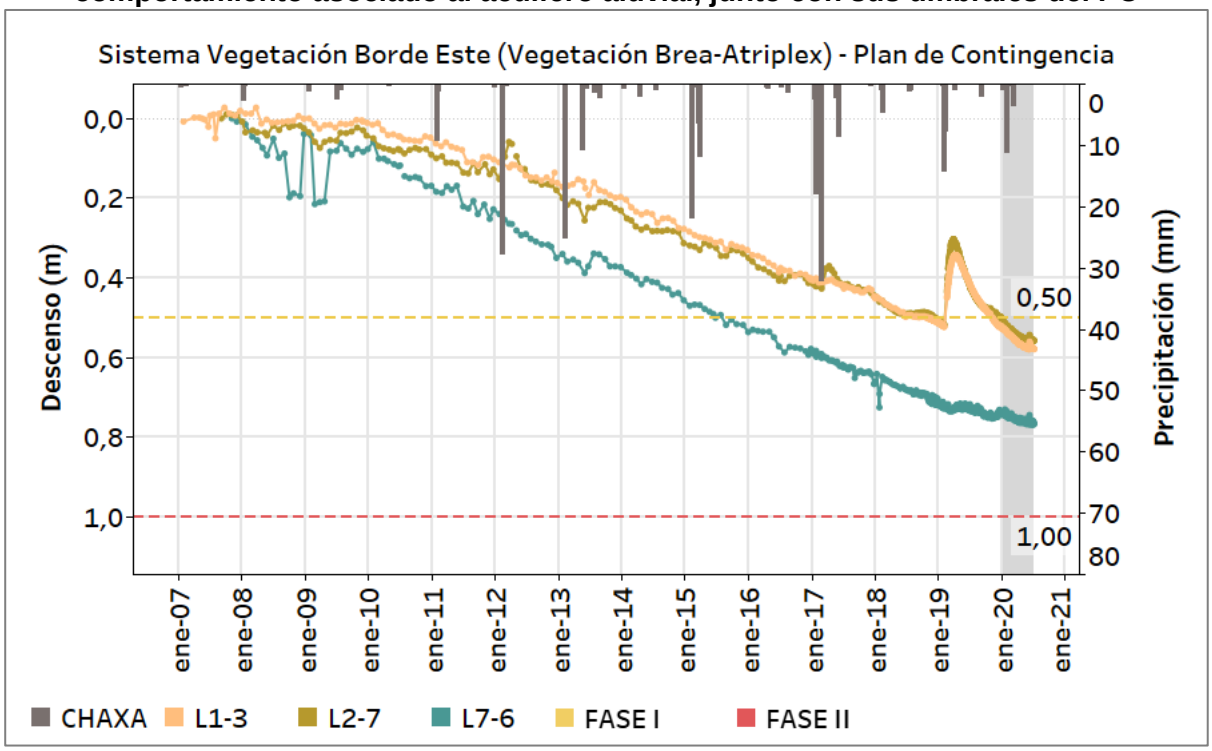
Estos indicadores se han analizado juntamente con los otros puntos del PSAH según el sistema hidrogeológico en el que se encuentran; en el sistema Soncor (6.2.1) se encuentra el análisis de los puntos L7-6, L1-3, L2-7 y L2-28. En el apartado 6.3.2 del sistema Aguas de Quelana está el análisis de los indicadores L3-3 y L4-7. Y el L9-1 se ha analizado en el sistema de Vegetación Hidromorfa (apartado 6.2.3).

Según estos análisis, los puntos L7-6, L1-3 y L2-7 muestran un comportamiento relacionado con el acuífero aluvial (Figura 6-134); estos puntos presentan niveles descendentes, sin oscilaciones estacionales y sin respuestas a las lluvias, aunque la registrada en febrero 2019 si fue sentida por lo puntos L1-3 y L2-7. El L7-6 activó la Fase I en junio 2015 y en 2019 también lo hicieron los puntos L1-3 y L2-7 (noviembre y diciembre respectivamente). Se prevé que se mantenga el descenso para estos puntos, debido al bombeo de los pozos de agua industrial y junto con la disminución de la recarga lateral previa a la operación de estos pozos.

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, dando 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.

Figura 6-134: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales del PC



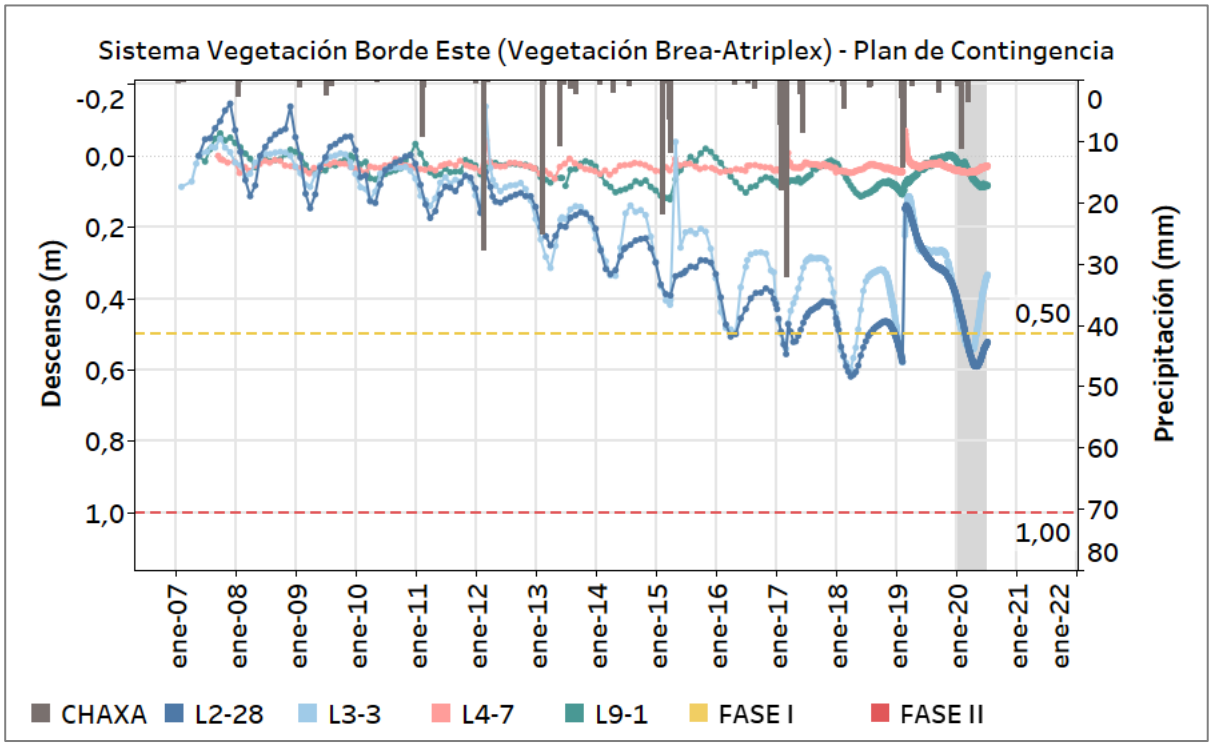
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para 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 6-135). Se caracterizan por presentar oscilaciones estacionales junto con un descenso promedio de los niveles. La mayor pendiente la muestran los puntos L2-28 y L3-3 y, tal como se estimaba posible, ambos indicadores han activado la Fase I del PC durante el registro del mínimo estacional (el primero en el mes de abril, el segundo en el mes de marzo). El L2-28, al finalizar el semestre reportado, se mantiene con la Fase I activada, mientras que el L3-3 se desactivó durante el mes de abril (2020).

Se destaca, por otro lado, que el descenso medido en estos mínimos (del L2-28 y L3-3) para este periodo es igual o menor que los mínimos de los años anteriores. Por lo que es probable que estos pozos durante los próximos semestres oscilen alrededor del umbral de la Fase I, activando y desactivando de forma natural el PC, tal y como viene sucediendo desde marzo de 2016.

Los indicadores L4-7 y L9-1 se observan con bajas tasa de descenso, esto sumado a que al final del periodo reportado (junio de 2020) los niveles se encontraban a 47 cm el primero y 42 cm el segundo del umbral de Fase I. Por lo que, si se mantiene esta tendencia, no se espera que estos puntos alcancen los umbrales de Fase I y Fase II.

Figura 6-135: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

6.3.5. SISTEMA BORDE ESTE - ALERTA TEMPRANA

Los pozos del subsistema Alerta Temprana están ubicados al este del Sistema Vegetación Brea-Atriplex, en el límite oriental del sistema de vegetación Borde Este. Estos pozos permiten observar anticipadamente los potenciales efectos del bombeo de agua sobre las formaciones vegetales que son objeto de protección. Los indicadores de estado considerados para esta zona son L4-3, L7-13, L2-25, L3-11 (ubicado al oeste del Sistema Vegetación Brea-Atriplex), y L9-1. Estos puntos fueron analizados de forma conjunta según su ubicación con respecto los sistemas

hidrogeológicos de la siguiente forma: en el sistema de Soncor los pozos L7-13 y L2-25, en el sistema Aguas de Quelana el L4-3 y L3-11 y en el sistema Vegetación Borde Este el L9-1.

Como ya se ha descrito, el pozo L4-3 cambió su tendencia de descenso a partir de 2014 y empezó a mostrar un ascenso regular (Figura 6-136), por lo que no se prevé que este punto vaya a activar sus umbrales del Plan de Contingencia.

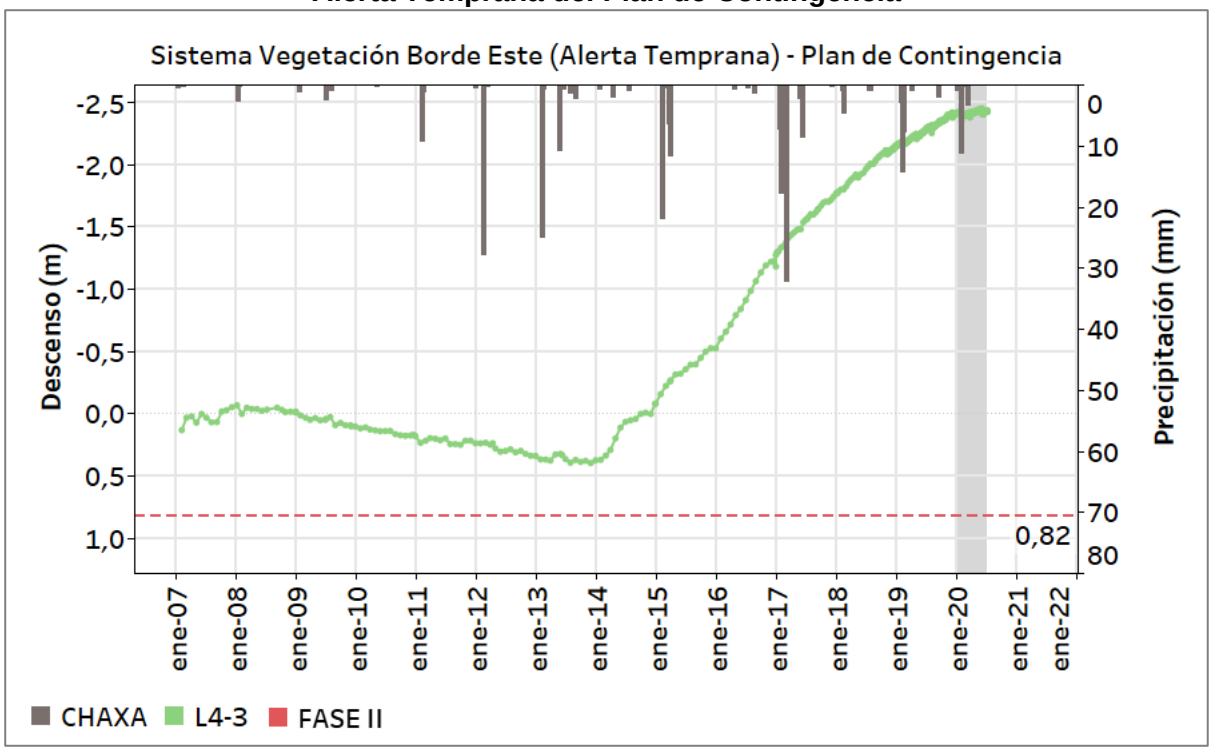
El punto L2-25 se encuentra en el extremo oeste del acuífero aluvial y como ya se ha observado, presenta un comportamiento de transición entre éste y la zona marginal (Figura 6-137). Concretamente, este punto muestra un ascenso promedio de los niveles y en diciembre de 2019, el nivel dista del umbral de activación poco más de 1 m, por lo que no se prevé que pueda activarse en el próximo semestre de 2020.

Por su parte, el L7-13 (Figura 6-138) 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. Desde mayo del 2007 a la fecha, el pozo nunca ha superado este límite, aunque se presenta con un descenso constante, que le ha llevado a registrar un descenso máximo histórico al cierre del primer semestre de 2020 aunque, por otro lado, éste se mantiene 67,8 cm por sobre del umbral, por lo que no se prevé que pueda activar en los próximos semestres.

Finalmente, se muestra conjuntamente los puntos L3-11 y L9-1 ya que comparten los mismos umbrales (se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 0,86 m) (Figura 6-139), aunque se encuentren en sectores muy distintos; 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. Por la zona donde se encuentra este punto, los niveles muestran una tendencia de descenso, aunque al cierre del primer semestre de 2020 el L3-11 se encuentra a 92 cm del umbral (según la última medición efectuada el mes de abril 2020) y el L9-

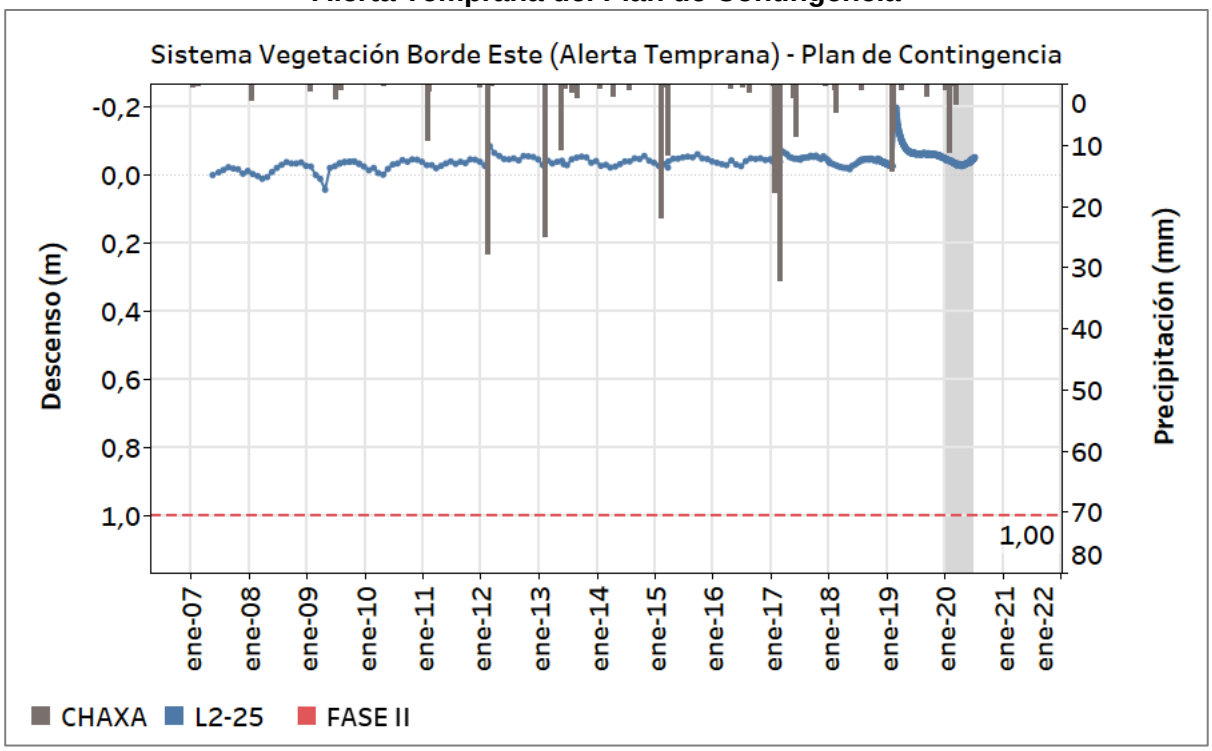
1 a 77,6 cm. Por lo que no se prevé que activen el PC si se mantienen los comportamientos descritos.

Figura 6-136: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



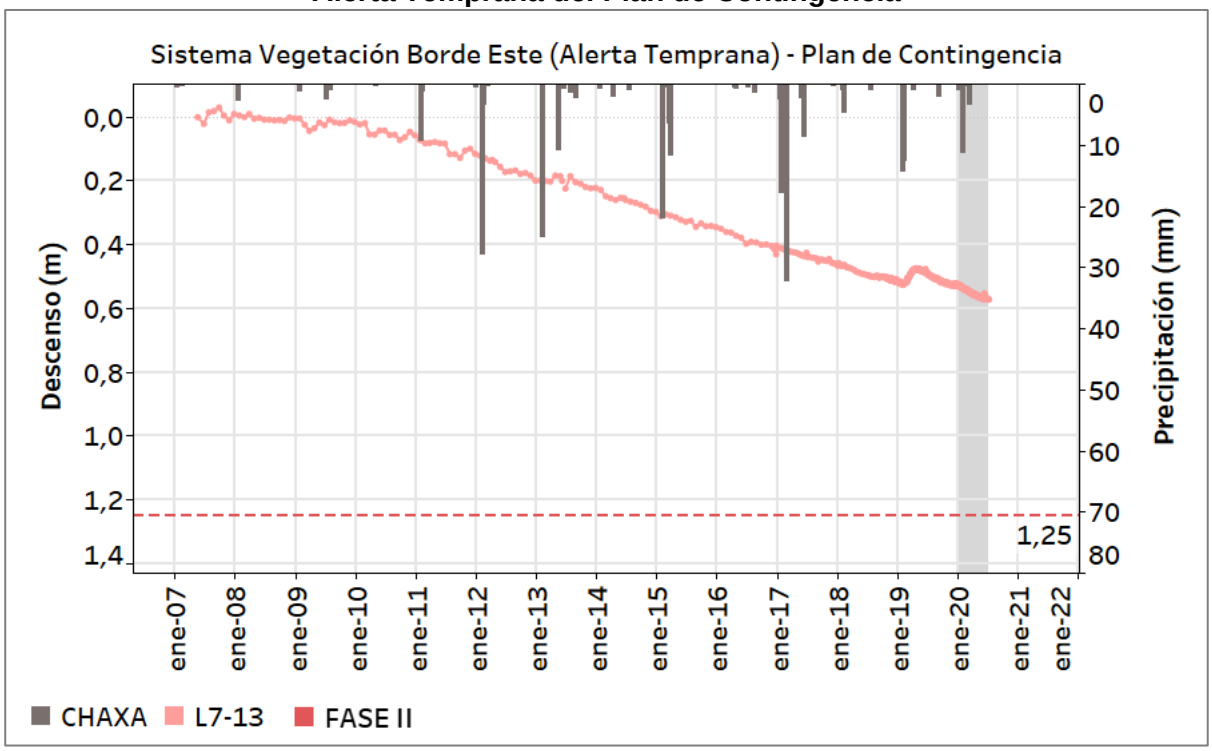
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-137: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



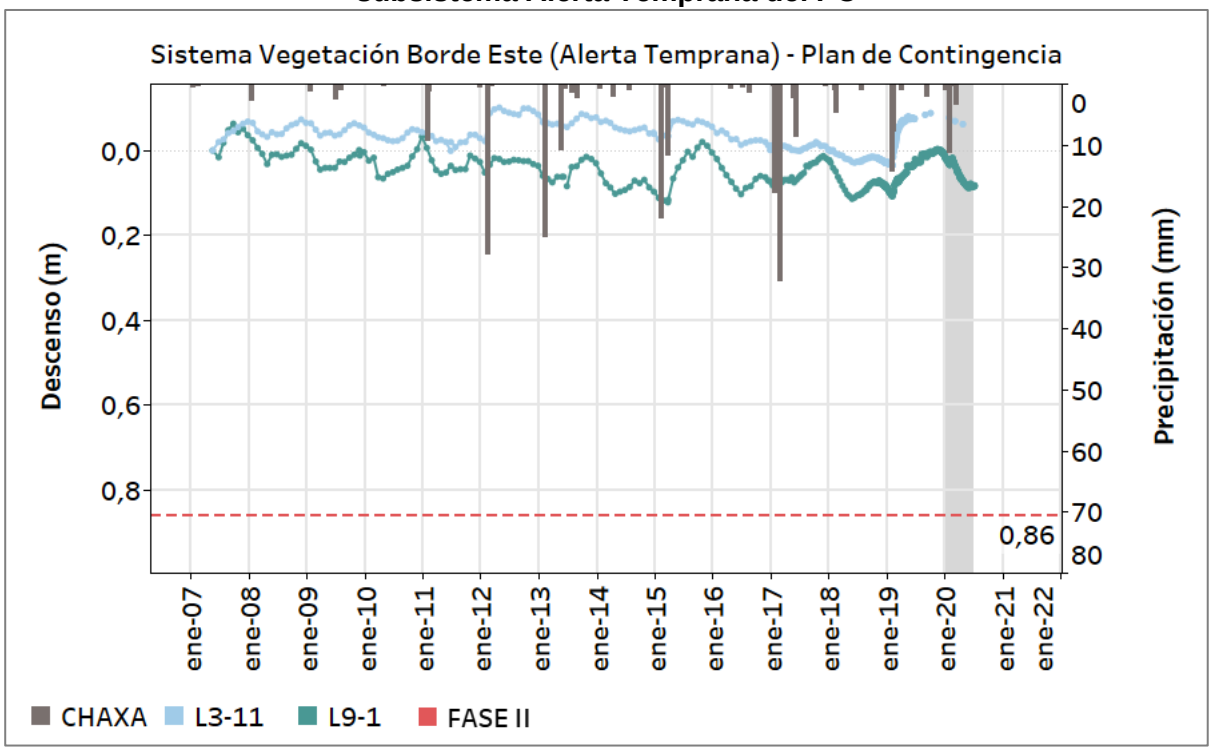
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-138: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-139: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia

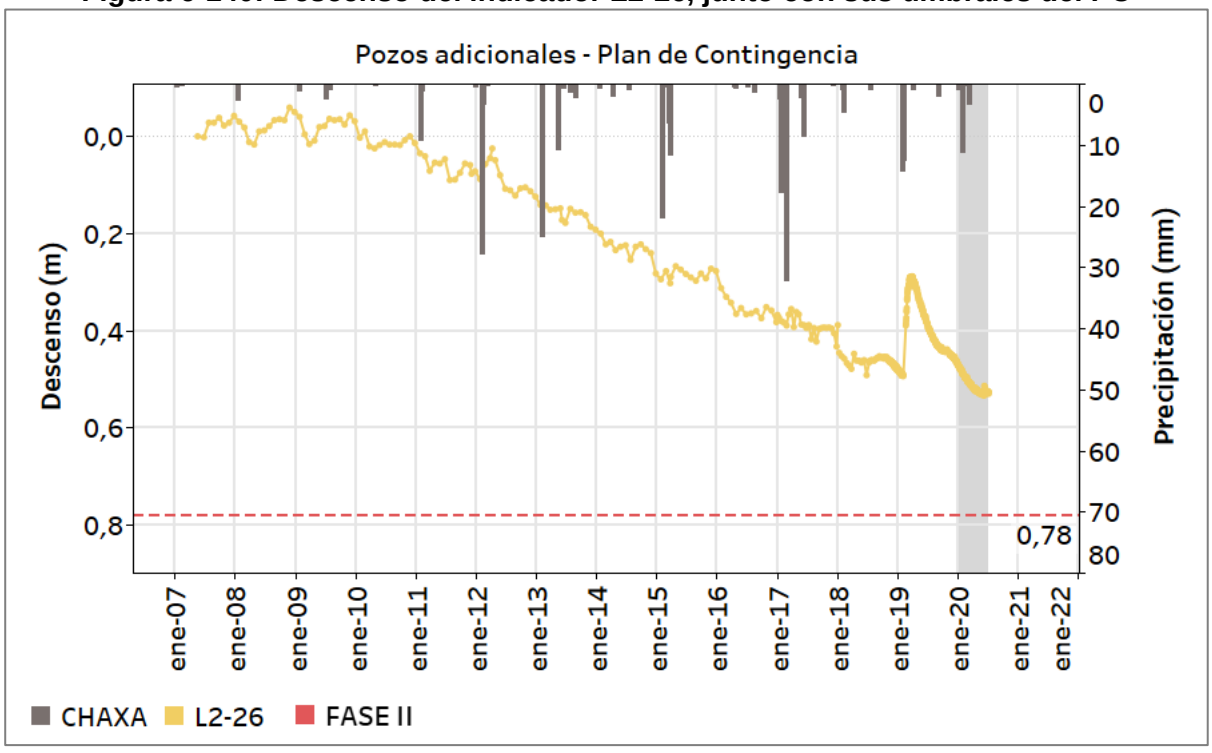
6.3.6. POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIA

Tal como se mencionó en la sección 4.3.8, con el fin de incrementar los resguardos sobre el Sistema Borde Este, SQM ha incluido en forma complementaria al Plan de Contingencia, mediante la misma metodología utilizada en la definición del resto de los pozos que conforman el PC, seis pozos de monitoreo que forman parte del PSAH, como indicadores adicionales a los establecidos en la RCA Nº226/2006. Estos pozos son: L7-14, L4-17, L9-2, L2-25 (asociados al Subsistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex) y L2-26 y L3-15 (asociados al Subsistema Borde Este – Alerta Temprana).

A partir del análisis de los niveles realizado en los apartados anteriores (L7-14, L2-25 y L2-26 en el sistema Soncor, L4-17 y L3-15 en el sistema Aguas de Quelana y L9-2 en el de Vegetación Borde Este) se puede extraer que el único con un comportamiento asociado netamente al acuífero aluvial es el L2-26 (Figura 6-140) ya que muestra tendencia al descenso sin oscilaciones

estacionales. La tasa de descenso se ha visto disminuida a partir de 2018 debido quizás a la detención del pozo Camar-2 en esa fecha. Para el pozo L2-26 se define únicamente el límite para la activación de Fase II. Éste corresponde a un descenso de 0,78 m, el que nunca ha sido superado. El mayor descenso se registra al finalizar el actual periodo de reporte (junio 2020), el cual sitúa el nivel a 25,5 cm del umbral. Es necesario observar la tendencia que el indicador registre en los próximos meses, para evaluar si la pendiente efectivamente se suaviza. En cualquier caso, no se prevé que en el próximo semestre el indicador active el PC.

Figura 6-140: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales del PC

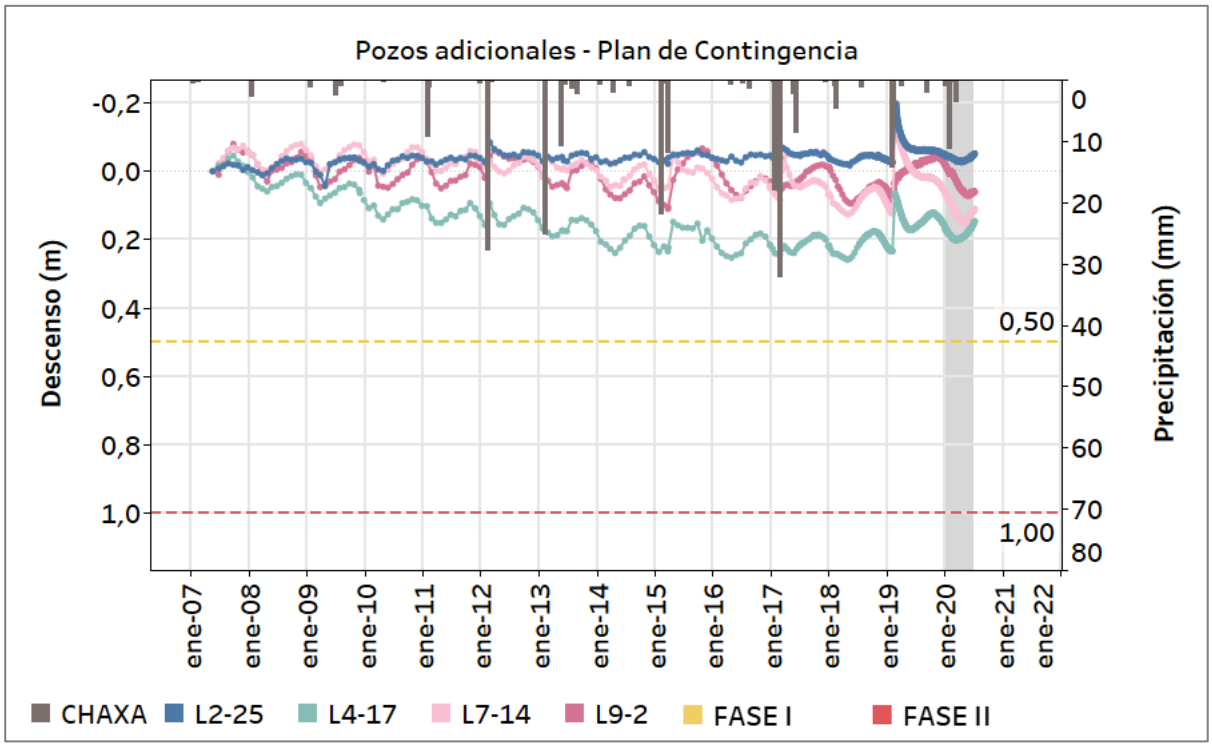


Fuente: Elaboración propia

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 6-141 se grafican los descensos históricos del L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2. Para este grupo de pozos, 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 corresponde al L4-17, alcanzando un descenso

máximo de 0,26 m durante el día 20 de abril de 2018. Por lo que no se prevé que ninguno de estos puntos active ninguna de las fases en el próximo semestre (segundo de 2020) si se mantiene la tendencia histórica descrita.

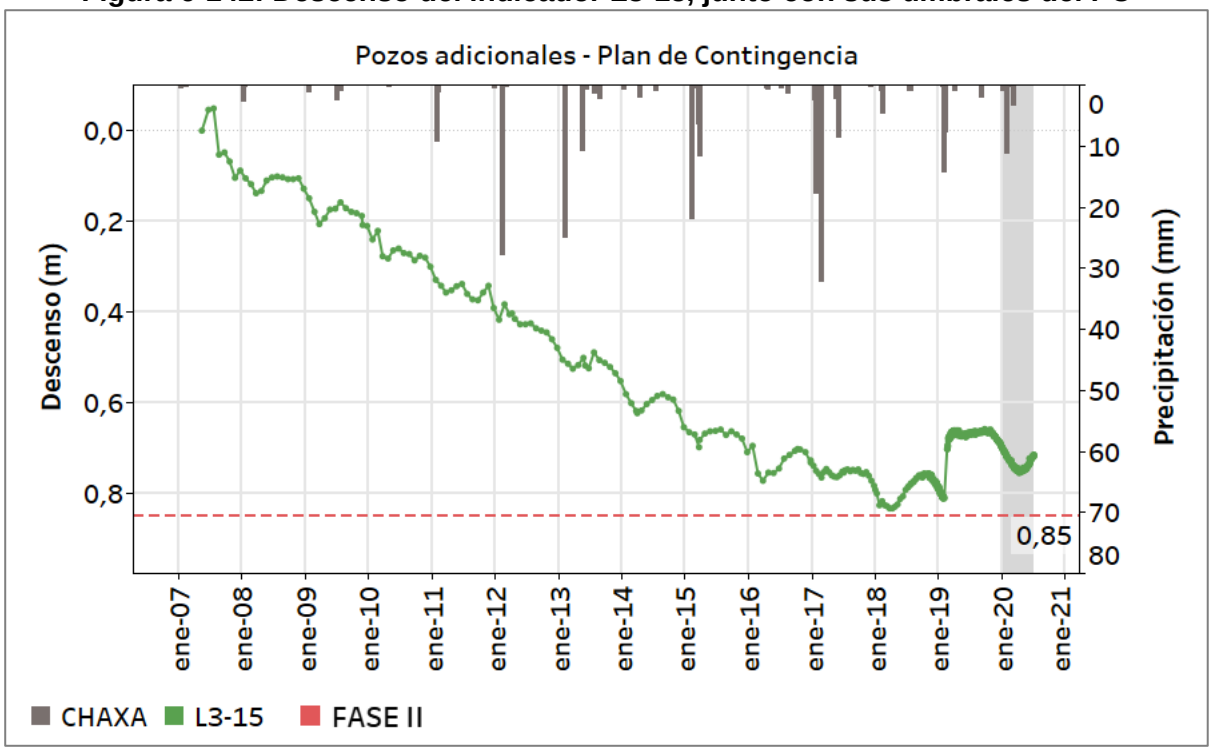
Figura 6-141: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al pozo L3-15 (Figura 6-142), 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 2016, asociado a la detención del pozo Camar-2 (en 2018) 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.

Figura 6-142: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales del PC



Fuente: Elaboración propia

6.3.7. INDICADORES DE ESTADO SISTEMA PEINE

Tal como se especifica en el PdC presentado a la SMA, se comprometió aplicar los umbrales de activación de Fase I y/o II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA Nº226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA Nº21/16[86].

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

[86] 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.

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 2020 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. Para este primer semestre de 2020 no se ha efectuado el cambio de escalón.

El pozo 1028 se encuentra cercano al punto de desborde de Interna, pero según el análisis efectuado con el resto de los pozos del PSAH del sistema Peine, este punto muestra un comportamiento relacionado con el núcleo (sección 6.2.4). Para el actual periodo reportado, el umbral de Fase I es de 2.299,40 m.s.n.m. y de Fase II 2.299,22 m.s.n.m. Durante este semestre se ha medido el descenso esperado para los pozos del tipo Núcleo una vez pasada la precipitación de 2019. Según la tendencia observada, es posible que en los próximos meses active la Fase I (tal y como sucedió en 2018), si no es que se produce un levantamiento de los niveles producto de otro evento de lluvia.

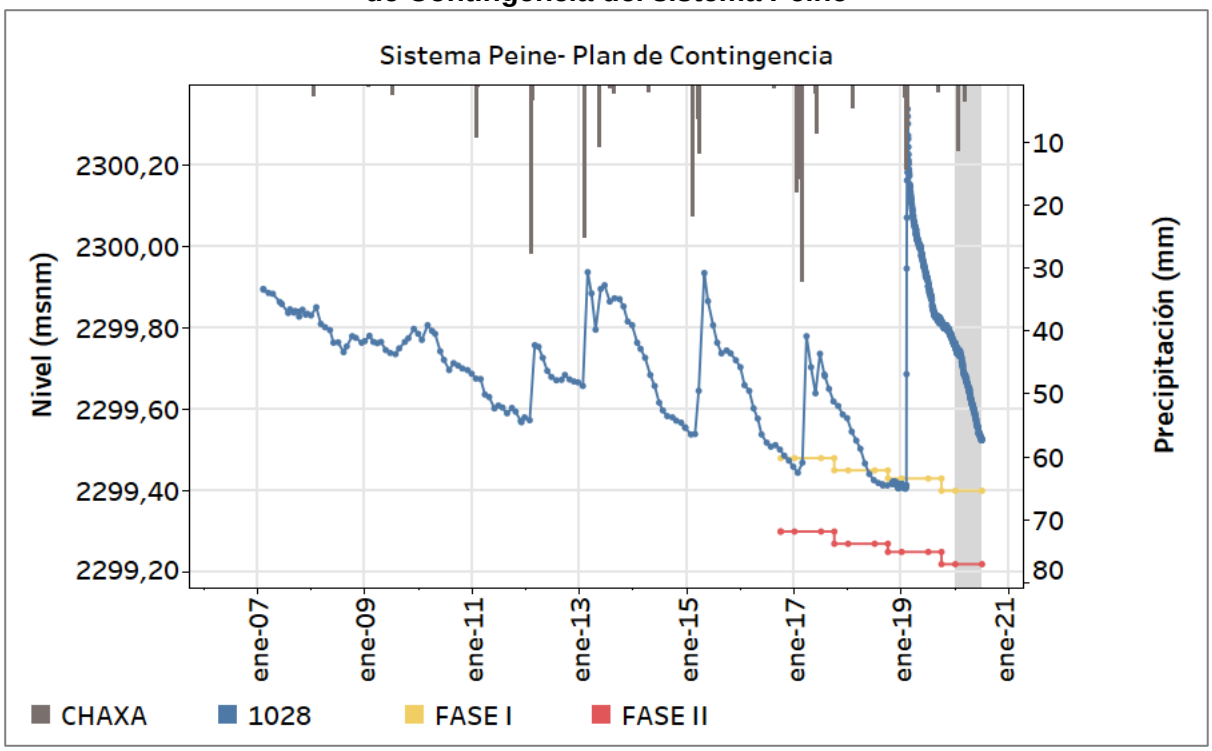
El indicador L10-11 (Figura 6-144) también se encuentra en el núcleo, con el consecuente patrón de comportamiento de nivel, igual que el anterior pozo descrito (1028). Para el actual periodo reportado, el umbral de Fase I es de 2.299,35 m.s.n.m. y de Fase II 2.299,14 m.s.n.m. El comportamiento observado en este pozo es análogo al 1028, también por tanto la previsión en cuanto a su posible activación de Fase I.

Por su parte, el L10-4 (Figura 6-145) se encuentra en el extremo de la zona marginal, cercano al núcleo, por lo que, a partir del análisis de niveles, se ha podido ver que este punto muestra un comportamiento transicional entre la zona marginal y el núcleo, pero, dada su ubicación, registran variaciones muy similares al resto de puntos caracterizados como Núcleo. Para el actual periodo reportado, el umbral de Fase I es de 2.299,73 m.s.n.m. y de Fase II 2.299,55 m.s.n.m.

El descenso de cota de los umbrales para este punto es desde los 2.299,76 a los 2.299,73 m s.n.m. para la Fase I y desde los 2.299,58 a los 2.299,55 m s.n.m. para la Fase II. De la misma

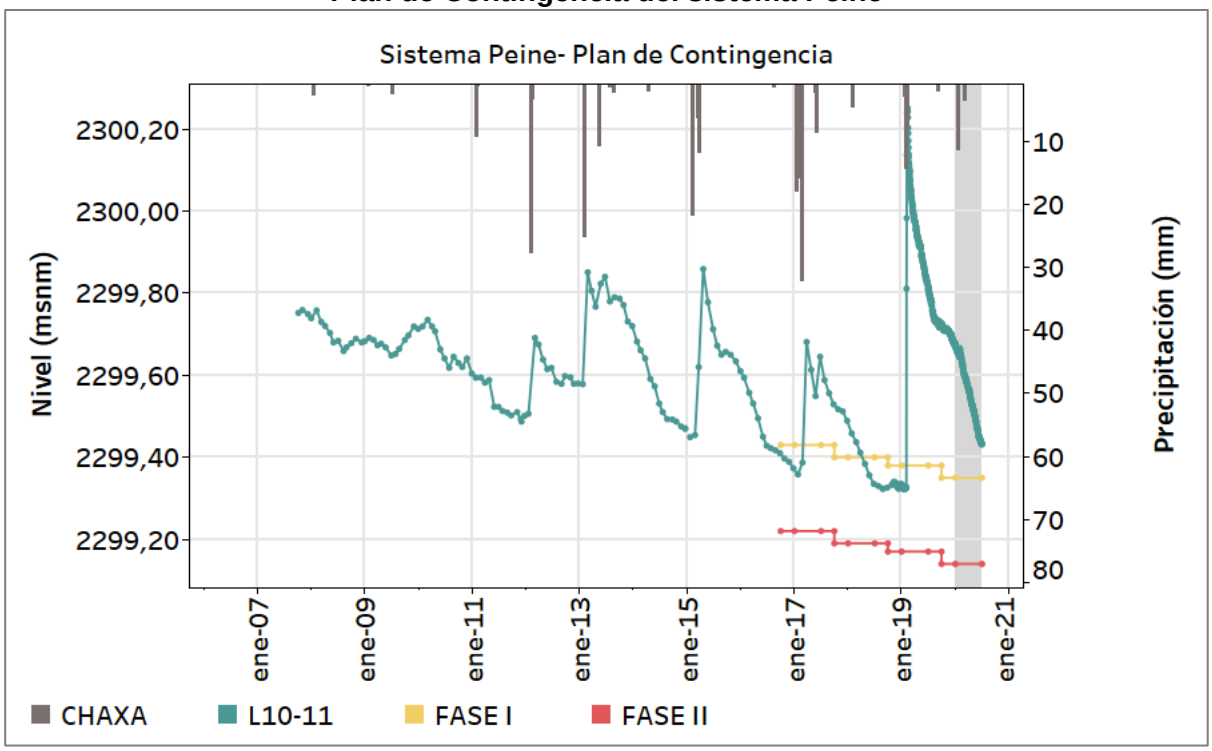
forma que ocurre con los anteriores indicadores, se prevé que el nivel alcance de nuevo el umbral de Fase I si no se produce ningún nuevo episodio de lluvia.

Figura 6-143: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



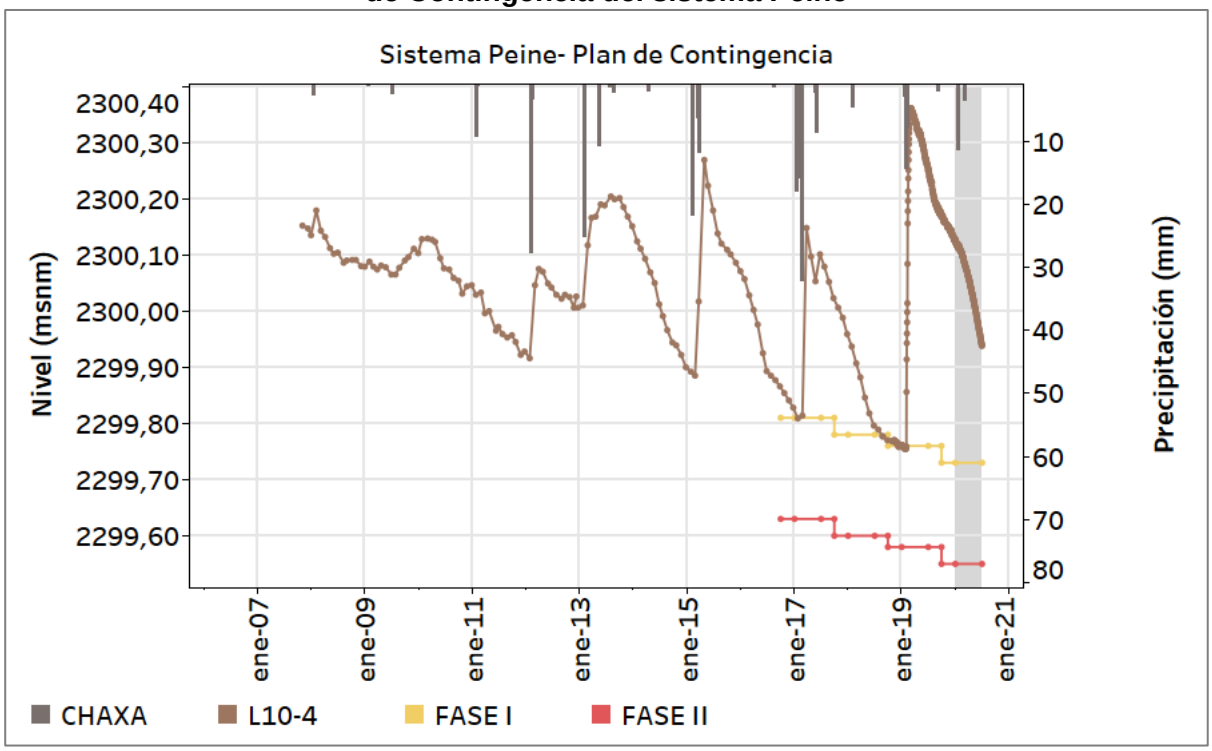
Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

Figura 6-144: 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 6-145: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia. Sistema referencia WGS-84.

7. CONCLUSIONES

El PSAH asociado a la RCA 226/2006 abarca una gran extensión espacial, con 225 puntos de monitoreo en los que se registran 35 parámetros, con diferente frecuencia de medición en función del punto, de la variable y del parámetro objeto de control (desde medición continua a frecuencia anual). El PSAH permite monitorear el comportamiento hidrogeológico del Salar de Atacama, entregando información clave para, por un lado, el resguardo de los sistemas lacustres y vegetativos y por otro, para mejorar el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de la cuenca, información con la que se nutren las actualizaciones del modelo numérico hidrogeológico comprometidas en la RCA indicada anteriormente.

Durante el periodo semestral reportado, comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio del año 2020, 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. Para este primer semestre de 2020, se ha sumado además los efectos producidos por la pandemia mundial del COVID-19, que ha complicado todavía más la ejecución del seguimiento previsto.

A continuación, se describen las principales conclusiones de las variables de seguimiento y del estado del Plan de Contingencias.

<u>De los niveles de agua/salmuera subterránea</u>

En general, para el primer semestre de 2020 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 el ascenso (recuperación) asociado a la precipitación del año 2019. 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 los pozos de agua industrial Allana y Mullay-1 (al norte del Borde Este). De los puntos efectivamente 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 mínimo estacional esperado para esta época del año.

Se destaca el mínimo histórico registrado en el L2-27, clasificado como Tipo Marginal, y que producto del análisis realizado en el informe de investigación, se ha determinado que actualmente este punto se ve influenciado por la actividad extractiva de los pozos Allana y Camar-2[87].

En otros casos, se han observado algunos cambios en los niveles con posterioridad a la precipitación de 2019 (ejemplo, L3-5 o L3-15). Es necesario en estos casos esperar a las futuras mediciones para evaluar si existen cambios en las tendencias.

Del plan de contingencias

En el sistema Soncor, se han presentado las activaciones de Fase I en el mes de marzo para el L1-G4 Reglilla y en mayo para el L1-5. Esta situación se ha mantenido así hasta el final del periodo reportado. Cabe mencionar que, durante el transcurso del período de elaboración del presente informe, se ha producido la activación de la Fase II, en ambos casos, a inicios del mes de agosto, registrándose niveles sobre umbral de activación a finales del mismo mes, desactivándose el PC. Aunque los detalles de las causas se describirán con más detalle en el informe correspondiente (Nº28), en el informe de investigación correspondiente a la activación de Fase II de estos mismos indicadores en el año 2018 ya se había concluido que dichos indicadores

[87] Sin perjuicio que este pozo de bombeo de agua industrial se encuentra sin funcionamiento desde enero de 2018.

no resultan adecuados para representar el potencial efecto de la extracción de salmuera sobre el sistema lagunar de Soncor; desde entonces ya se pronosticaba una eventual nueva activación.

En el sistema de Vegetación Borde Este – Vegetación Hidromorfa se ha dado la activación de Fase I del indicador L1-17, situado sobre el sector denominado vegas de Carvajal, en el mes de marzo (2020). Esta contingencia se desactivó de forma natural en el mes de junio (2020) producto del ascenso propio de la oscilación estacional característica en esa zona. Por otro lado, respecto del L2-27, situado en el sector vegas de Quelana, se verificó en el mes de abril (2020) la activación de Fase II. En el mes de junio (2020) ya se encontraban desactivadas las Fases I y II, producto del ascenso propio de la oscilación estacional de esa zona. El respectivo informe de investigación concluye que los niveles registrados en este punto de observación se encuentran relacionado con la actividad extractiva de los pozos Camar-2 y Allana.

En el sistema de Vegetación Borde Este – Vegetación Brea Atriplex se mantienen activadas las Fases I (con respecto el anterior semestre reportado) de los indicadores L7-6, L2-7 y L1-3. Los tres indicadores se mantienen en este estado durante todo el primer semestre 2020. En el mes de febrero (2020) se activa la Fase I de los indicadores L3-3 y L2-28, situación que se mantiene durante todo el primer semestre de 2020.

Respecto de los demás sistemas objeto de protección, Aguas de Quelana y Peine, y de los indicadores adicionales (sistema Vegetación Borde Este), no se ha producido ninguna activación de fase. Respecto los indicadores de estado PN-05B y PN-08 del PAT Sector Alerta Núcleo de Albermarle[88], SQM no ha recibido ninguna notificación por parte de la SMA sobre la activación de alguno de ellos.

[88] Asociados a los indicadores de estado, umbrales de activación y medidas de control definidas para el Sistema Peine, en el marco del Programa de Cumplimiento propuesto a la Superintendencia del Medio Ambiente en el procedimiento administrativo sancionatorio F-041-2016, y a las medidas provisionales impuestas por el mismo organismo a través de Resolución Exenta N°1367/2020, de 6 de agosto de 2020, renovadas mediante Res. Ex. 2141/2020, de 28 de octubre de 2020, que disponen la continuidad de parte de las acciones incluidas en el programa de cumplimiento propuesto por SQM Salar S.A

De las variables meteorológicas

El análisis histórico de 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 posterior, y hasta el año 2017, se observa un incremento de estas. Durante el periodo a reportar, se han registrado eventos de precipitación importantes sobre los 10 mm en la estación de Chaxa, no así en la estación KCL.

De la extensión lagunar

Este periodo contempla el análisis de las superficies lacustres de los sistemas Soncor y Peine a través de imagen satelital de alta resolución, que tiene una frecuencia anual. Lo primero que se destaca es que en este semestre no se ha podido disponer de la medición de puntos de control en terreno, hecho que se viene dando desde el anterior análisis (Informe PSAH Nº25), ya que el protocolo de ingreso a RNF (en el caso del sistema Soncor) ha limitado el acceso a estas áreas de una forma que resulta incompatible con los trabajos necesarios. En el caso del sistema Peine, la Comunidad homónima no autorizó el ingreso a estas áreas. Por otro lado, para el actual semestre reportado se debieron efectuar mediciones con estacas perimetrales en los meses de enero y abril, las que no pudieron realizarse. Los motivos son los mismos que en el caso anterior.

De la información que se ha podido obtener de la superficie de cuerpos de agua superficial, estos se muestran en términos generales estables, sin presentar variaciones relevantes ni comportamientos de tendencia de largo plazo.

De los caudales de agua superficial

En cuanto a los aforos de caudal monitoreados en el sistema Soncor, es posible señalar que los registros obtenidos durante el presente periodo se encuentran dentro de los rangos históricos disponibles, sin observarse comportamientos de tendencia que evidencien una alteración del

sistema. Durante el primer semestre de 2020 no fue posible obtener mediciones en el sistema Peine producto de restricciones de acceso por parte de la Comunidad.

De la calidad química de aguas superficiales y subterráneas

En relación a la calidad físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, y en base a las mediciones y muestras que se han logrado tomar, es posible concluir que la gran mayoría de los parámetros monitoreados durante el primer semestre del año 2020 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

Las extracciones de agua industrial se han mantenido por debajo de los límites ambientalmente aprobados durante todo el periodo de registro.

No obstante, cabe señalar que el pozo Camar-2 detuvo sus operaciones a partir de enero de 2018, situación que se mantiene durante el presente período. En febrero del presente semestre reportado, se redujo a más de la mitad el caudal del pozo Mullay-1; de los 40 L/s otorgados, ha estado operando a partir de este mes sobre los 18 L/s. En el mismo mes se detuvo la operación del pozo Allana. Este régimen de explotación se mantuvo durante todo el resto del primer semestre de 2020.

El resto de los pozos han mantenido su régimen habitual de extracción.

De la posición de la cuña salina

Finalmente, respecto al monitoreo de la cuña salina, el comportamiento en los piezómetros de control de esta variable permite evidenciar una interfaz 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.

Fetter Charles Willard Applied Hydrogeology [Libro]. - New Jersey : Prentice Hall, 2001.

IDAEA-CSIC Informe de Efectividad de Acción [Informe]. - Barcelona : [s.n.], 2018.

IDAEA-CSIC Informe de Investigación producto de la activación del plan de contingencia en los puntos L1-5 y reglilla L1-G4 [Informe]. - Barcelona : [s.n.], 2018.

Marazuela M. A [y otros] 3D mapping, hydrodynamics and modelling of the freshwater-brine mixing zone in salt flats similar to the Salar de Atacama (Chile) [Publicación periódica] // Journal of Hydrology 561. - 2018. - págs. 223–235.

SGA Soluciones en Gestión Ambiental Estudio hidrogeológico y modelo numérico Sector Sur del Salar de Atacama (Anexo 1). Estudio de Impacto Ambiental proyecto "Modificaciones del Sistema de Pozas de Evaporación solar en el Salar de Atacama de Rockwood Lithium" [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2015.

SQM INFORME Nº 19 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2016.

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 medidición (superior).

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).

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.