

SQM SALAR S.A.

**INFORME N°26 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL
HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS
DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA**

**INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A
DICIEMBRE DE 2019**



ÍNDICE

1.	RESUMEN.....	24
1.1.	SISTEMA SONCOR	28
1.2.	SISTEMA AGUAS DE QUELANA	31
1.3.	SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE.....	33
1.4.	SISTEMA PEINE	34
1.5.	SECTOR VEGAS DE TILOPOZO.....	37
1.6.	NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA.....	38
1.7.	CUÑA SALINA	39
2.	INTRODUCCIÓN.....	40
3.	OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 44	
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	45
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	45
4.1.1.	Descripción general del área de estudio	45
4.1.2.	Descripción de los sistemas objeto del PSAH.....	45
4.2.	PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES.....	50
4.3.	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO.....	52
4.3.1.	Sistema Soncor	54
4.3.2.	Sistema Aguas de Quelana	61
4.3.3.	Sistema Vegetación Borde Este	65

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 pozos.....	86
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.....	90
4.4.5.	Monitoreo de caudal de pozos DE bombeo de agua industrial	91
4.4.6.	Monitoreo manual de caudal superficial (aforos).....	92
4.4.7.	Monitoreo continuo de caudal superficial (aforos)	93
4.4.8.	Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas	93
4.4.9.	Perfilaje de conductividad eléctrica en pozos.....	100
4.4.10.	Medición Meteorología	100
4.5.	FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS	101
4.6.	INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS	101
4.7.	EVENTOS POSTERIORES AL PERÍODO REPORTADO	104
5.	RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE DE 2019.....	107
5.1.	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO.....	108
5.1.1.	Resumen de puntos no visitados	110
5.1.2.	Sistema Soncor	113
5.1.3.	Sistema Aguas de Quelana	160

5.1.4.	Sistema Vegetación Borde Este	184
5.1.5.	Sistema Peine	197
5.1.6.	Sector Vegas de Tilopozo.....	208
5.1.7.	Núcleo del Salar de Atacama	211
5.1.8.	Cuña Salina.....	222
5.2.	MONITOREO Y ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS	231
5.2.1.	Sistema Soncor	5-234
5.2.2.	Sistema Aguas de Quelana	5-238
5.2.3.	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa	5-240
5.2.4.	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex.	5-242
5.2.5.	Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-244
5.2.6.	Sistema Peine	5-248
5.2.7.	Pozos adicionales al Plan de Contingencias.....	5-251
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	6-256
6.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CALIDAD HISTÓRICOS.....	6-256
6.1.1.	Relación CE-STD-densidad.....	6-256
6.1.2.	Nitrógeno-nitrato y fósforo-fosfato.....	6-260
6.2.	ANÁLISIS DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL	6-263
6.2.1.	Sistema Soncor	6-265
6.2.2.	Sistema Aguas de Quelana	6-329
6.2.3.	Sistema Vegetación Borde Este	6-363
6.2.4.	Sistema Peine	6-371
6.2.1.	Sector Vegas de Tilopozo.....	6-394
6.2.2.	Núcleo del Salar de Atacama	6-396

6.2.3.	Cuña Salina.....	407
6.3.	ANÁLISIS DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....	415
6.3.1.	Sistema Soncor.....	415
6.3.2.	Sistema Aguas de Quelana.....	419
6.3.3.	Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa.....	422
6.3.4.	Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex.....	424
6.3.5.	Sistema Borde Este - Alerta Temprana.....	427
6.3.6.	Pozos Adicionales al Plan de Contingencia.....	430
6.3.7.	Indicadores de estado Sistema Peine.....	433
7.	CONCLUSIONES.....	437
8.	REFERENCIAS.....	441
9.	GLOSARIO Y ABREVIACIONES.....	442
10.	ANEXOS.....	444

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación de los sistemas objeto de seguimiento del PSA Hidrogeológico	48
Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama	50
Figura 4-3: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH.....	53
Figura 4-4: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor	55
Figura 4-5: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente San Luis.....	61
Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.....	62
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 sector 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 de la Cuña Salina	80
Figura 4-12: Ubicación puntos del PC y pozos de bombeo de agua industrial.....	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 para la medición de la superficie lagunar en el PSAH.....	90
Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor (WGS-84).....	118
Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial (WGS-84)	119
Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar (WGS-84).....	122
Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84).....	124
Figura 5-5: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez (WGS-84).....	129
Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez (WGS-84).....	129
Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Barros Negros Sur (WGS-84).....	132

Figura 5-8: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84).....	132
Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84).....	133
Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor (WGS-84)	135
Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor - Subsector descarga Cola de Pez (WGS-84).....	137
Figura 5-12: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor - Subsector norte (WGS-84).....	137
Figura 5-13: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis (WGS-84)	139
Figura 5-14: Nivel observado de las lagunas (m s.n.m.) del Sistema Soncor (WGS-84).....	140
Figura 5-15: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el segundo semestre de 2019	142
Figura 5-16: Caudal medio mensual bombeado desde el Sistema Soncor.....	144
Figura 5-17: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor.....	148
Figura 5-18: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay y Allana.....	150
Figura 5-19: Resultados monitoreo ALS en laguna Barros Negros.....	152
Figura 5-20: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros	154
Figura 5-21: (Continuación) Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros	155
Figura 5-22: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor.....	157
Figura 5-23: Medidas manuales y continuas realizadas en los puntos de aforo del sistema Soncor	159
Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana (WGS-84).....	164
Figura 5-25: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana (WGS-84).....	164

Figura 5-26: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84).....	166
Figura 5-27: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)	167
Figura 5-28: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Socaire-5B (WGS-84).....	169
Figura 5-29: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – oeste de lagunas difusas, zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)	171
Figura 5-30: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – oeste lagunas difusas, zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)	173
Figura 5-31: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana (WGS-84).....	174
Figura 5-32: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal de las reglillas del Sistema Soncor (WGS-84).....	176
Figura 5-33: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana.....	178
Figura 5-34: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana.....	180
Figura 5-35: Resultados del análisis fisicoquímico en Camar- 2 y Socaire-5B.....	182
Figura 5-36: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana.....	184
Figura 5-37: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84).....	188
Figura 5-38: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este – zona aledaña al pozo CA-2015 (WGS-84).....	188
Figura 5-39: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84).....	189
Figura 5-40: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84).....	191
Figura 5-41: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este.....	192
Figura 5-42: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015	195
Figura 5-43: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Vegetación Borde Este.....	197

Figura 5-44: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine (WGS-84)	200
Figura 5-45: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine (WGS-84)	202
Figura 5-46: Resultados de calidad del agua en pozos del Sistema Peine	205
Figura 5-47: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine	207
Figura 5-49: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo (WGS-84)	210
Figura 5-50: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del Vegas de Tilopozo (WGS-84)	211
Figura 5-51: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo (WGS-84) ..	214
Figura 5-52: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo (WGS-84) ..	216
Figura 5-53: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo (WGS-84) ..	217
Figura 5-54: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2019	218
Figura 5-55: Resultados calidad del agua Sistema Núcleo del Salar de Atacama	221
Figura 5-56: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Núcleo	222
Figura 5-57: Nivel observado (m s.n.m.) en pozos de la Cuña Salina	225
Figura 5-58: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2019 ..	226
Figura 5-59: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a diciembre de 2019	227
Figura 5-60: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes	5-236
Figura 5-61: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L7-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes	5-236
Figura 5-62: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes	5-237
Figura 5-63: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes	5-237
Figura 5-64: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes	5-240
Figura 5-65: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC del	5-242

Figura 5-66: Descenso observado (m) en los pozos del PC del Sistema Borde Este Vegetación Brea-Atriplex junto con los umbrales correspondientes	5-244
Figura 5-67: Descensos observados (m) en el indicador de estado L4-3 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente	5-246
Figura 5-68: Descensos observados (m) en el indicador de estado L2-25 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente	5-246
Figura 5-69: Descensos observados (m) en el indicador de estado L7-13 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente	5-247
Figura 5-70: 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	5-247
Figura 5-71: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine	5-250
Figura 5-72: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine	5-250
Figura 5-73: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado 1028 del Sistema Peine	5-251
Figura 5-74: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex	5-254
Figura 5-75: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana	5-254
Figura 5-76: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana	5-255
Figura 6-1: Resultados históricos del análisis de STD y ST para los puntos de salmuera	6-258
Figura 6-2: Resultados históricos del análisis de CE y densidad para los puntos de salmuera...	6-259
Figura 6-3: Mapa de distribución de los puntos de salmuera con monitoreo de CE, STD, ST y densidad	6-260
Figura 6-4: Niveles medidos a partir de 2007 en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Soncor	6-267
Figura 6-5: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial	6-267

Figura 6-6: Niveles medidos desde 2007 en los pozos de agua industrial que se encuentran en el acuífero aluvial del sistema Soncor	6-268
Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar.....	6-269
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puente San Luís.....	6-270
Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa	6-271
Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros ..	6-272
Figura 6-11: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros	6-273
Figura 6-12: Niveles medidos en los pozos ubicados en la zona más marginal más cercanos al acuífero aluvial	6-275
Figura 6-13: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona más marginal más cercanos al acuífero aluvial	6-275
Figura 6-14: Niveles medidos en los pozos asociados al comportamiento marginal.....	6-277
Figura 6-15: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal....	6-277
Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L7-10 y L7-11)	6-279
Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15 y L1-16)	6-279
Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10)	6-280
Figura 6-19: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-4, L1-7 y L2-5)	6-280
Figura 6-20: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez.....	6-282
Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez.....	6-283
Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1)	6-285

Figura 6-23: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2)	6-286
Figura 6-24: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor	6-287
Figura 6-25: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor	6-288
Figura 6-26: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor....	6-289
Figura 6-27: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor.....	6-290
Figura 6-28: Meteorología Estación Chaxa.....	292
Figura 6-29: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)	6-293
Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4.....	6-295
Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4.....	6-296
Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5.....	6-297
Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6.....	6-298
Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3.....	6-299
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5.....	6-300
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3.....	6-301
Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7 (L2-6)	6-302
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14	6-303
Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en el L1-G4 Reglilla	6-304
Figura 6-40: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-G1	6-305
Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1	6-308
Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana.....	6-311
Figura 6-43: Diagrama de Piper para los puntos Mullay y Allana.....	6-314
Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto	6-316
Figura 6-45: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa	6-318
Figura 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros.....	6-321
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar.....	6-324
Figura 6-48: Diagrama de Piper para las lagunas del sistema Soncor.....	6-326

Figura 6-49: concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros	6-327
Figura 6-50: Evolución del registro histórico de caudales aforados en las estaciones de Barros Negros y Puente San Luis	6-328
Figura 6-51: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana.....	6-330
Figura 6-52: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana.....	6-331
Figura 6-53: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial.....	6-332
Figura 6-54: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana	6-333
Figura 6-55: Descensos calculados de los puntos del sistema Aguas de Quelana que muestran un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial.....	6-334
Figura 6-56: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana	6-335
Figura 6-57: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13).....	6-337
Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3)	6-337
Figura 6-59: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L4 y L14).....	6-338
Figura 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5)	6-338
Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13)	6-340
Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3)	6-340
Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14)	6-341
Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4)	6-341

Figura 6-65: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5)	6-342
Figura 6-66: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana	6-343
Figura 6-67: Caudal Bombeado del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)	6-344
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3	6-346
Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6	6-347
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8	6-348
Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9	6-349
Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12	6-350
Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3	6-351
Figura 6-74: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10	6-352
Figura 6-75: Diagrama Piper para las muestras con balance de cargas <10% en L4-10	6-355
Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2	6-357
Figura 6-77: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B ...	6-359
Figura 6-78: Diagrama de Piper para las muestras con BI<10% colectadas en Camar-2 y Socaire-5B.	6-362
Figura 6-79: Niveles medidos en el pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este	6-363
Figura 6-80: Niveles medidos en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este	6-364
Figura 6-81: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este	6-365
Figura 6-82: Caudal bombeado - Sistema Borde Este (Zona Aluvial)	6-365
Figura 6-83: 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)	6-368
Figura 6-84: Diagrama de Piper de muestras con BI <10% para los puntos P2 (hasta enero de 2017) y CA-2015 (desde abril de 2017)	6-371
Figura 6-85: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine	6-372
Figura 6-86: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo	6-373

Figura 6-87: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine.....	6-374
Figura 6-88: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine.....	6-375
Figura 6-89: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Peine	6-376
Figura 6-90: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1	6-378
Figura 6-91: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4.....	6-379
Figura 6-92: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028	6-380
Figura 6-93: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada.....	6-381
Figura 6-94: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita	6-383
Figura 6-95: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna.....	6-385
Figura 6-96: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10%	6-388
Figura 6-97: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna.....	6-389
Figura 6-98: Evolución del registro histórico de caudales aforados en las estaciones de Salada y Saladita	6-391
Figura 6-99 Estaciones de aforo de SQM y ALB en el sector del Sistema Lagunar de Peine	6-393
Figura 6-100: Niveles medidos en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo	6-395
Figura 6-101: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo.....	6-395
Figura 6-102: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo.....	6-396
Figura 6-103: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar	6-397
Figura 6-104: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle	6-399
Figura 6-105: 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	6-399
Figura 6-106: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar....	6-400
Figura 6-107: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar	6-401

Figura 6-108: Descensos calculados para los puntos ubicados en el sector norte del núcleo del salar	6-402
Figura 6-109: Estación Meteorológica KCL	6-404
Figura 6-110: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C	406
Figura 6-111: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001	406
Figura 6-112: Niveles medidos en los pozos que miden la cuña salina	408
Figura 6-113: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina	408
Figura 6-114: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, cuña 2 y Cuña 3. (De arriba abajo ordenados según dirección este)	410
Figura 6-115: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)	412
Figura 6-116: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección suroeste - sureste)	413
Figura 6-117: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84)	416
Figura 6-118: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84).....	417
Figura 6-119: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84).....	418
Figura 6-120: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84).....	419
Figura 6-121: 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.....	420
Figura 6-122: Descensos de los indicadores de Aguas de Quelana para el bombeo de salmuera del núcleo junto con los umbrales del Plan de Contingencia	422
Figura 6-123: Descensos de los indicadores de Vegetación Hidromorfa junto con los umbrales del Plan de Contingencia	423
Figura 6-124: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales	425
Figura 6-125: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales	426

Figura 6-126: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia.....	428
Figura 6-127: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia.....	429
Figura 6-128: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia.....	429
Figura 6-129: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC	430
Figura 6-130: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales	431
Figura 6-131: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales	432
Figura 6-132: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales	433
Figura 6-133: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine	435
Figura 6-134: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine	436
Figura 6-135: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine	436

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe	43
Tabla 2-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia	43
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección.....	49
Tabla 4-2: Parámetros considerados en PSAH	51
Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor.....	56
Tabla 4-4: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua.....	60
Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana	63
Tabla 4-6: Detalle de los parámetros que se incluyen en la variable de calidad del agua.....	65
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 sector 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 de la 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: Materiales y equipos para llevar a cabo el muestreo de aguas superficiales y subterráneas	94
Tabla 4-18: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas	95
Tabla 4-19: Etapas de muestreo en puntos subterráneos y superficiales	96
Tabla 5-1: Resumen de autorizaciones a RNF	112
Tabla 5-2: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor	114
Tabla 5-3: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor (WGS-84).....	118
Tabla 5-4: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar (WGS 84) .	121
Tabla 5-5: registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)	123

Tabla 5-6: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (WGS-84)	125
Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez (WGS-84)	127
Tabla 5-8: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84)	131
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)..	133
Tabla 5-10: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor (WGS-84)	134
Tabla 5-11: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor (WGS-84).....	136
Tabla 5-12: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor – subsector del punto Puente San Luis (WGS-84)	138
Tabla 5-13: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor (WGS-84).....	140
Tabla 5-14: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa.....	141
Tabla 5-15: Caudal medio mensual bombeado Sistema Soncor para el segundo semestre de 2019.....	143
Tabla 5-16: Resultados calidad del agua Sistema Soncor primer semestre de 2019.....	147
Tabla 5-17: Resultados calidad del agua en pozos de extracción para el primer semestre de 2019	149
Tabla 5-18: Resultados monitoreo ALS en laguna Barros Negros.....	151
Tabla 5-19: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros	153
Tabla 5-20: Resultados validación Soncor.....	156
Tabla 5-21: Resultados aforos manuales Barros Negros y Puente San Luis	158
Tabla 5-22: Estadígrafos medición caudal continuo Puente San Luis.....	158
Tabla 5-23: Superficie lacustre segundo semestre de 2019	160
Tabla 5-24: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana	161
Tabla 5-25: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana (WGS-84).....	163
Tabla 5-26: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Socaire-5B (WGS-84).....	168

Tabla 5-27: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona oeste lagunas difusas, aledaño al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)	170
Tabla 5-28: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona oeste lagunas difusas, aledaño al pozo de extracción Socaire-5B (WGS-84)	172
Tabla 5-29: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana (WGS-84)	174
Tabla 5-30: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana (WGS-84)	175
Tabla 5-31: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana para el segundo semestre de 2019.....	177
Tabla 5-32: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana.....	179
Tabla 5-33: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B y Camar-2	181
Tabla 5-34: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana	183
Tabla 5-35: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Vegetación Borde Este	185
Tabla 5-36: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)...	187
Tabla 5-37: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)	190
Tabla 5-38: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este para el segundo semestre de 2019	192
Tabla 5-39: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015	194
Tabla 5-40 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este.	196
Tabla 5-41: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine	198
Tabla 5-42: Registro de niveles zona marginal del sistema Peine (WGS-84)	199
Tabla 5-43: Registro de niveles zona núcleo del sistema Peine (WGS-84)	201
Tabla 5-44: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine (WGS-84)	203
Tabla 5-45: Resultados calidad del agua pozo 1028 primer semestre de 2019	204
Tabla 5-46 Resultados de la validación en el sistema Peine.	206
Tabla 5-47: Resultados aforos manuales Saladita y Salada	208
Tabla 5-48: Superficies lacustres sistema Peine segundo semestre de 2019.....	208
Tabla 5-49: Resumen de puntos no visitados en el sector de Vegas de Tilopozo.....	209
Tabla 5-50: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo (WGS-84).....	209
Tabla 5-51: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo (WGS-84)	210
Tabla 5-52: Resumen de puntos no visitados en el núcleo del Salar de Atacama	212
Tabla 5-53: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo (WGS-84)	213

Tabla 5-54: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo (WGS-84)	215
Tabla 5-55: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo (WGS-84)	216
Tabla 5-56: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura en la estación meteorológica de KCL	217
Tabla 5-57: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama.....	220
Tabla 5-58: Resumen de puntos no visitados en el área de la Cuña salina	223
Tabla 5-59: Registra de niveles en pozos de la zona marginal de la Cuña Salina	224
Tabla 5-60: Registro de CE para los pozos Cuña 1 y Cuña 2 a diciembre de 2019.....	228
Tabla 5-61: Registro de CE para el pozo Cuña 3 a diciembre de 2019	229
Tabla 5-62: Registro de CE para el pozo L4-3 a diciembre de 2019.....	230
Tabla 5-63: Registro de CE para el pozo Cuña 4 a diciembre de 2019	231
Tabla 5-64: Sistemas objeto del PC e instancia que define cada uno.....	232
Tabla 5-65: Estado del Plan de Contingencias	233
Tabla 5-65: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes	5-235
Tabla 5-66: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes	5-239
Tabla 5-67: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC del	5-241
Tabla 5-68: Descenso observado (m) en los pozos del PC del Sistema Borde Este Vegetación Brea-Atriplex junto con los umbrales correspondientes	5-243
Tabla 5-69: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes	5-245
Tabla 5-70: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado del Sistema Peine.....	5-249
Tabla 5-71: Indicadores de estado adicionales al Plan de Contingencias.....	5-252
Tabla 5-72: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este.....	5-253
Tabla 6-1 Analitos medidos N- NO3 o NO3 en muestras de lagunas	6-262
Tabla 6-2 Analitos medidos P- PO4 o PO4 en muestras de lagunas	6-262
Tabla 6-3 Analitos medidos N- NO3 o NO3 en muestras de L4-10.....	6-262
Tabla 6-4 Analitos medidos P- PO4 o PO4 en muestras de L4-10	6-262
Tabla 6-5 Registros mínimos y máximos caudal superficial en Sistema Soncor	6-328

Tabla 6-6: Registros mínimos y máximos de caudal superficial en Sistema Peine 6-391
Tabla 6-7: Tramos ranurados en puntos con medición de perfil de CE..... 409

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	<i>Instructivos y procedimientos</i>	pdf
Anexo 3.2	<i>Certificaciones y calibraciones de equipos utilizados</i>	pdf
Anexo 4	INFORMES ETFA NIVELES Y AFOROS	
Anexo 5	COMUNICACIONES, ORDINARIOS Y RESOLUCIONES	
Anexo 5.1	<i>Cartas CONAF con permisos de acceso a RNF</i>	pdf
Anexo 5.2	<i>Cartas informativas activación de fase</i>	pdf
Anexo 5.3	<i>Cartas de comunicación de incidencias</i>	pdf
Anexo 6	MEDICIONES ADICIONALES	
Anexo 6.1	<i>Auditoría interna (Golder Associates)</i>	pdf
Anexo 6.2	<i>Auditoría SMA</i>	pdf
Anexo 7	NIVEL AGUA SUBTERRÁNEA	
Anexo 7.1	<i>Niveles continuos</i>	xls
Anexo 7.2	<i>Planilla Niveles agua subterránea</i>	xls
Anexo 8	NIVEL AGUA SUPERFICIAL	
Anexo 8.1	<i>Niveles continuos</i>	xls
Anexo 8.2	<i>Planilla Niveles agua superficial</i>	xls
Anexo 9	CUÑA SALINA	pdf
Anexo 10	CALIDAD QUÍMICA	
Anexo 10.1	<i>Informes ETFA de calidad</i>	pdf
Anexo 10.2	<i>Cartas laboratorio</i>	pdf
Anexo 10.3	<i>Informe aumento TSD-ST (SRK)</i>	pdf
Anexo 10.4	<i>Planilla Calidad de Agua</i>	xls
Anexo 11	CAUDAL AGUA INDUSTRIAL	xls
Anexo 12	CAUDAL AGUA SUPERFICIAL	xls
Anexo 13	EXTENSIÓN LAGUNAR	
Anexo 13.1	<i>Informe estacas</i>	pdf
Anexo 13.2	<i>Valores extensión lagunar</i>	pdf
Anexo 14	VARIABLES METEOROLÓGICAS	
Anexo 14.1	<i>Relleno de series</i>	pdf
Anexo 14.2	<i>Valores variables meteorológicas</i>	pdf
Anexo 15	ESTRATIGRAFIA Y HABILITACIÓN DE PIEZÓMETROS Y/O POZOS	pdf
Anexo 16	INDICADORES, UMBRALES Y MEDIDAS APLICABLES AL SISTEMA PEINE	
Anexo 16.1	<i>Anexo 4.1 del PdC: Definición de umbrales de activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine</i>	pdf
Anexo 16.2	<i>Anexo 4.2 del PdC: Definición de medidas de control frente a activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine</i>	pdf
Anexo 16.3	<i>Anexo 4.3 del PdC: Monitoreo Plan de Contingencia Ambiental sector Peine</i>	pdf

1. RESUMEN

Mediante el presente informe se reporta y analiza la información del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) que se realiza en el Salar de Atacama, para el período julio 2019 - diciembre de 2019, de acuerdo con los compromisos establecidos en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N°226/2006, cuyo titular es SQM Salar S.A. Dichos compromisos fueron actualizados y ampliados en el Programa de Cumplimiento (PdC) presentado en el marco del procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)¹.

En este informe se presenta tanto los registros obtenidos en el semestre antes referido, así como un análisis de las tendencias históricas para cada uno de los sistemas ambientales objeto del seguimiento ambiental hidrogeológico.

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 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 (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

¹ 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, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

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 posición de la Cuña Salina, en piezómetros de control ubicados en los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Peine.

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

- 196 pozos de monitoreo de nivel;
- 5 pozos de bombeo de agua industrial;
- 18 reglillas para la medición del nivel 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 las intervenciones que se realizan 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.

Las unidades acuíferas asociadas al proyecto de SQM en la cuenca de Salar de Atacama son las siguientes:

- Acuífero aluvial del Borde Este del Salar

- Acuífero de salmuera del Núcleo

En la zona marginal del Salar de Atacama convergen los flujos subterráneos provenientes de las zonas altas de 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 agua se da en la zona marginal del salar, donde debido al contraste de densidades entre la salmuera y el agua dulce/salobre, ésta última asciende, elevándose los niveles freáticos hasta la superficie del terreno, originando la formación de distintos sistemas lagunares y/o humedales y potenciando la descarga por evaporación.

Cabe señalar que la mayoría de los puntos de medición del PSAH se ubican en la zona marginal, justamente donde se encuentran los sistemas ambientales que son objeto de protección. Por otra parte, los caudales de bombeo de salmuera asociados al proyecto se diseñaron de manera que las extracciones no afectaran a los sistemas objeto de protección. Hasta la fecha, se han realizado cuatro aumentos de extracción de salmuera acorde a los escalones de extracción definidos en la RCA. En el período reportado, el proyecto se encuentra en el cuarto escalón, con una extracción total acumulada 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, identificando 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 (Acción 6), la frecuencia de medición de los indicadores de estado del PC pasó de mensual a diaria.

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 Albermarle, junto con los indicadores de estado de SQM, 1028, L10-11 y L10-4 (acciones 19 y 20 del PdC). 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 segundo semestre de 2019, los indicadores de estado definidos han registrado un comportamiento en el PC del proyecto 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 (julio 2019 a diciembre 2019) no se registraron activaciones de Fase II, y tres indicadores (de los 37 que conforman el PC),

correspondientes al sistema Vegetación Brea-Atriplex, registraron activaciones de Fase I, adoptándose en todos los casos las acciones de control comprometidas:

- i. **L7-6**; Se mantiene en Fase I durante todo el periodo reportado
- ii. **L1-3**; Activa Fase I en noviembre de 2019 y se mantiene en Fase I durante todo el periodo reportado
- iii. **L2-7**; Activa Fase I en diciembre de 2019.

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 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 la reglilla L1-G4 y el pozo L1-5, continuaron con el cambio de comportamiento que se ha observado desde el año 2012, pasando de una oscilación estacional sin una tendencia definida, a un periodo en que los niveles sufren ascensos repetidos influenciados por eventos de precipitación mayores a 10 mm, acompañado de una tendencia al descenso. Lo anterior se verifica toda vez que, en el semestre

anterior, el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4 salieron de su condición de Fase (I y II), debido al ascenso de los niveles observados luego de los eventos de precipitación ocurridos a finales de enero de 2019.

Cabe señalar que los resultados de los análisis durante la etapa de investigación efectuada con motivo de la activación de Fase II en los indicadores de estado Reglilla L1-G4 y Pozo 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 salar, por lo que los actuales indicadores de estado, el L1-5 y L1-G4 Reglilla, no son eficaces para anticipar potenciales efectos sobre el sistema objeto de protección producto de las extracciones de salmuera en el núcleo, siendo recomendable modificar dichos indicadores de estado por otros más idóneos para este fin².

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 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).

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.

Para los indicadores de estado del sector descarga Cola de Pez, se tiene que sus niveles se encuentran regidos por los eventos de desborde de la laguna de Barros Negros. Los cambios

² Informe de investigación asociado a la activación de los indicadores L1-5 y L1-G4 Reglilla en 2018 (IDAEA-CSIC, 2018).

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 a un comportamiento regido por los eventos de precipitación.

Por último, los pozos ubicados en el sector Núcleo responden a las extracciones de salmuera, estando también fuertemente influenciados por el régimen de precipitaciones. Durante el periodo reportado han mostrado una recuperación de los niveles, una vez mostrado un fuerte ascenso generado por las precipitaciones registradas en febrero del año 2019.

De los niveles de agua superficial

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.

De las variables meteorológicas

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan 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 menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s).

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 no presentan tendencias temporales evidentes. En los pozos del núcleo, se observa un incremento brusco en 2016 y de gran magnitud en la concentración de SDT, manteniéndose estables los SDT antes y después de ese incremento. El resto de los parámetros correlacionables con los SDT (conductividad eléctrica y densidad) no muestran ese aumento. Se ha realizado una investigación sobre este incremento y la conclusión es que no puede atribuirse a un cambio en el acuífero de salmuera sino a algún tipo de error en el proceso de análisis.

Finalmente, los aforos efectuados en Puente San Luis y Barros Negros se encuentran dentro del registro histórico disponible, sin evidenciarse tendencias.

1.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico implementado en este Sistema, está orientado al resguardo del hábitat para la biota del conjunto de cuerpos de agua superficial dispersos, los cuales corresponden a pequeños humedales con 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 en este sistema. Los niveles de agua/salmuera subterránea de los piezómetros de control presentan un comportamiento marcadamente sinusoidal, con

máximos en verano y mínimos en invierno, estando fuertemente influenciados por oscilaciones estacionales de periodicidad anual, 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 de este sistema los niveles responden al estado de operación de los pozos Camar-2 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 durante el período en respuesta a los eventos de precipitación en enero-febrero de 2019. Para el periodo reportado, se han registrado los descensos esperados post lluvia.

De los niveles de agua superficial

Los niveles de agua superficial en los afloramientos superficiales difusos monitoreados mediante reglillas muestran un comportamiento estacional controlado por la evaporación, sin mostrar comportamiento de tendencias.

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). Este régimen de extracción se ha mantenido durante la mayor parte del segundo semestre del año 2019 para el pozo Socaire-5B, en diciembre se redujo su caudal a la mitad. Mientras que el pozo Camar-2 siguió inactivo durante el periodo reportado (este pozo lleva detenido desde enero de 2018).

De la calidad química

Respecto al monitoreo fisicoquímico, la mayoría de los parámetros medidos durante el segundo semestre de 2019 en los puntos de control de estas variables se encuentran dentro del rango histórico, no presentando tendencias temporales evidentes. Sólo el piezómetro Camar-2, presenta un incremento en su salinidad, mientras que, en contraste, los pozos ubicados en la zona aluvial L4-3 y Socaire-5B presentan leve tendencia a la baja en la salinidad.

1.3. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

El monitoreo de este sistema tiene como objetivo proteger la vegetación tipo Hidromorfa y formación Brea-Atriplex conectada con el acuífero que se encuentran 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 situados 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 registran activaciones en los subsistemas Vegetación Hidromorfa y Zona Alerta Temprana, ni tampoco en los pozos adicionales monitoreados como parte del PC por parte de SQM.

En relación con el subsistema Brea-Atriplex conectada con el acuífero, el piezómetro indicador de estado L7-6 continúa con Fase I activada, mostrando un nivel estabilizado, y los indicadores L1-3 y L2-7 se activaron en Fase I en noviembre y diciembre de 2019, respectivamente.

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, manteniéndose su monitoreo como parte del PSAH, pero siendo reemplazado como indicador de estado por el piezómetro L7-14, más adecuado para actuar como indicador. En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Res. Ex. N°1/Rol F-041-2016,

SQM reincorpora dicho pozo 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

Con respecto a los niveles de los piezómetros de control del PSAH del sistema Vegetación Borde Este, los piezómetros ubicados en el sector aluvial responden a la dinámica de extracción de los pozos de agua industrial Mullay-1 y Camar-2. Los puntos cercanos al pozo de bombeo de agua industrial CA-2015 muestran cierta estacionalidad con leve tendencia al descenso, encontrándose en una fase de estabilización desde 2015 en relación con el periodo anterior a esta fecha. Respecto al segundo semestre de 2019, en términos generales, se registran descensos de nivel producto principalmente de la estacionalidad y recuperación de niveles que se registran después del evento de precipitación de febrero del mismo año.

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). Para el segundo semestre de 2019, la extracción ha ido fluctuando cercano al máximo permitido, a excepción del mes de diciembre, en que se redujo el caudal a la mitad.

De la calidad química

Los parámetros fisicoquímicos registrados el segundo semestre de 2019 en el pozo de bombeo de agua industrial CA-2015 se encuentran dentro del mismo rango de variación que las mediciones previas.

1.4. SISTEMA PEINE

El PSAH implementado para 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 laguna Saladita. Por esta misma razón, su forma y dimensión presenta una alta variabilidad, lo que impide 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, situación que ha sido debidamente documentada e informada a la SMA. El registro de comunicaciones y reportes se adjuntan al presente informe en el Anexo 5.

De los indicadores de estado

Respecto a los indicadores de estado definidos para el Sistema Peine³, los piezómetros de control 1028 y L10-11 registraron superaciones a los umbrales de Fase I durante el 2018, las que se mantuvieron hasta enero de 2019, adoptándose las acciones contempladas al efecto. En ambos piezómetros se desactivó la Fase I en el mes de febrero de 2019 y permanecieron en ese estado durante el resto del año.

Tal y como se ha indicado anteriormente, 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 N°21/2016), no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II en dichos piezómetros durante el segundo semestre de 2019.

³ 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, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

Los niveles asociados al PSAH se controlan en las zonas marginal y núcleo, mostrando un comportamiento de niveles mixto, con incrementos asociados a la recarga producida por eventos de precipitación y descensos producto del proceso de estabilización de niveles posterior a los incrementos generados por dichas precipitaciones y, en menor medida y según lo esperado, a consecuencia del bombeo de salmuera. En el periodo reportado, los niveles han mostrado el comportamiento esperado dentro de lo evaluado.

De los niveles de agua/salmuera superficial

Es necesario mencionar que la infraestructura de control que mide los niveles de agua superficial del sistema Peine (así como también otros puntos de agua subterránea), no han podido medirse con la frecuencia estipulada desde el pasado 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. Por lo que el análisis descriptivo que se efectúa a continuación se basa en las mediciones disponibles.

Los registros de 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 mantiene hasta junio de 2019. 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, Laguna Interna presentó un máximo histórico en enero de 2019, correspondiente a la primera medición exitosa desde el año 2016. Para el presente periodo de reporte, no se dispone de ninguna medida nueva en ninguna de estas reglillas, por lo que no se desconoce la evolución en estos meses.

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

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 mantiene la restricción de acceso al sector que ha sido reportado previamente.

De la calidad química

En general, el monitoreo fisicoquímico efectuado el segundo semestre de 2019 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. Respecto a los pozos de monitoreo de este sistema, sólo aquellos ubicados en el núcleo o cercanos a él evidencian tendencias al aumento en la salinidad (SDT y/o CE), manteniéndose estables en el resto de los parámetros, lo que sería consistente con lo observado en Soncor.

1.5. SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

El objetivo del monitoreo de esta zona es monitorear el comportamiento de los niveles de agua subterránea en el entorno de las vegas y bofedales del sector de Tilopozo, para asegurar que su evolución se mantiene 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, siendo influenciado por las precipitaciones, con un ascenso de nivel esperado, ocasionado por el evento de precipitaciones de enero de 2019. 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.

1.6. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

El seguimiento hidrogeológico del núcleo del salar tiene por objeto el monitoreo del nivel del acuífero de salmuera⁴.

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 enero y febrero, y durante el segundo semestre de 2019 los niveles se encuentran todavía en fase de recuperación de la tendencia de descenso característica del núcleo, que es el escenario esperable y así evaluado para este sector.

De las variables meteorológicas

En relación con 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, en posteriormente, se ha observado un incremento de éstas, con una frecuencia bianual y a además con eventos que han superado la intensidad registrada anteriormente, como las lluvias de 2012 y 2019.

⁴ 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)

1.7. 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, ubicados en los Sistemas de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, 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, con niveles estables en el tiempo, evidenciando un equilibrio espacial y temporal en la configuración de la interfaz para los 3 sistemas 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 y no presenta comportamientos de tendencia en los parámetros comprometidos.

2. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°26 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (en adelante, PSAH) y tiene por objeto reportar y analizar la información recolectada durante el segundo semestre del año 2019 (periodo julio – diciembre del 2019), de acuerdo a los compromisos ambientales derivados de la Resolución de Calificación Ambiental (en adelante RCA) N°226/2006, 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 los cuerpos de agua superficiales, superficies lacustres (nivel y superficie), 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 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 se ha establecido la realización de un 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 N°226/2006, 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.

De este modo, 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.

En el presente reporte, se exponen los resultados y análisis de la red completa del PSAH para el periodo de análisis y en otro apartado, se hace especial atención a los puntos del PC con relación a los umbrales.

A los compromisos adquiridos mediante la RCA indicada anteriormente, se suman los compromisos asumidos en el Programa de Cumplimiento propuesto en el proceso de sanción F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante PdC), relacionados con el PSAH, que son los siguientes:

- i. A partir de octubre de 2018, implementar el Plan de Contingencia en el Sistema Peine y aplicar los indicadores de estado y umbrales de activación de fases definidos en la Resolución indicada para dicho Sistema⁵.
- ii. A partir de diciembre de 2018, 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.

⁵ 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, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

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. N° 127 de 2019, para el período objeto del presente reporte (segundo semestre de 2019), 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 de calidad del agua fueron realizadas por las ETFA ALS Environmental, Hidrolab y UCN.

Cabe mencionar que 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. Debido a lo anterior, durante el periodo objeto del presente informe, las mediciones comprometidas en el marco de dicho convenio fueron asumidas por SQM, mediante la contratación de una entidad ETFA.

Otro antecedente relevante que ha marcado el presente reporte de datos es la restricción de acceso a las zonas de la Reserva Nacional los Flamencos en adelante (RNF) debido al "Protocolo de monitoreo ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la reserva nacional los flamencos", aprobada por CONAF mediante resolución N°. 56/2019 de la Región de Antofagasta y que entró en vigor a contar del 14 de junio de 2019 de forma permanente.

En la Tabla 2-1 se presentan los responsables de las actividades ejecutadas durante el segundo semestre del año 2019 y que se reportan a través del presente informe. Adicionalmente, en el Anexo 1, se listan las personas participantes e involucradas en cada actividad.

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

Responsable y participantes	Actividad realizada
SQM Salar S.A.	Mediciones diarias de nivel freático, caudales de pozos de agua industrial y perfiles de conductividad eléctrica. Mediciones en campo de parámetros físico químicos ⁶
	Mantenimiento 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 (en el marco de ex convenio CONAF-SQM)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo requerido por la SMA mediante el Ord. MZN N°418/2016, en la Tabla 2-2 se 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 N°226/2006.

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

Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Observaciones
Informe PSAH N° 27	jun-20	oct-20	
6ta actualización del Modelo Ambiental	dic-19	mar-21	
Informe PSAH N° 28	dic-20	abr-21	
Informe PSAH N° 29	jun-21	oct-21	Revisión del Plan de Contingencia, según RCA N°226/2006
Informe PSAH N° 30	dic-21	abr-22	

Fuente: Elaboración propia.

⁶ 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 julio - diciembre de 2019.

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 km². El núcleo del Salar, donde se ubican las faenas extractivas de salmuera, posee una superficie aproximada de 1.100 km², y está rodeado por una zona marginal de unos 2.000 km² de extensión aproximadamente. Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial que alberga un acuífero desde donde el titular 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 los siguientes sistemas y/o sectores del salar de Atacama; en la Figura 4-1 se ubican respecto la cuenca del Salar de Atacama, y que 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 Puillar, 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

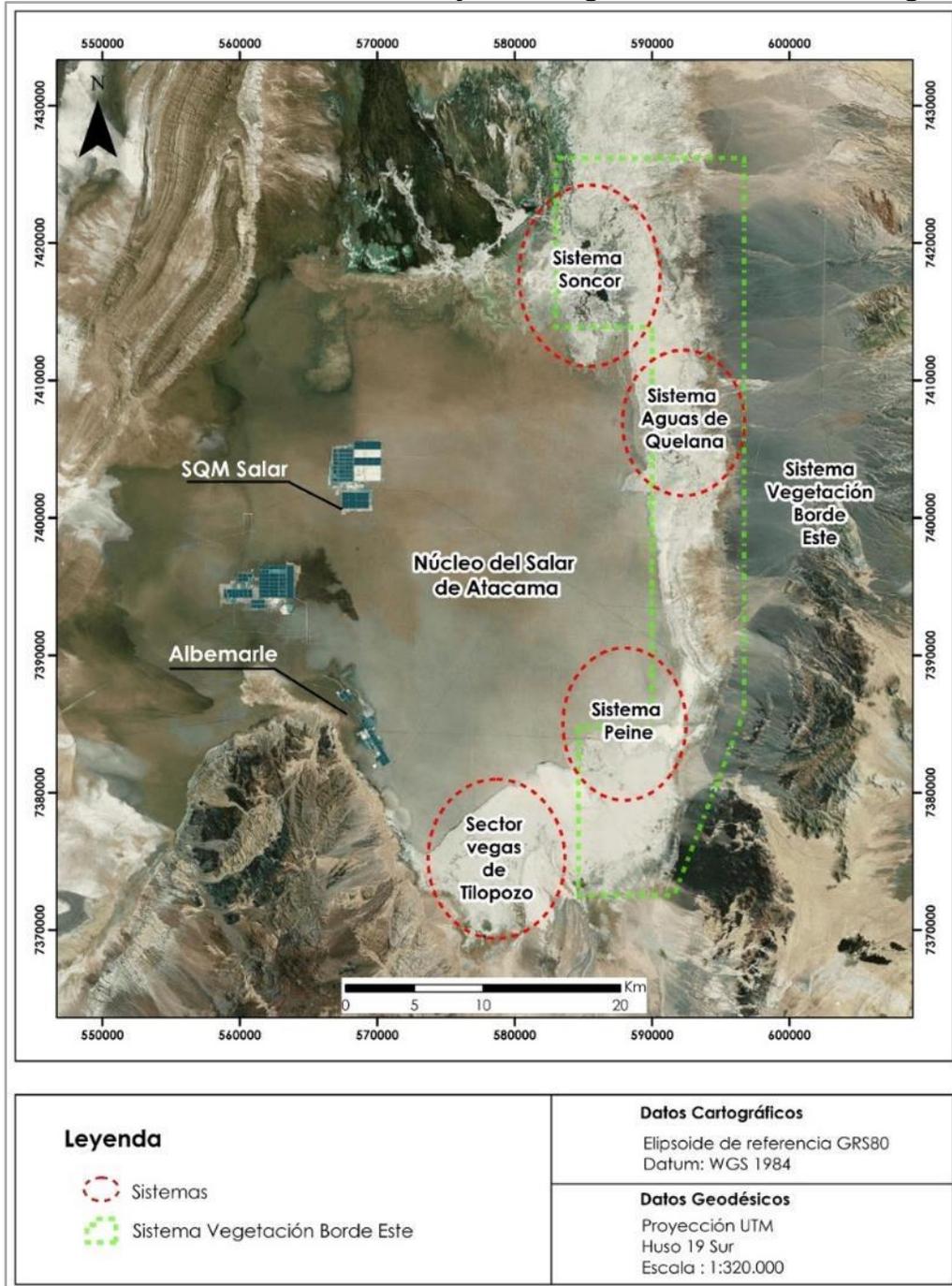
largo de su trayecto de norte a sur, y es fundamental para el abastecimiento y mantención de las lagunas Chaxa y Barros Negros. Barros Negros es la laguna terminal del sistema, y los excedentes que recibe son vertidos en zonas de desbordes colindantes a la laguna a través de 2 puntos principales: uno 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. 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 Saladita 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.
- **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. 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 centro 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 entre los Sistemas de Soncor, Aguas de Quelana y Peine. 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 de los sistemas objeto de seguimiento del PSA Hidrogeológico



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4-1 se indica los sistemas objeto de protección ambiental del PSAH asociado a la RCA 226/2006 y se indica 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.

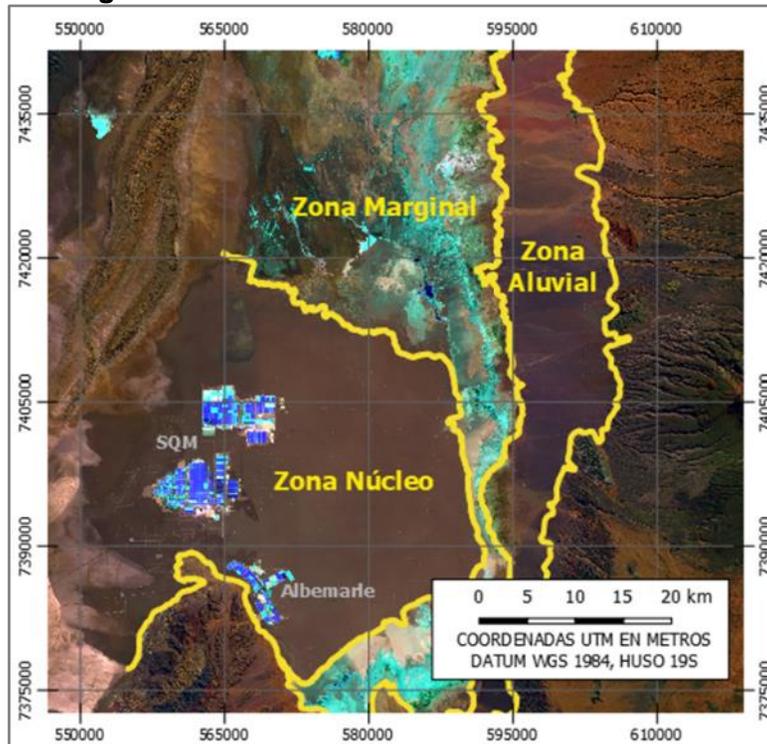
Tabla 4-1: Sistemas objeto de protección

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

Según lo definido en la RCA 226/2006 y Res. Ex. N° 223/2015 de la SMA, 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 dictadas por la Res. Ex. N° 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, en base a la misma Res. Ex. N° 894/2019, 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 N°223/2006. 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. 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 7
			Caudal bombeo	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 11
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 10
	Agua superficial	Cantidad de agua	Nivel	Res. Ex. N° 894/2019.	Anexo 8
			Superficie Lacustre	Propio	Anexo 13
			Caudal	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 12
		Calidad de agua	Físico y químicos	Res. Ex. N° 894/2020	Anexo 10
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación Evaporación Velocidad del viento Temperatura	Propio	Anexo 14

Fuente: Elaboración propia.

4.3. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O ÁREAS DE MONITOREO

El PSAH contempla un total de 225 puntos de monitoreo, de los cuales 74 corresponden a puntos de monitoreo existentes y con registros previos a la RCA N°226/2006 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.

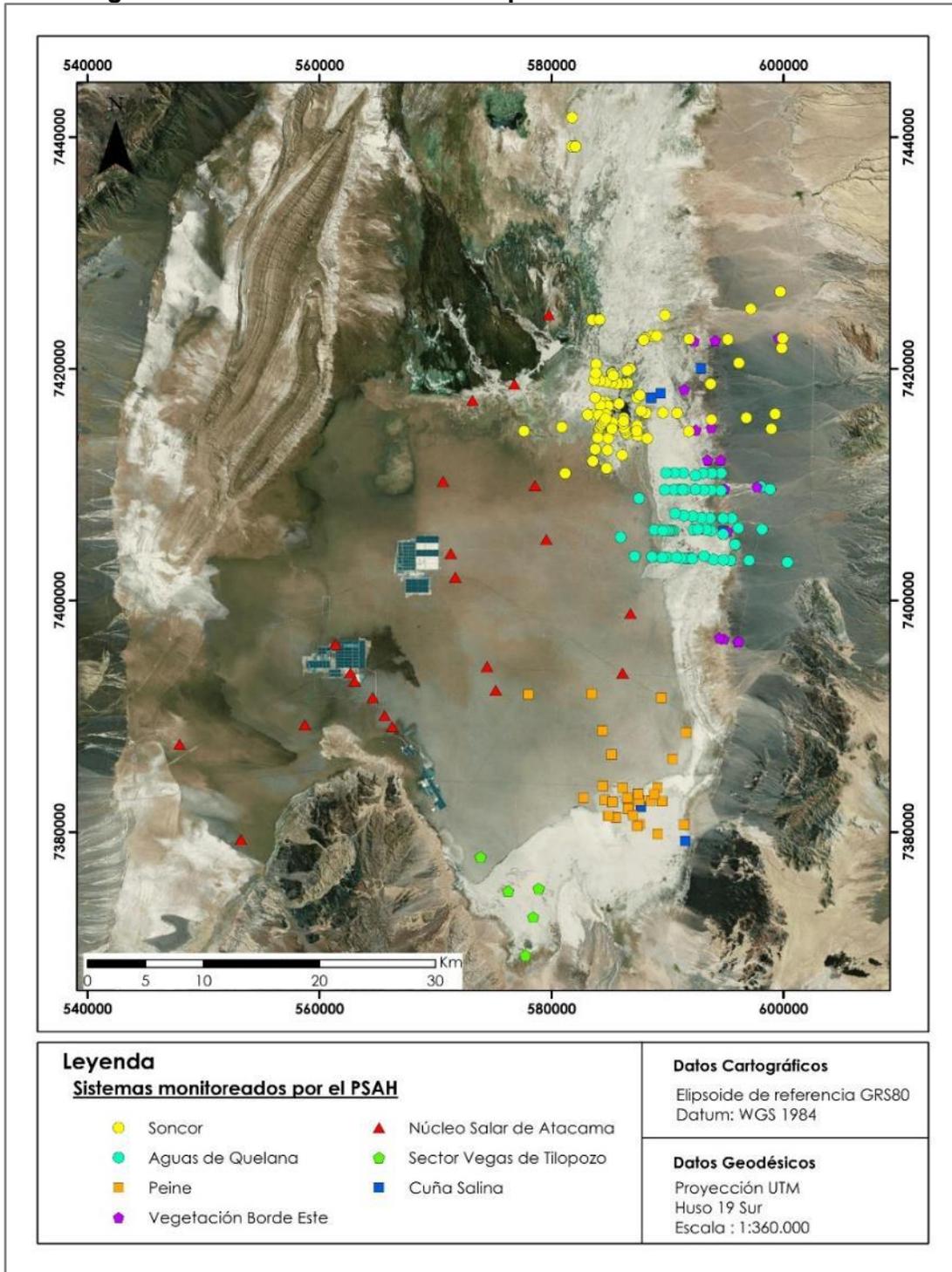
Los puntos de monitoreo del PSAH del proyecto se pueden clasificar en función de la variable ambiental objeto de monitoreo, de la siguiente manera:

- 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 N°226/2006. Dichas coordenadas se levantaron en proyección UTM Huso 19S, considerando datum WGS 1984 y elipsoide de referencia GRS80.

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

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



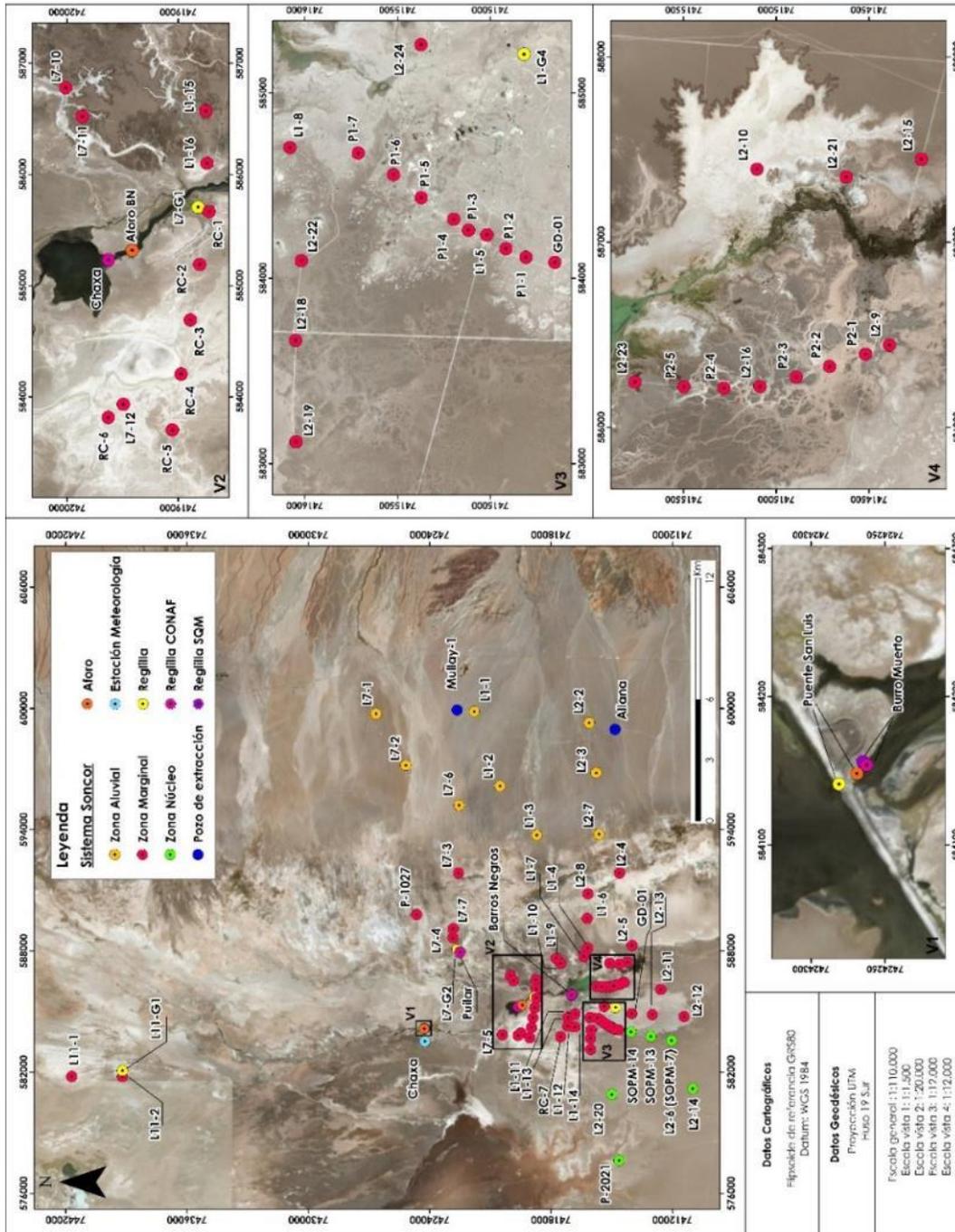
Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. SISTEMA SONCOR

Los puntos de monitoreo del PSAH del Sistema Soncor se ubican entre las coordenadas UTM 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 Soncor⁷

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
L2-22	Pozo	7.416.018,440	584.095,060	Nivel	Mensual

⁷ 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, 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 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		
L2-23	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 ⁸	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
L7-2	Pozo	7.425.182,290	597.177,200	Nivel	Mensual

⁸ 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		
L7-3	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
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 ⁹
Barros Negros	Reglilla	7.416.975,777	585.802,725	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Chaxas	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 ¹⁰	Pozo	7.418.722,684	585.667,119	Nivel	Mensual
RC-2	Pozo	7.418.806,692	585.190,752	Nivel	Mensual
RC-3	Pozo	7.418.891,062	584.692,245	Nivel	Mensual

⁹ 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.

¹⁰ 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 N°8 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-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. Chaxas	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 ¹¹	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topografía ¹² Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Chaxas	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topografía Superficie Imagen	Trimestral 5 años Anual
Laguna Puilar	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topografía 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.

¹¹ En el presente periodo corresponde el monitoreo de superficie lacustre en base a Estacas.

¹² Cabe señalar que las mediciones de topografía sólo 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 realizarían 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.

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, Manganeseo total, Potasio total, Sodio total y Zinc total

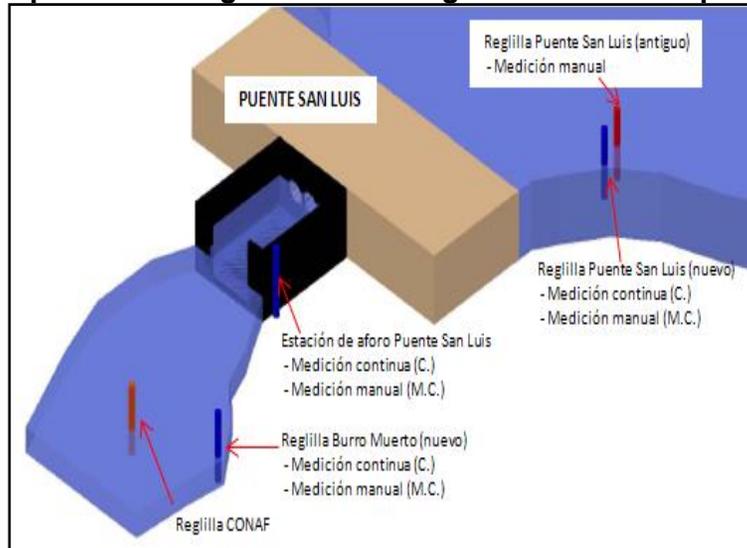
Fuente: Elaboración propia.

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 (°C).

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



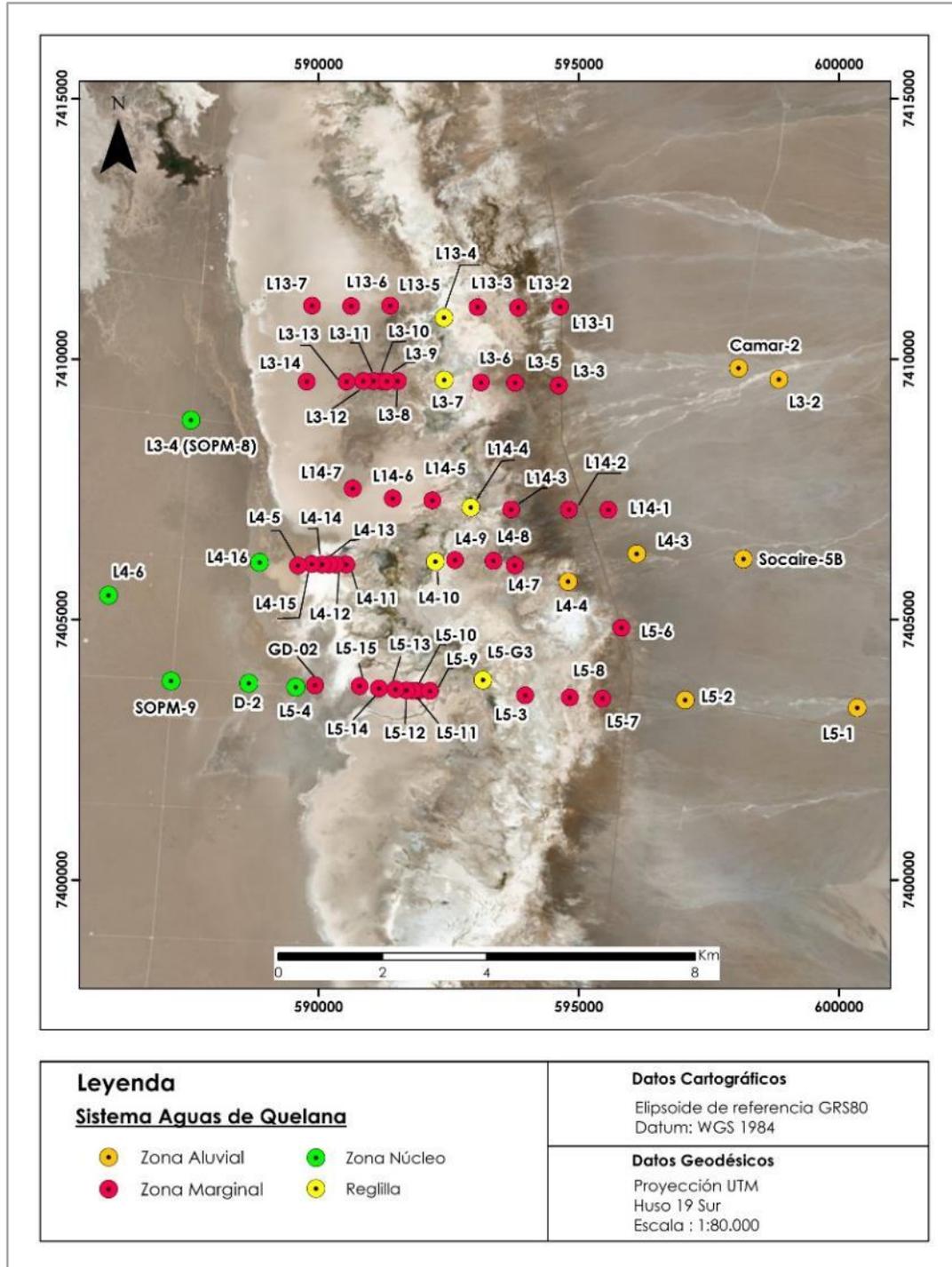
Fuente: Elaboración propia.

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.

Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana¹³

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

¹³ 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 ¹⁴	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

¹⁴ 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 2	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico, 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, 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.

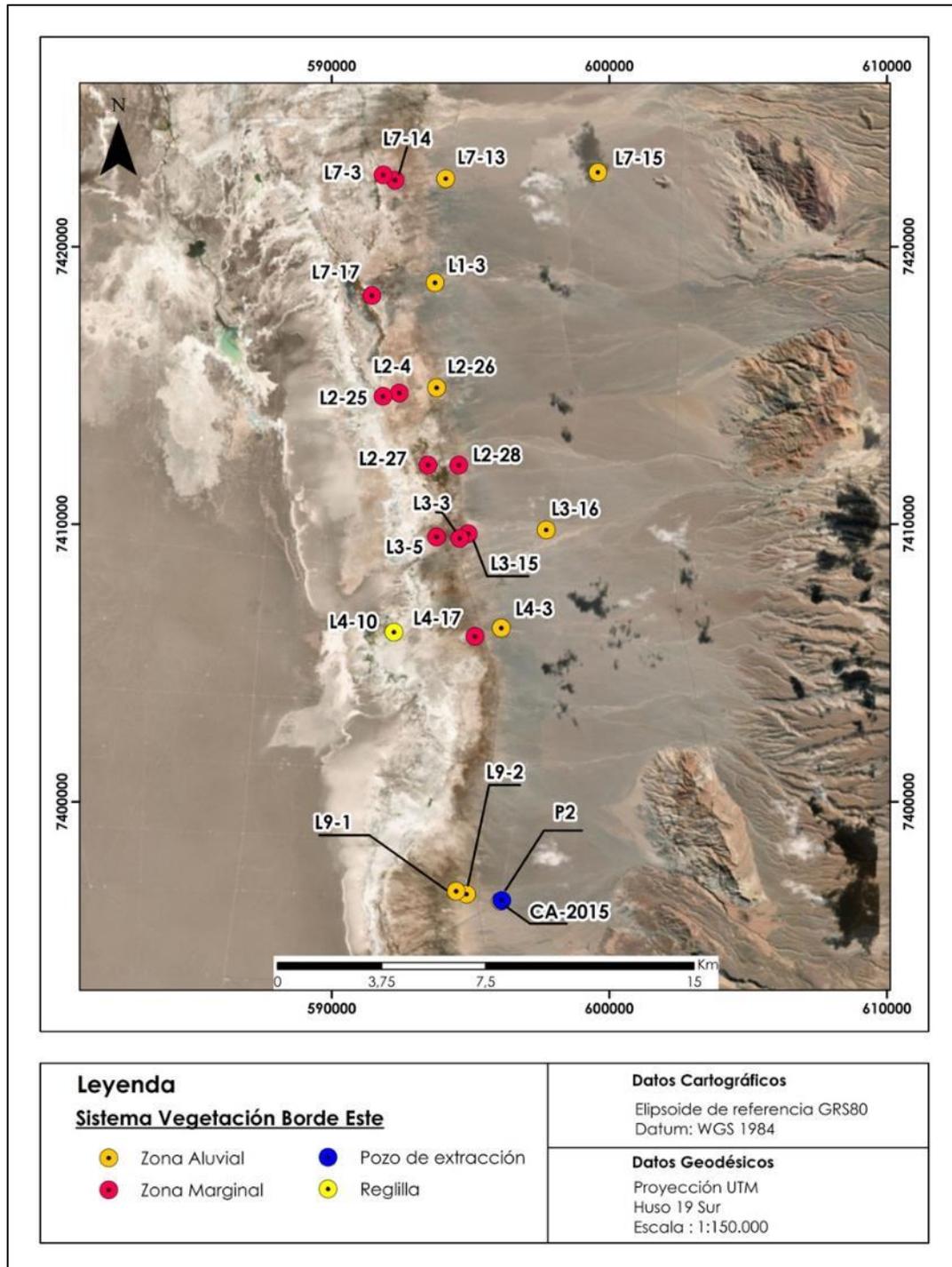
4.3.3. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

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.

Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este¹⁵

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 ¹⁶	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

¹⁵ 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.

¹⁶ 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 ¹⁷	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 2	Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico, 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, 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.

4.3.4. SISTEMA PEINE

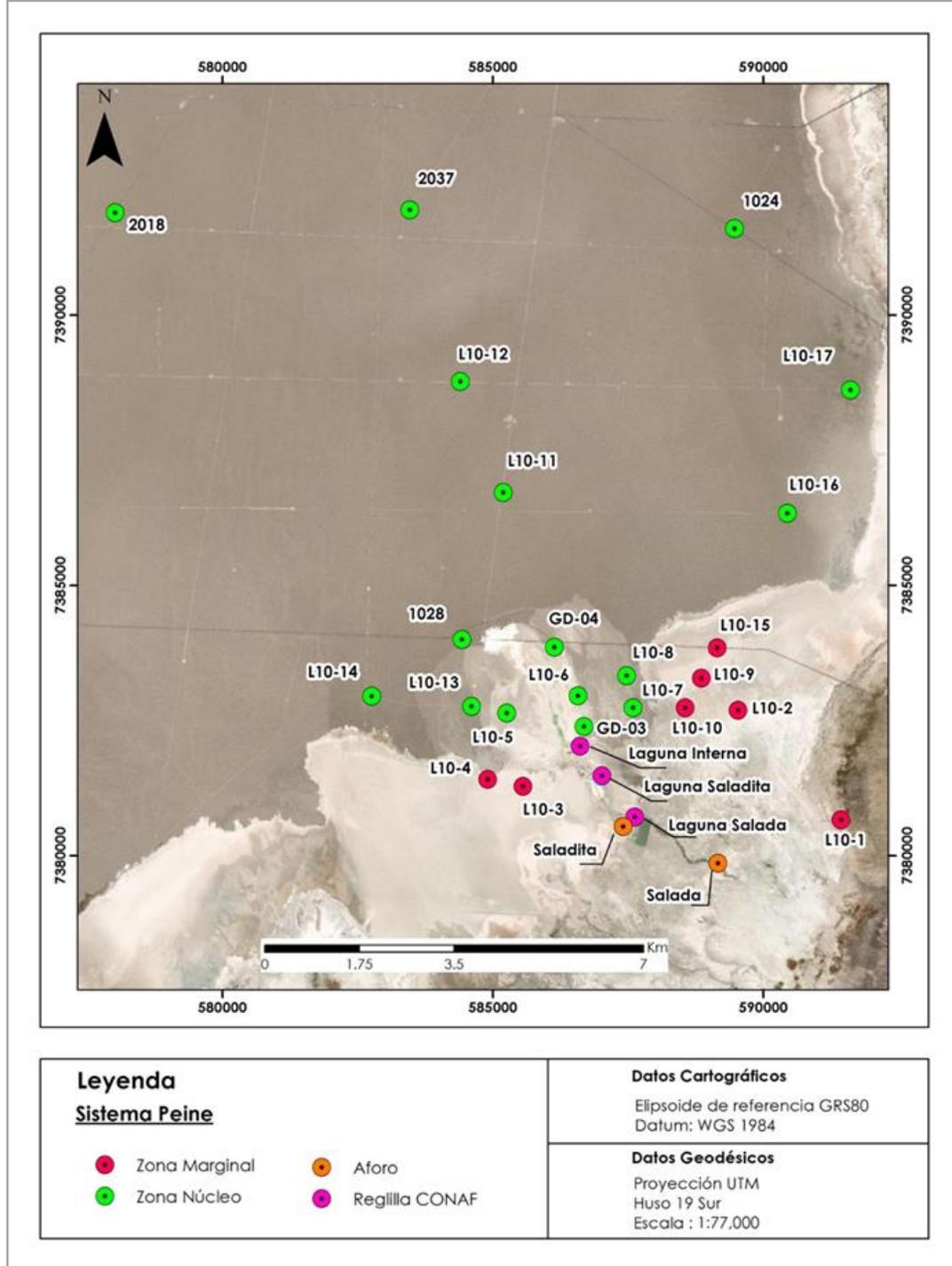
Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este. La red de monitoreo de este sistema contempla los puntos de monitoreo de nivel de agua y salmuera del sector y las lagunas

¹⁷ 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.

Tabla 4-9: Puntos de monitoreo del Sistema Peine¹⁸

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
Aforo Saladita [A-1 (S)]	E. Aforo	7.380.535,230	587.408,430	Caudal	Mensual

¹⁸ Para los indicadores de estado asociados al Sistema Peine (Programa de Cumplimiento presentado ante la SMA) denominados pozos 1028, L10-11 y L10-4, si bien se señala una frecuencia mensual para la medición de nivel (conforme a RCA 226/2006), mediante Programa de, se propuso un incremento en la frecuencia de monitoreo, pasando a ser diaria.

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

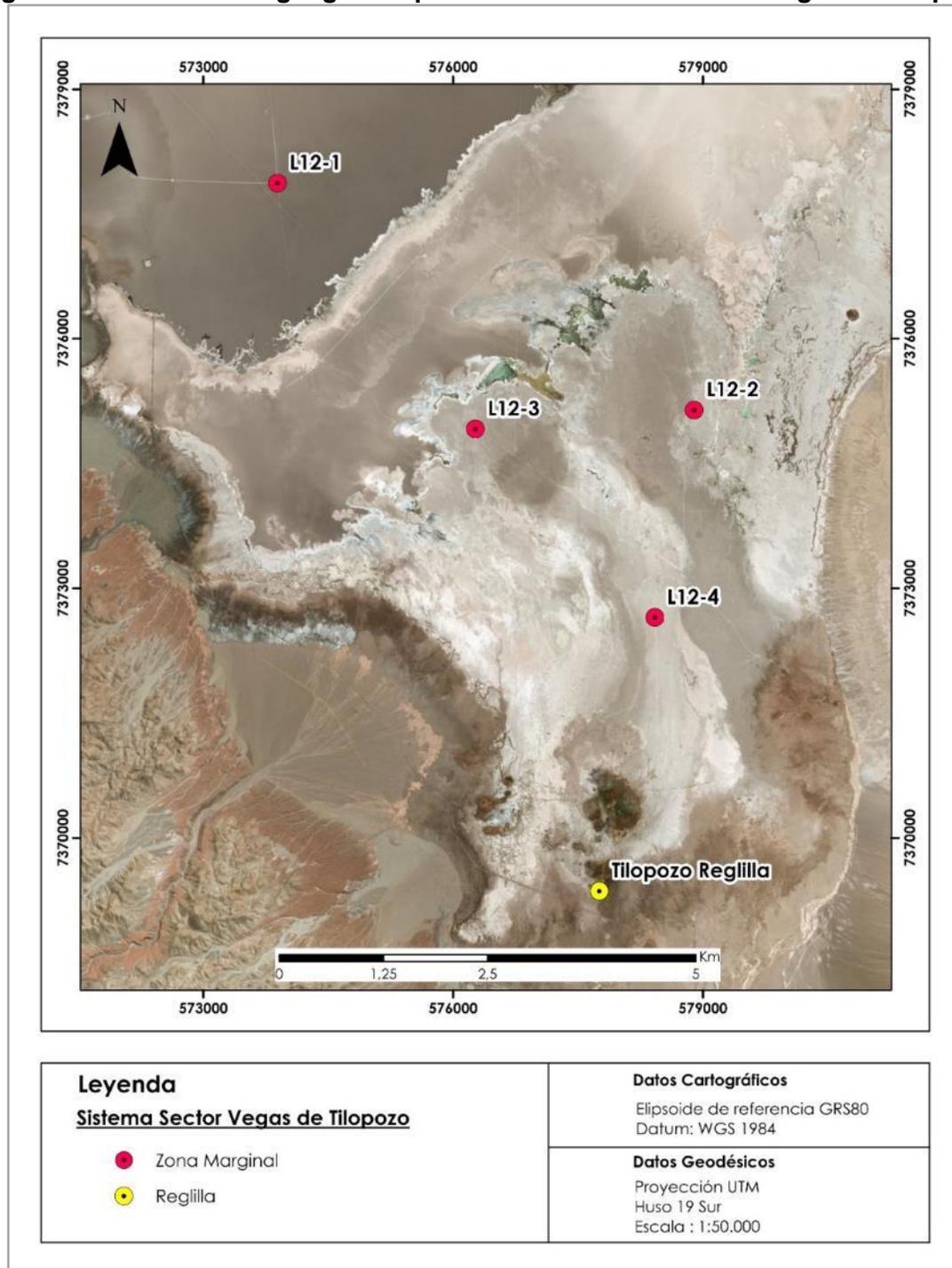
4.3.5. SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

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.

¹⁹ 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 sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	Frecuencia
		Norte	Este		
L12-1 ²⁰	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.

Estos puntos de medición forman parte de una red más amplia de monitoreo que incluye, además del acuífero de la zona marginal, el acuífero del núcleo del Salar y el acuífero de agua dulce Monturaqui-Negrillar-Tilopozo (MNT), que considera el monitoreo ambiental que realizan otras empresas que bombean desde estos acuíferos.

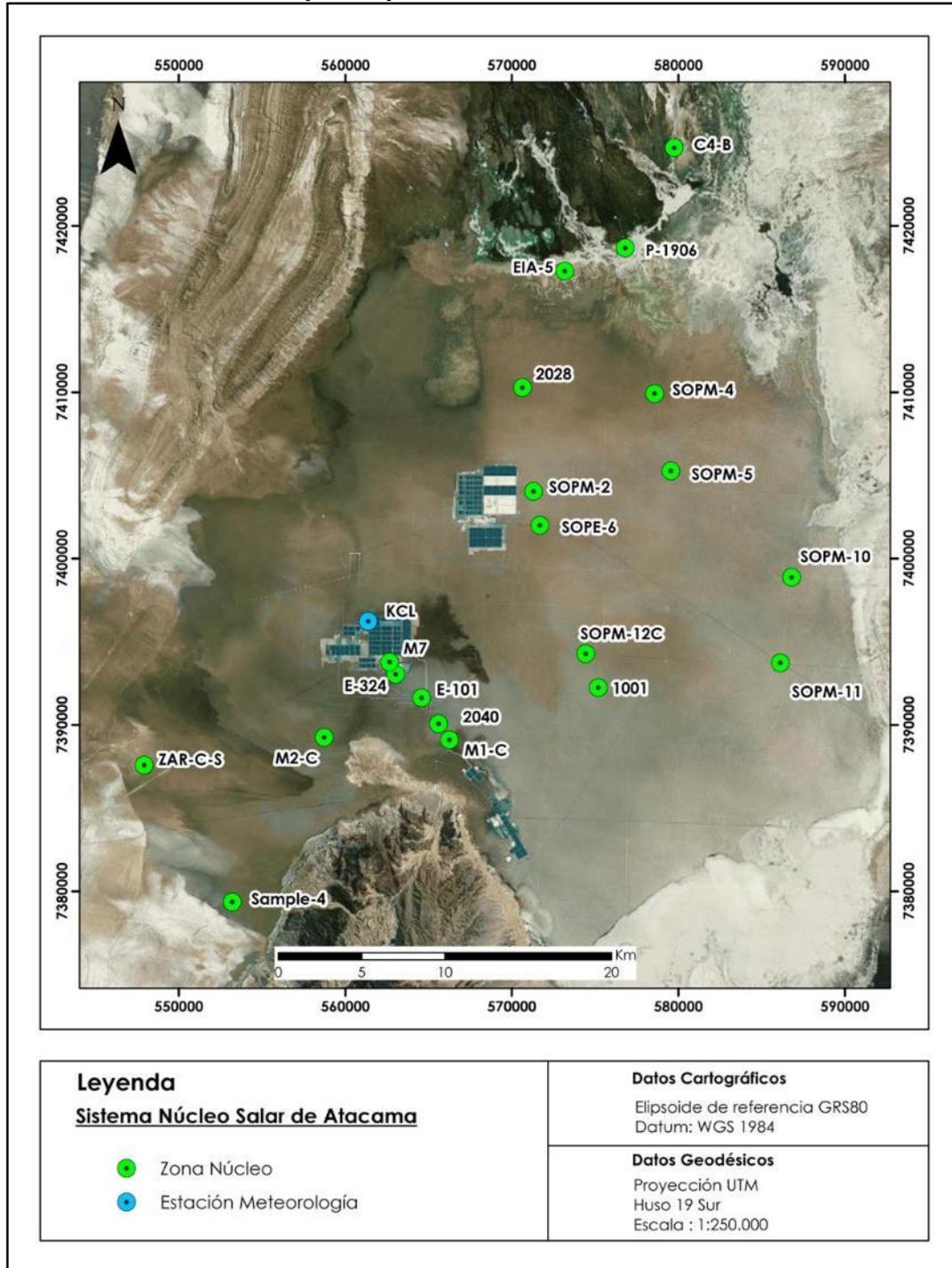
4.3.6. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

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

²⁰ 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.

Tabla 4-12: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama²¹

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
SOPM-8 (L3-4) ²²	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.

²¹ Cabe señalar que, en relación al punto de monitoreo establecido en la tabla 10 de la RCA N°226/2006, asociada al punto de monitoreo “acuifero 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.

²² Aunque el nombre identificativo para esta infraestructura en el resto del presente informe es L3-4 (SOPM-8), pero es necesario mencionar que para el sector del núcleo, la RCA N°226/2006 lo contempla como SOPM-8.

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).

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.

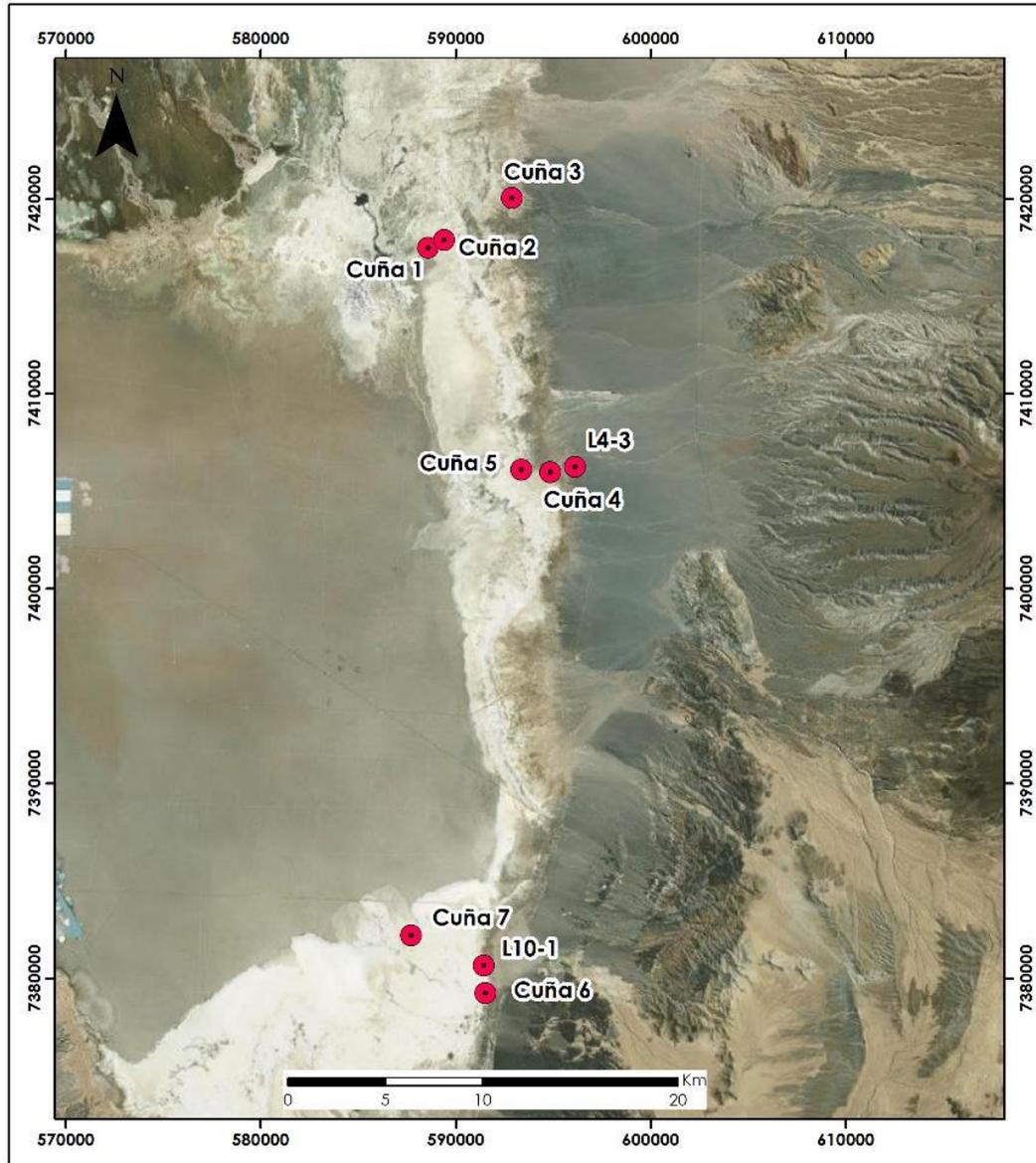
Para el caso de la Estación Meteorológica de KCL, se considera la medición de los parámetros Precipitación (mm), Evaporación (mm), Velocidad del Viento (m/s) y Temperatura (°C).

4.3.7. CUÑA SALINA

Los puntos de monitoreo de la Cuña Salina 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 de la Cuña Salina



<p>Legenda</p> <p>Sistema Cuña Salina</p> <p>● Zona Marginal</p>	<p>Datos Cartográficos</p> <p>Elipsoide de referencia GRS80 Datum: WGS 1984</p>
	<p>Datos Geodésicos</p> <p>Proyección UTM Huso 19 Sur Escala : 1:250,000</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-14: Puntos de monitoreo de la 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 ²³	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 Suspendedos, 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 posibles impactos no esperados.

²³ Se mide Conductividad Eléctrica en el perfil en 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 Contingencia 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 marco del Plan de Cumplimiento (PdC), el Sistema Lagunar de Peine consta de tres indicadores de estado (1028, L10-11 y L10-4) y sus correspondientes umbrales de activación de medidas correctivas (Fases I y II), definidos como umbrales escalonados, acorde con lo señalado por la DGA en su Oficio Ordinario N.º 76/2018.

Cabe mencionar que de acuerdo con la Acción 21 del PdC propuesto, se deben aplicar los umbrales de activación de fase I y/o II definidos 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°21/16, y las correspondientes medidas de control. El estado de estos indicadores estará sujeto a la notificación que efectúe la SMA, según lo señalado en el PdC.

Además, desde el informe del PSAH N°1, SQM asumió como compromiso voluntario considerar 6 indicadores de estado más (respecto los definidos en la RCA N°226/2006), 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.

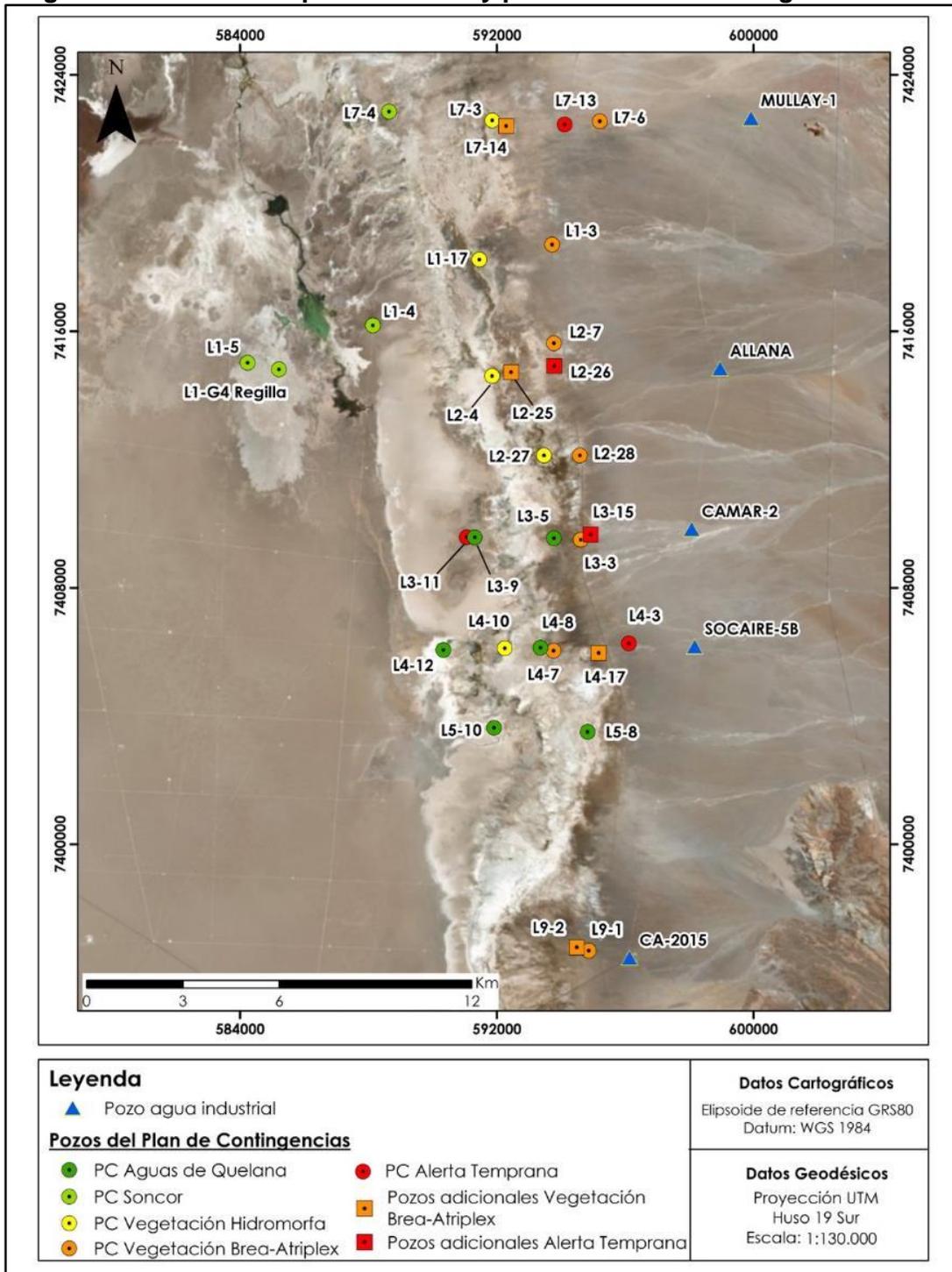
De acuerdo con lo anterior, los Indicadores de Estado del Plan de Contingencias, que además forman parte de los puntos de control del PSAH señalados en las secciones anteriores, se identifican en la Tabla 4-16, y su ubicación espacial se presentan en los mapas de la Figura 4-12 y Figura 4-13.

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 N° 226/2006
Aguas de Quelana	-	L5-8 L4-8 L3-5 L3-9 L5-10 L4-12	
Vegetación Borde Este	Vegetación Hidromorfa	L7-3 L2-4 L3-5 L4-10 L1-17 L2-27	
	Vegetación Brea- Atriplex	L7-6 L2-7 L3-3 L4-7 L9-1 L1-3 L2-28	
	Alerta Temprana	L7-13 L2-25 L3-11 L4-3 L9-1	
Peine	-	1028 L10-11 L10-4 PN-05B PN-08A	PdC presentado en proceso SMA F-041-2016
Pozos adicionales	Vegetación Brea- Atriplex	L2-25 L7-14 L4-17 L9-2	Pozos adicionales SQM
	Alerta Temprana	L2-26 L3-15	

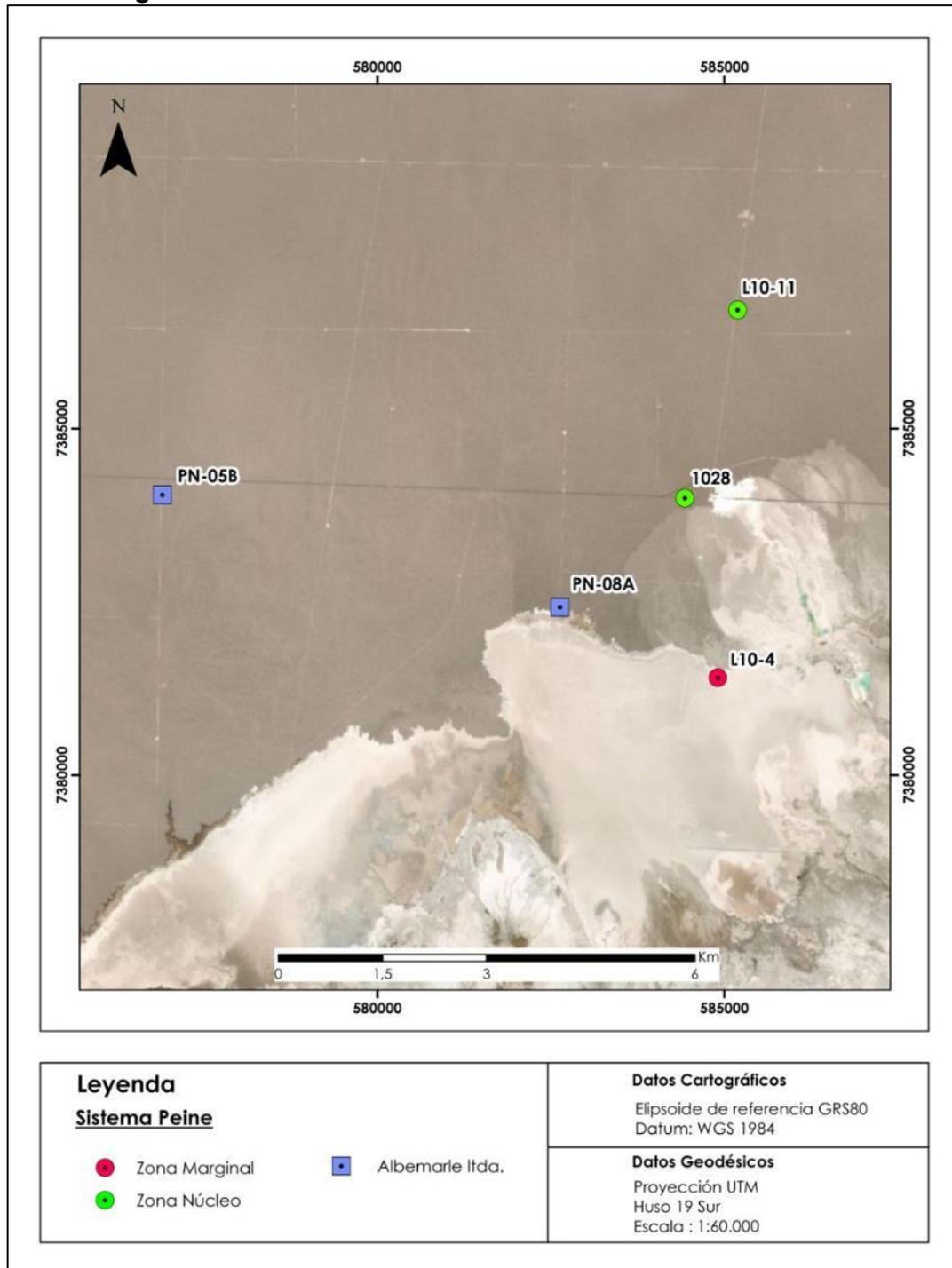
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-12: Ubicación puntos del PC y pozos de bombeo de agua industrial



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 por la ETFA GP Consultores (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.

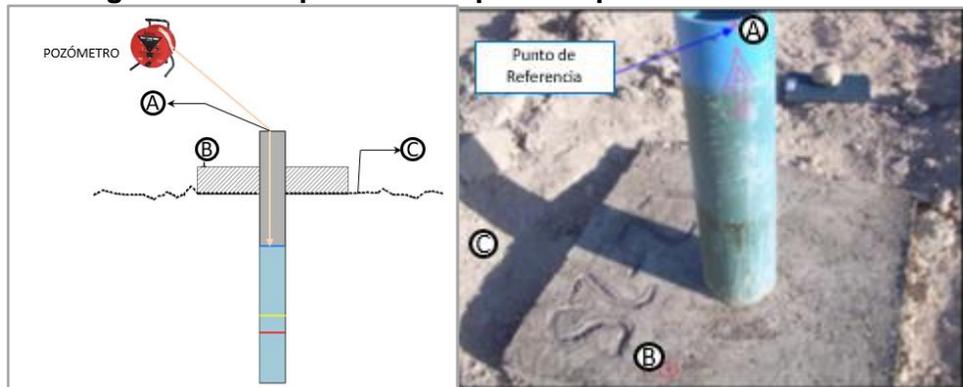
Las mediciones efectuadas directamente por SQM se realizan sobre la base de la siguiente metodología:

- 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.
- 4) Registrar observaciones (cuando corresponda).
- 5) 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 líquido, parámetro que es ingresado manualmente al sensor. Para lo anterior, mensualmente SQM mide la densidad del agua en cada punto de medición continua e incorpora dicha densidad al sensor de presión, valor que permanece fijo hasta la siguiente medición mensual de densidad, en que vuelve a ajustarse el sensor de presión.

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.

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 es distinta según el compromiso adquirido en la RCA N°226/2006. Para el presente informe N°26 solo se reporta la medición mediante estacas perimetrales (ver Tabla 4-15).

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

Tipo de mediciones	Frecuencia de reportabilidad según RCA N°226/2006	Técnica reportada en el presente informe PSAH	Próximo informe PSAH en que se reportará
Medición mediante imágenes satelitales	Anual (meses de abril)	No	Informe 27 (Primer semestre 2020)
Medición mediante recorrido a pie	Cada 5 años	No	Informe 27 (Primer semestre 2020)
Medición mediante estacas perimetrales	Trimestral	Sí	Informe 27 (Primer semestre 2020)

Fuente: Elaboración propia.

Como para el presente informe PSAH sólo se reporta la medición mediante estacas perimetrales, solo se detallan los materiales, equipos y metodología pertenecientes a esta técnica.

Materiales y/o equipos

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

Metodología de medición

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. La metodología seguida es la siguiente:

- 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.

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, en el marco del ex convenio con CONAF, convenio finalizado en diciembre de 2018.

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 N°403/1995 y N°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 bombeado se debe restar al volumen acumulado del mes (t) respecto el volumen acumulado del mes anterior (t-1), y para la determinación del caudal medio mensual, debe dividirse el volumen obtenido anteriormente por 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:

- 1) 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.
- 2) 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 (m²).
- 3) Medición de la velocidad del agua (m/s) en el centro de cada sección mediante molinete.
- 4) Cálculo del flujo pasante en cada sección (m³/s), obtenido mediante la multiplicación del área de la sección por la velocidad obtenida.
- 5) 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 utiliza 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.

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 recogida 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 se describe cada caso.

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

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 4-17 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 4-17: 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	•	
Bailer de muestreo	•	
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 son realizados por las ETFAs correspondientes, se hacen de acuerdo con las normas de referencia principales que se muestran en la Tabla 4-18, según sea agua subterránea o superficial.

Tabla 4-18: Normativas de referencia para el muestreo de aguas superficiales y subterráneas

	Normativas de referencia
Agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 4-19: 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 ²⁴)	•	
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)
- Solución de mantención de electrodos, para el medidor multiparamétrico
- Papel "tissue" u otros no abrasivos, paños de algodón de poca pelusa

²⁴ 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 L10-1r.

- 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 físico-químicos en terreno, se deben efectuar las labores indicadas en la Tabla 4-19 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 físico-químicos se detalla a continuación:

- 1) Calibración de equipos (sonda multiparámetro).
- 2) Purgado de pozos en caso de aguas subterráneas (cuando corresponda).
- 3) Toma de muestra (Tabla 4-19).
- 4) Vaciar muestra en probeta u otro recipiente (volumen según sea el caso) para medición de parámetros de terreno.
- 5) Medición con equipo multiparámetro y posterior registro de datos.
- 6) Registrar profundidad de la bomba (cuando corresponda).
- 7) Registrar datos, condiciones ambientales y observaciones.
- 8) 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:

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

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

este dato se mantiene como no validado. Si las campañas posteriores confirman ese resultado, dejará de ser considerado valor anómalo y se investigará que ha podido producir ese cambio. Los resultados validados por esta condición aparecerán con resalte en los gráficos del apartado 6.

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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 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 uno 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 proporción según sea la correlación. Si se diera una desviación de un 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 segundo semestre de 2019, que comprende el período de entre el 01 de julio y el 31 de diciembre, de 2019.

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 ($\pm 5 \text{ mm}^{25}$), la observación de la medida por parte del monitor ($\pm 1 \text{ mm}$) y la precisión con la que se haya medido la cota del punto de referencia ($\pm 1 \text{ cm}$); 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 estos, donde la salinidad y, por ende, la densidad, puede aumentar sensiblemente durante largos períodos de evaporación o disminuir durante los eventos de precipitación. Los puntos de este tipo son la minoría de los de medición continua.

²⁵ De acuerdo a especificaciones técnicas del equipo, adjuntas en Anexo 3.1

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 ($\pm 0,1 \text{ m}^2$), la precisión de medición del molinete ($\pm 0,1 \text{ m/s}$) 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 (píxeles 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, en el marco del ex convenio con CONAF, se mide la superficie de las lagunas 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.

Los caudales medidos mediante flujómetro Endress+Hauser Flowtec y Yokogawa tienen un error de $\pm 0,5$ % del flujo medido.

4.7. EVENTOS POSTERIORES AL PERÍODO REPORTADO

A la fecha de presentación de este informe, fuera del período reportado, 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 del proyecto “Actualización Plan de Alerta Temprana y Seguimiento Ambiental, Salar de Atacama”, que incluye la definición de un Plan de Alerta Temprana para el Sistema Peine, acorde a las características de los planes de contingencia de los demás sistemas ambientales, que permita garantizar la mantención de las condiciones de funcionamiento natural del

- sistema, así como la actualización de los Planes de Alerta Temprana (actuales “Planes de Contingencia”) para los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este. Este EIA fue admitido a trámite mediante Resolución Exenta N° 0133/2020, de 2 de junio de 2020, y se encuentra en actual tramitación.
- 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). Lo indicado no obsta a la posibilidad de que la Superintendencia apruebe en el futuro un nuevo programa de cumplimiento que aborde los aspectos que estime pertinentes, en ejercicio de sus facultades.
 - 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.
 - iv. Durante el primer y segundo semestre de 2020, se han producido las siguientes activaciones de Fase II:
 - a) L2-27: este pozo activó la Fase II el día 8 de abril de 2020 y se desactivó el día 7 de mayo de 2020. El informe de investigación relacionado se entregó a la autoridad el 8 de mayo de 2020 según la carta GMPL 85/2020. Esta activación se produjo durante el primer semestre de 2020, por lo que será abordada en el Informe del PSAH N°27.

- b) L1-5 y L1-G4: estos puntos activaron la Fase II los días 1 y 4 de agosto de 2020 respectivamente. A la fecha de la redacción de este informe, se está elaborando el informe de investigación asociado. Esta activación pertenece al segundo semestre de 2020, por lo que será abordada en el Informe del PSAH N°28.

5. RESULTADOS DEL SEGUNDO SEMESTRE DE 2019

En esta sección se presentan los resultados del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico y del Plan de Contingencias (PC), obtenidos durante el segundo semestre del año 2019.

Los resultados son presentados de acuerdo con los criterios de seguimiento ambiental definidos por la Superintendencia del Medio Ambiente mediante Res. Ex. N°223/2015, y a 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. Dichas acciones son:

- Acción 6: 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.
- Acción 21: aplicar los umbrales de activación de Fase I y/o II definidos para el Sistema Peine a partir del 1 de octubre de 2018 (1028, L10-11 y L10-4 de la red de SQM y PN-05B y PN-08A de la red de Albermarle)²⁶.

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

²⁶ 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, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

5.1. MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO

En el presente capítulo se exponen los registros de los monitoreos, mediciones y/o análisis efectuados en el marco del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico desde julio hasta diciembre de 2019, agrupados según los siguientes sistemas y áreas de control:

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

Adicionalmente, se presenta una sección independiente asociada al monitoreo de la Cuña Salina para los tres sistemas lacustres existentes (Soncor, Aguas de Quelana y Peine)

Las variables monitoreadas en cada uno de estos sistemas, según corresponda, han sido agrupadas de la siguiente forma:

- 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). En formato de tablas, se exponen los resultados puntuales y los máximos y mínimos mensuales de los datos continuos a modo referencia, ya que todos los puntos de control que forman parte del PC tienen comprometida una medida diaria.

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 (m s.n.m.). En el Anexo 7 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período objeto del presente informe de agua subterránea (en el Anexo 7.1 se presentan los datos continuos y en el Anexo 7.2 los datos manuales). En el Anexo 8 corresponde a los niveles de agua subterránea (en el Anexo 8.1 se presentan los datos continuos y en el Anexo 8.2 los datos manuales). En el Anexo 6 se presentan los documentos resultantes de las medidas de nivel adicionales y que han efectuado las distintas auditorías en este semestre; una corresponde a la realizada por la consultora Golder Associates (solicitada por SQM) y la otra en concepto de fiscalización oficial y realizada por la misma SMA

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 12 y el caudal medio mensual resultante de las extracciones de los pozos de agua industrial para este semestre se entrega en el Anexo 11. En el anexo 13 se entrega el resultado tabulado de este semestre de las mediciones con estacas perimetrales y en el Anexo 14 las mediciones recopiladas de las estaciones meteorológicas.

En el Anexo 10 se agrupa toda la información referente al parámetro de calidad: en el Anexo 10.1 se entregan todos los resultados entregados por las ETFAs, donde también se indican los puntos que no pudieron ser muestreados. En el Anexo 10.2 se entregan todas las comunicaciones que se ha intercambiado con los diferentes laboratorios. En el Anexo 10.3 se presentan los certificados de cadena de custodia de las muestras, de manera de respaldar que éstas hayan

sido preservadas de forma adecuada tal y como se describe en la normativa correspondiente. Finalmente, en el Anexo 10.4 se entregan todos los resultados de calidad obtenidos para este segundo semestre de 2019.

Por otro lado, en el Anexo 5.1 se presentan las cartas oficiales por las que CONAF otorga el permiso para el acceso en las fechas señaladas a la Reserva Nacional los Flamencos de Soncor y Aguas de Quelana. En la misma línea, en el Anexo 5.3 se entregan las cartas emitidas por SQM y que tienen como objetivo 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 15 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.

5.1.1. RESUMEN DE PUNTOS NO VISITADOS

Este reporte se caracteriza por ser el primer semestre completo en que ha estado vigente el “Protocolo de monitoreo ambiental para sector Soncor, Tambillo y Aguas de Quelana de la reserva nacional los flamencos”, que 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.

Una gran parte de los puntos de control que dispone SQM 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.

En el mes de julio no se pudo acceder a ninguno de los puntos que quedan dentro del área definida para la RNF, tanto de Soncor como de Aguas de Quelana. En agosto se pudo acceder a un total de 28 puntos a partir de la indicación verbal que se ofreció a SQM para visitar RNF Soncor y a partir de la carta emitida por CONAF (Nº18/2019) para visitar RNF Aguas de Quelana. En septiembre, esta misma carta ofrecía dos días para la visita en RNF Quelana. Para RNF Soncor el acuerdo ese mes fue verbal.

En octubre, CONAF emitía la carta N°20/2019 que permitía el ingreso a RNF Aguas de Quelana los días 24 y 25, pero debido al corte de caminos que se produjo en todo el Salar esos mismos días, por parte de las comunidades, ninguno de los 35 puntos pudieron ser visitados. Estos cortes se produjeron entre los días 23 y 29 e impidieron también que no se pudieran medir durante esos días los pozos que están comprometidos con medidas diarias. Esta situación fue informada debidamente a la SMA mediante la carta N°235/2019 (Anexo 5.3). El muestreo físico químico trimestral, que estaba planificado para octubre, no pudo realizarse con normalidad por el mismo motivo; la ETFA GP Consultores logró tomar muestras en solo dos puntos, quedando pendientes 28 puntos, que fueron aplazados para el siguiente mes (noviembre 2019).

En noviembre las cartas emitidas por CONAF N°20/2019 y N°22/2019 autorizaban al ingreso de RNF Aguas de Quelana y Soncor (en el mismo orden) acompañados o supervisados por el Guardaparque de CONAF de la reserva, pero debido al paro del personal de CONAF que se produjo ese mes, ningún punto dentro de estas áreas pudo ser visitado. Además, el día 18 de noviembre (de 2019) la ETFA GP Consultores presentó constancia de un pretil que impedía el acceso a los puntos del sector Tambillo, afectando un total 3 puntos del PSAH y que no pudieron medirse tampoco en diciembre.

Por otro lado, el 7 de noviembre SQM notificó sobre la actualización del polígono que delimita RNF a la SMA y que entró en vigor a partir del día 9 de noviembre. Esto implicó que el punto L2-27 pasó a estar dentro del área con restricciones y por ese motivo, para este mes, solo tiene medidas entre los días 1 y 8. Por el contrario, el L1-G4 reglilla quedó fuera del polígono así que se pudieron reanudar las mediciones diarias a partir del 9 de noviembre.

Respecto el muestreo físico químico aplazado para el mes de noviembre, tuvo lugar entre los días 26 y 29 de noviembre, aunque sin ingreso a RNF Soncor y Aguas de Quelana, por lo que las ETFAs ALS y ALGORITMOS pudo tomar 20 de las 28 muestras planificadas.

Para el mes de diciembre, las cartas oficiales de CONAF N°20/2019 y N°22/2019 permitían el acceso a RNF Aguas de Quelana y Soncor (respectivamente), con acompañamiento del Guardaparque de CONAF. Pero para este mes, todavía se extendía el paro del personal de CONAF y no pudo efectuarse ninguna de las mediciones dentro de la reserva (35 en Aguas de Quelana y 42 en Soncor).

En la Tabla 5-1 se muestra un resumen de las autorizaciones emitidas por CONAF para el ingreso de RNF Soncor y Aguas de Quelana, junto con la valoración del número de puntos que pudieron ser visitados para medida de nivel en esas fechas. Todas estas resoluciones y los correos que respaldan las situaciones descritas anteriormente se encuentran en este reporte en el Anexo 5.

Tabla 5-1: Resumen de autorizaciones a RNF

	Días de acceso a RNF	Áreas de acceso	Número de puntos visitados	Identificador de la resolución emitida por CONAF
Jul-19	-	-	-	-
Ago-19	23/08/2019	RNF Aguas de Quelana	18	Nº 18/2019
	28/08/2019	RNF Soncor	10	Indicación verbal y acuerdo sostenido en reunión
Sep-19	25/09/2019	RNF Soncor	6	Indicación verbal
	26 y 27/09/2019	RNF Aguas de Quelana	35	Nº 18/2019
Oct-19	24 y 25/10/2019	RNF Aguas de Quelana	0	Nº 20/2019
	15 y 17/10/2019	RNF Soncor	15	Indicación verbal
Nov-19	27 y 28/11/2019	RNF Aguas de Quelana	0	Nº 20/2019
	15 y 18/11/2019	RNF Soncor	0	Nº 22/2019
Dic-19	26 y 27/12/2019	RNF Aguas de Quelana	0	Nº 20/2019
	16 y 19/12/2019	RNF Soncor	0	Nº22/2019

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 este semestre es la negativa por parte de la Comunidad de Peine al ingreso del personal de SQM (o personal subcontratado) a los sistemas de Peine y Vegas de Tilopozo.

En cuanto a la medición de las extensiones lagunares a reportar en el segundo semestre de 2019, como ya se ha mencionado anteriormente se basa en la medición de las estacas fijas perimetrales que se mide de forma trimestral (enero, abril, julio y octubre de cada año). Esta técnica se basa exclusivamente en las mediciones in situ, por lo que el ingreso a las lagunas objeto de protección ha estado sujeto a los permisos de ingreso a RNF por parte de CONAF y al sistema Peine por parte de la Comunidad. Por lo que el resultado para este segundo semestre es que solo la laguna

Barros Negros ha podido medirse según lo esperado, pero la laguna Chaxa solo pudo medirse en septiembre y del resto (Puilar, Salada y Saladita) no se ha podido acceder.

En los apartados que vienen, se expone para cada sistemas o área de muestreo el resultado del monitoreo efectuado para el segundo semestre de 2019. 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 (de cada sistema o área de muestreo) se expone una tabla resumen de la infraestructura que no ha podido visitarse (o que tiene una frecuencia de medición menor a la comprometida) con el detalle de cada mes y 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 correspondiente²⁷.

5.1.2. SISTEMA SONCOR

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el PSAH del Sistema Soncor considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua superficial y subterránea (86 puntos), meteorología (1 estación), caudal bombeado (2 puntos), calidad química (17 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (3 lagunas). Los resultados para el segundo semestre de 2019 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-2 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

²⁷ 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 5-2: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Soncor

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
E. Barros Negros	E. Aforo	x		x		x	x	RNF Soncor
E. Puente San Luis	E. Aforo	x	x		x	x	x	RNF Soncor
1027	Pozo							
2021	Pozo							
GD-01	Pozo							
L1-1	Pozo							
L1-10	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L11-1	Pozo					x	x	Pretil corta acceso
L1-11	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L11-2	Pozo					x	x	Pretil corta acceso
L1-12	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L1-13	Pozo	x	x	x		x	x	RNF Soncor
L1-14	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L1-15	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L1-16	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L1-2	Pozo							
L1-3	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L1-4	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L1-5	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L1-6	Pozo							
L1-7	Pozo	x	x	x	x			RNF Soncor
L1-8	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L1-9	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L2-10	Pozo	x	x	x	x			RNF Soncor
L2-11	Pozo							
L2-12	Pozo							
L2-13	Pozo							
L2-14	Pozo							
L2-15	Pozo							
L2-16	Pozo	x	x	x				RNF Soncor
L2-17	Pozo							
L2-18	Pozo							
L2-19	Pozo							
L2-2	Pozo							
L2-20	Pozo							
L2-21	Pozo							
L2-22	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L2-23	Pozo	x		x		x	x	RNF Soncor
L2-24	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L2-3	Pozo							
L2-4	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L2-5	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L2-7	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L2-8	Pozo							

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
L2-9	Pozo							
L7-1	Pozo							
L7-10	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L7-11	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L7-12	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L7-2	Pozo							
L7-3	Pozo				1			Cortes de carretera por parte de la Comunidad
L7-4	Pozo	x	1	1	x	x	x	RNF Soncor
L7-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L7-6	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L7-7	Pozo	x (1)			x (2)	x (3)	x (3)	(1) RNF Soncor; (2) Carreteras cortadas por las comunidades; (3) Este punto no se encuentra dentro de la RNF, pero sí es necesario cruzarla
P1-1	Pozo							
P1-2	Pozo							
P1-3	Pozo	x	x	x				RNF Soncor
P1-4	Pozo	x	x	x				RNF Soncor
P1-5	Pozo	x	x	x		x	x	RNF Soncor
P1-6	Pozo	x	x	x		x	x	RNF Soncor
P1-7	Pozo	x	x	x		x	x	RNF Soncor
P2-1	Pozo							
P2-2	Pozo							
P2-3	Pozo	x	x	x				RNF Soncor
P2-4	Pozo	x		x	x		x	RNF Soncor
P2-5	Pozo	x		x	x		x	RNF Soncor
RC-1	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
RC-2	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
RC-3	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
RC-4	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
RC-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
RC-6	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
RC-7	Pozo	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
SOPM-13	Pozo							
SOPM-14	Pozo							
SOPM-7	Pozo							
ALLANA	Pozo Bombeo							
MULLAY-1	Pozo Bombeo							
Barros Negros	Reglilla	x	x	x		x	x	RNF Soncor
Burro Muerto	Reglilla	x			x	x	x	RNF Soncor
Chaxas	Reglilla	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
L11-G1	Reglilla					x	x	Pretil corta acceso
L7-G1	Reglilla	x	x	x	x	xx	x	RNF Soncor
L7-G2	Reglilla	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
Puente San Luis	Reglilla	x			x	x	x	RNF Soncor
Puilar	Reglilla	x	x	x	x	x	x	RNF Soncor
Reglilla L1-G4	Reglilla	x	1	1	1	1		RNF Soncor

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
Reglilla L1-G4	Reglilla	x	1	1	1	1		RNF Soncor
Laguna Barros Negros	Laguna		NA	NA		NA	NA	
Laguna Chaxas	Laguna	NA ²⁸		NA	x	NA	NA	
Laguna Puilar	Laguna	x	NA	NA	x	NA	NA	

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

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 sólo 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, sólo serán presentados en esta sección.

Pozos en zona aluvial

En la Tabla 5-3 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el segundo semestre del año 2019 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 estos 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.

²⁸ La medición de la extensión lagunar con estacas para la laguna Chaxa no pudo ser medida en julio, tal y como está comprometido, pero sí en septiembre.

En el contexto del proceso de fiscalización que llevó a cabo la SMA en este periodo reportado, se tomó una medida en los puntos L7-6 y L2-7 el día 5 de septiembre, que se muestran junto con las otras mediciones del semestre en la misma Figura 5-1.

La primera medición de agosto del pozo Allana estaba fuera de la tendencia histórica y se solicitó verificar. A los 4 días se procedió a medir de nuevo, obteniéndose un valor más acorde a la tendencia esperada.

Tabla 5-3: Registro de niveles zona aluvial Sistema Soncor (WGS-84)

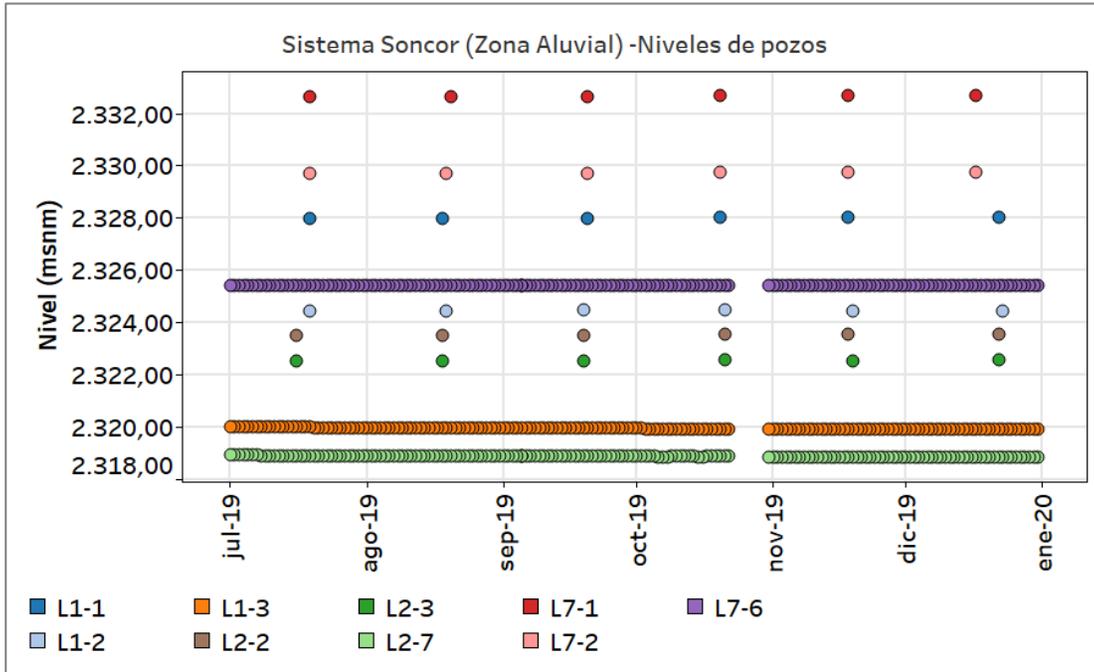
L1-1		L1-2		L2-2		L2-3	
Mes	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	2.327,958	19/07/2019	2.324,455	16/07/2019	2.323,507	16/07/2019	2.322,545
18/08/2019	2.327,980	19/08/2019	2.324,440	18/08/2019	2.323,507	18/08/2019	2.322,536
20/09/2019	2.327,952	19/09/2019	2.324,460	19/09/2019	2.323,490	19/09/2019	2.322,540
20/10/2019	2.328,001	21/10/2019	2.324,465	21/10/2019	2.323,551	21/10/2019	2.322,558
18/11/2019	2.328,026	19/11/2019	2.324,456	18/11/2019	2.323,565	19/11/2019	2.322,537
22/12/2019	2.328,016	23/12/2019	2.324,453	22/12/2019	2.323,540	22/12/2019	2.322,553

L7-1		L7-2		Mullay-1		Allana	
Mes	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	2.332,624	19/07/2019	2.329,702	19/07/2019	2.323,627	17/07/2019	2.317,103
20/08/2019	2.332,630	19/08/2019	2.329,698	18/08/2019	2.323,722	18/08/2019	2.315,948
20/09/2019	2.332,616	20/09/2019	2.329,714	20/09/2019	2.323,597	22/08/2019	2.317,208
20/10/2019	2.332,669	20/10/2019	2.329,733	20/10/2019	2.323,628	19/09/2019	2.317,258
18/11/2019	2.332,679	18/11/2019	2.329,733	18/11/2019	2.323,728	21/10/2019	2.317,360
17/12/2019	2.332,682	17/12/2019	2.329,727	22/12/2019	2.323,717	19/11/2019	2.317,500
						22/12/2019	2.317,779

L1-3			L7-6			L2-7		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.319,981	2.320,006	jul-19	2.325,410	2.325,424	jul-19	2.318,901	2.318,925
ago-19	2.319,962	2.319,980	ago-19	2.325,409	2.325,428	ago-19	2.318,883	2.318,900
sep-19	2.319,946	2.319,962	sep-19	2.325,402	2.325,414	sep-19	2.318,874	2.318,884
oct-19	2.319,929	2.319,946	oct-19	2.325,396	2.325,411	oct-19	2.318,869	2.318,876
nov-19	2.319,911	2.319,929	nov-19	2.325,397	2.325,406	nov-19	2.318,859	2.318,870
dic-19	2.319,900	2.319,910	dic-19	2.325,400	2.325,418	dic-19	2.318,844	2.318,858

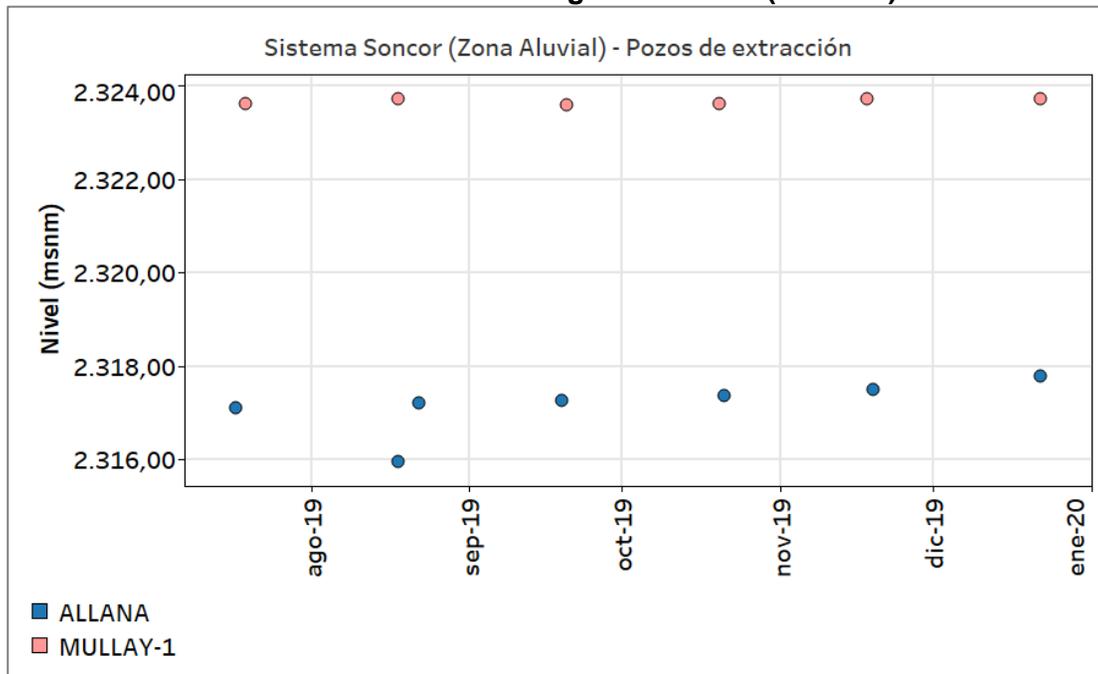
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-1: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de extracción de agua industrial (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Pozos en zona marginal

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo efectuado durante el segundo semestre del año 2019 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, la extensión del Sistema Soncor y de sus diversos comportamientos, 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 5-4 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, pero durante el periodo reportado se ha tenido acceso en forma esporádica durante los meses de agosto y septiembre (del 2019). Desde la última visita a este punto, y hasta el momento de la elaboración de este informe, no se ha podido volver a acceder al punto, por lo que no se dispone de los datos continuos desde esta fecha.

En el contexto del proceso de fiscalización que llevó a cabo la SMA en este periodo reportado, se tomó una medida en el punto L7-3 el día 5 de septiembre, que se muestran junto con las otras mediciones del semestre en la misma Figura 5-3.

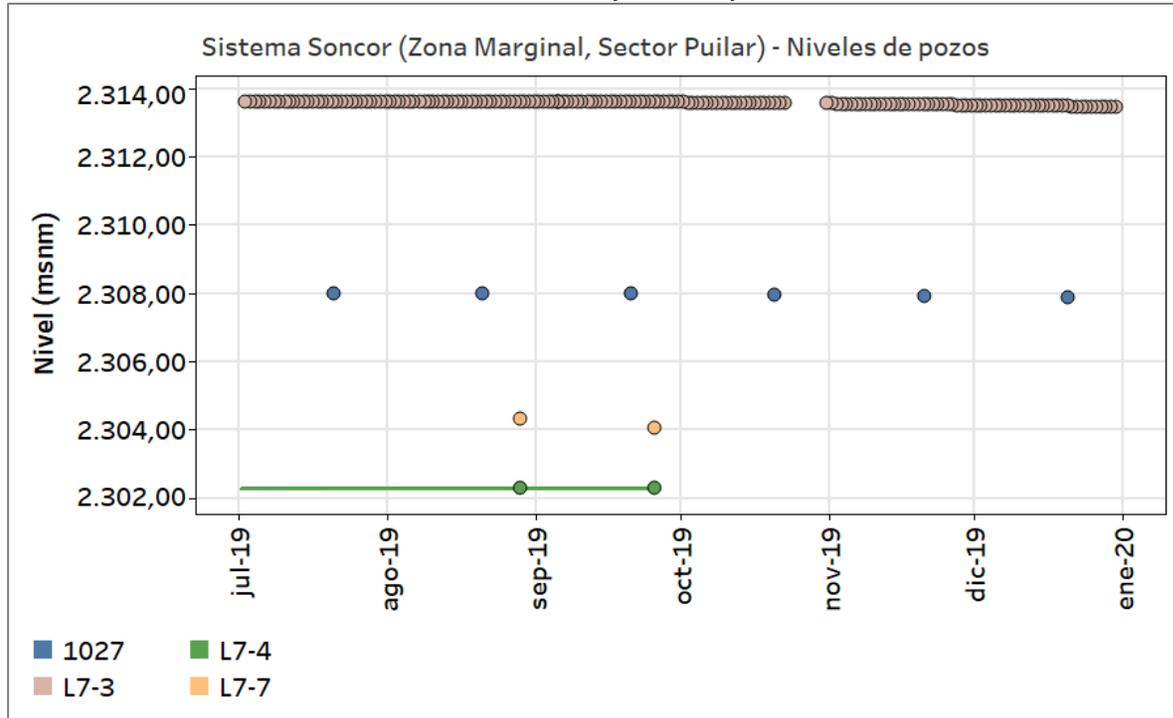
Tabla 5-4: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar (WGS 84)

L7-4		L7-7		1027	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
Jul-19	S/I	20/07/2019	S/I	20/07/2019	2.307,992
28/08/2019	2.302,293	28/08/2019	2.304,325	20/08/2019	2.308,005
25/09/2019	2.302,291	25/09/2019	2.304,061	20/09/2019	2.307,993
Oct-19	S/I	20/10/2019	S/I	20/10/2019	2.307,963
Nov-19	S/I	20/11/2019	S/I	20/11/2019	2.307,922
Dic-19	S/I	20/12/2019	S/I	20/12/2019	2.307,873

L7-3		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
jul-19	2.313,607	2.313,614
ago-19	2.313,611	2.313,617
sep-19	2.313,592	2.313,613
oct-19	2.313,555	2.313,593
nov-19	2.313,508	2.313,553
dic-19	2.313,457	2.313,507

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

Figura 5-3: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 5-5 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.

Tabla 5-5: registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)

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.)
18/07/2019	2.300,203	18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I
16/08/2019	2.300,199	18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I
16/09/2019	2.300,195	18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I
18/10/2019	2.300,163	18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I
17/11/2019	2.300,146	17/11/2019	2.299,976	18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I
21/12/2019	2.300,112	20/11/2019	2.299,972 ²⁹	18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I
		21/12/2019	2.299,927				

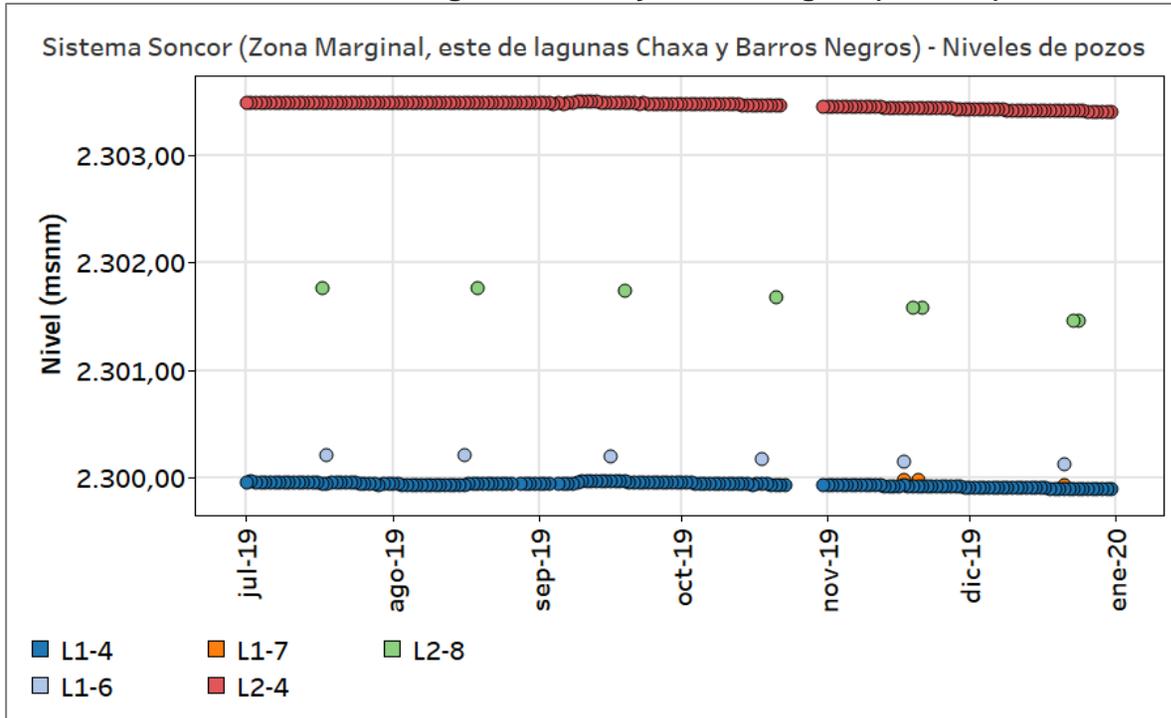
L1-15		L1-16		L7-10		L7-11	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I
19/08/2019	S/I	19/08/2019	S/I	19/08/2019	S/I	19/08/2019	S/I
19/09/2019	S/I	19/09/2019	S/I	19/09/2019	S/I	19/09/2019	S/I
19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I
19/11/2019	S/I	19/11/2019	S/I	19/11/2019	S/I	19/11/2019	S/I
19/12/2019	S/I	19/12/2019	S/I	19/12/2019	S/I	19/12/2019	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
17/07/2019	2.301,758						
19/08/2019	2.301,762	jul-19	2.299,928	2.299,954	jul-19	2.303,487	2.303,494
19/09/2019	2.301,740	ago-19	2.299,923	2.299,935	ago-19	2.303,486	2.303,492
21/10/2019	2.301,672	sep-19	2.299,931	2.299,956	sep-19	2.303,480	2.303,505
19/11/2019	2.301,583	oct-19	2.299,926	2.299,947	oct-19	2.303,458	2.303,481
21/11/2019	2.301,574	nov-19	2.299,903	2.299,927	nov-19	2.303,433	2.303,458
23/12/2019	2.301,460	dic-19	2.299,884	2.299,903	dic-19	2.303,403	2.303,433
24/12/2019	2.301,461 ²⁹						

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

²⁹ Remedición solicitada por SQM a la ETF A GP Consultores

Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Subsector al oeste y sur de la laguna Chaxa

Para el subsector ubicado al oeste y sur de la laguna Chaxa, en la Tabla 5-6 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 5-6: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (WGS-84)

RC-1		RC-2		RC-3		RC-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I
18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I
18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I
18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I
18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I
18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I

RC-5		RC-6		RC-7		L7-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I
18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I	18/08/2019	S/I
18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I
18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I	18/10/2019	S/I
18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I	18/11/2019	S/I
18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I	18/12/2019	S/I

L7-12	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/07/2019	S/I
18/08/2019	S/I
18/09/2019	S/I
18/10/2019	S/I
18/11/2019	S/I
18/12/2019	S/I

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

Subsector descarga oeste de Barros Negros

Respecto el subsector de la descarga este de la laguna Barros Negros, en el área conocida como Cola de Pez, en la Tabla 5-7 se muestran los resultados del monitoreo de los 22 puntos de control. El pozo L1-5, que pertenece al PC. Los puntos L2-12 y L2-17 tienen una mayor frecuencia de medición (semanal) por lo que, igual que los puntos del PC, en la Tabla 5-7 también se muestran los niveles máximos y mínimos mensuales. En la Figura 5-5 se muestran gráficamente los

resultados de este segundo semestre de 2019 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.

En el contexto de la auditoría interna que SQM tiene como compromiso según RCA 226/2006, y que es realizada por la consultora Golder Associates todos los segundos semestres de cada año, el punto L1-5 fue medido adicionalmente el día 27 de agosto. En este periodo también se realizó un proceso de fiscalización por parte de la SMA, donde la misma SMA tomó otra medida adicional el día 4 de septiembre.

Existen dos medidas adicionales realizadas por SQM, que complementan las mediciones efectuadas por la ETFA. Se trata de la medida del 6 de septiembre en el punto P1-2 y la del 18 de diciembre en el punto P1-3.

En la Figura 5-6 puede verse que hay periodos en que no se validan los datos continuos; los motivos que llevan a no validarlos es que las mediciones de los transductores de presión dejan de ser representativos del medio y por lo tanto se registran anomalías producidas por el equipo.

Tabla 5-7: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Cola de Pez (WGS-84)

L1-8		L1-11		L1-12		L1-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
18/07/2019	S/l	18/07/2019	S/l	18/07/2019	S/l	18/07/2019	S/l
18/08/2019	S/l	18/08/2019	S/l	18/08/2019	S/l	18/08/2019	S/l
18/09/2019	S/l	18/09/2019	S/l	18/09/2019	S/l	18/09/2019	S/l
18/10/2019	S/l	18/10/2019	S/l	18/10/2019	S/l	15/10/2019	2.299,692
18/11/2019	S/l	18/11/2019	S/l	18/11/2019	S/l	18/11/2019	S/l
18/12/2019	S/l	18/12/2019	S/l	18/12/2019	S/l	18/12/2019	S/l

L1-14		GD-01		L2-11		L2-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
18/07/2019	S/l	20/07/2019	2.299,208	18/07/2019	2.299,241	18/07/2019	2.299,194
18/08/2019	S/l	20/08/2019	2.299,162	16/08/2019	2.299,203	16/08/2019	2.299,153
18/09/2019	S/l	20/09/2019	2.299,144	18/09/2019	2.299,188	18/09/2019	2.299,144
18/10/2019	S/l	20/10/2019	2.299,128	18/10/2019	2.299,165	18/10/2019	2.299,123
18/11/2019	S/l	20/11/2019	2.299,119	15/11/2019	2.299,147	17/11/2019	2.299,107
18/12/2019	S/l	20/12/2019	2.299,097	15/12/2019	2.299,119	15/12/2019	2.299,082

L2-18		L2-19		L2-22		L2-24	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
18/07/2019	2.299,325	18/07/2019	2.299,212	18/07/2019	S/l	18/07/2019	S/l
16/08/2019	2.299,291	16/08/2019	2.299,177	18/08/2019	S/l	18/08/2019	S/l
27/08/2019	2.299,283	18/09/2019	2.299,153	18/09/2019	S/l	18/09/2019	S/l
18/09/2019	2.299,268	18/10/2019	2.299,138	18/10/2019	S/l	18/10/2019	S/l
18/10/2019	2.299,252	17/11/2019	2.299,124	18/11/2019	S/l	18/11/2019	S/l
17/11/2019	2.299,239	15/12/2019	2.299,109	18/12/2019	S/l	18/12/2019	S/l
15/12/2019	2.299,223						

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.)
15/07/2019	2.299,547	15/07/2019	2.299,441	15/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I
15/08/2019	2.299,507	15/08/2019	2.299,407	15/08/2019	S/I	15/08/2019	S/I
15/09/2019	2.299,485	06/09/2019	2.299,392 ³⁰	15/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I
16/10/2019	2.299,462	15/09/2019	2.299,391	17/10/2019	2.299,494	17/10/2019	2.299,595
15/11/2019	2.299,446	16/10/2019	2.299,375	15/11/2019	2.299,477	15/11/2019	2.299,575
16/12/2019	2.299,429	15/11/2019	2.299,359	16/12/2019	2.299,454	16/12/2019	2.299,554
		16/12/2019	2.299,336	18/12/2019	2.299,457 ³⁰		

P1-5		P1-6		P1-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
15/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I
15/08/2019	S/I	15/08/2019	S/I	15/08/2019	S/I
15/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I
17/10/2019	2.299,437	17/10/2019	2.299,412	17/10/2019	2.299,607
15/11/2019	S/I	15/11/2019	S/I	15/11/2019	S/I
15/12/2019	S/I	15/12/2019	S/I	15/12/2019	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
jul-19	2.299,665	2.299,705	jul-19	2.299,204	2.299,244	jul-19	2.299,246	2.299,281
ago-19	2.299,632	2.299,663	ago-19	2.299,182	2.299,195	ago-19	2.299,210	2.299,236
sep-19	2.299,615	2.299,631	sep-19	2.299,172	2.299,181	sep-19	2.299,193	2.299,206
oct-19	2.299,598	2.299,616	oct-19	2.299,155	2.299,168	oct-19	2.299,180	2.299,191
nov-19	2.299,579	2.299,598	nov-19	2.299,129	2.299,148	nov-19	2.299,159	2.299,172
dic-19	2.299,556	2.299,578	dic-19	2.299,105	2.299,122	dic-19	2.299,138	2.299,157

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

³⁰ Medida adicional tomada por SQM

Figura 5-5: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez (WGS-84)

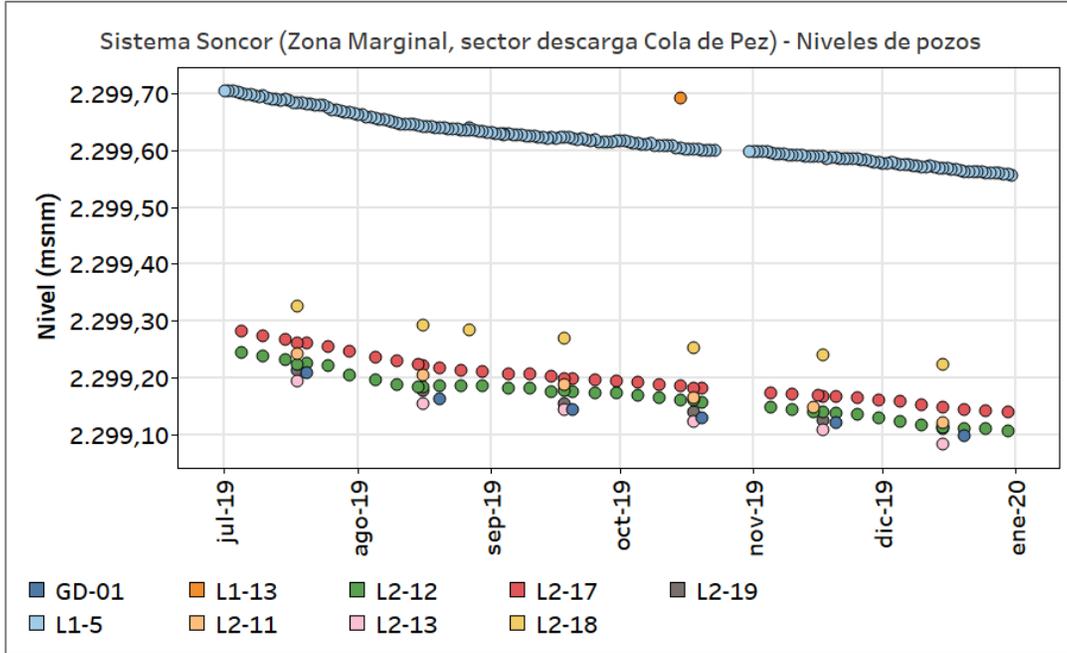
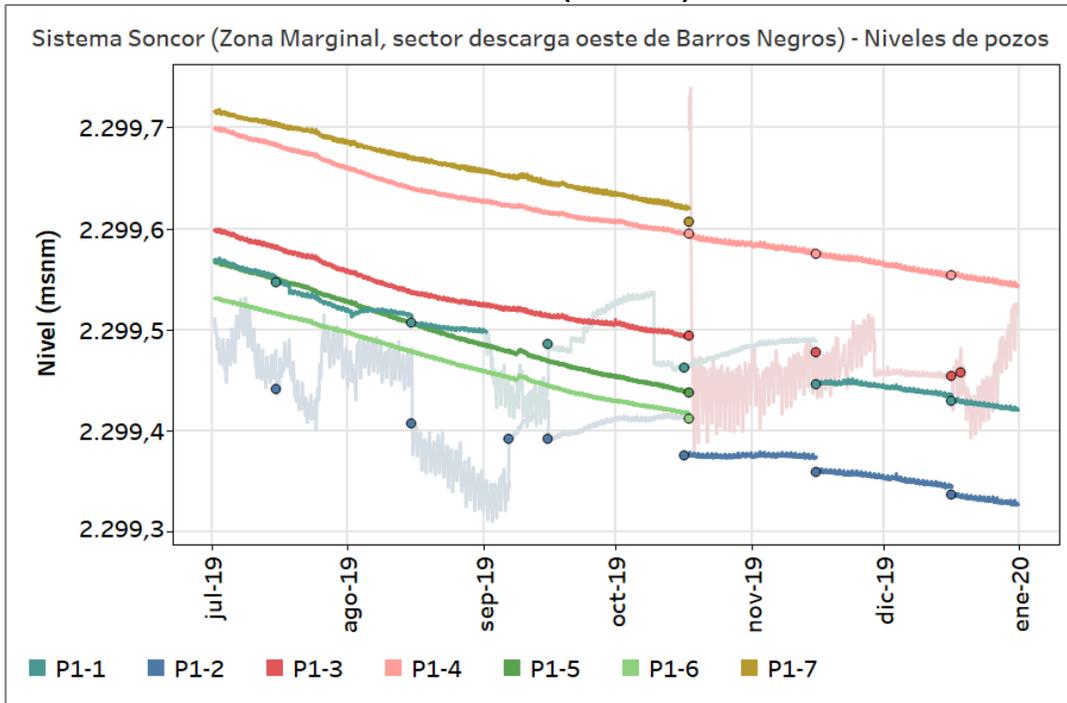


Figura 5-6: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez (WGS-84)



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 5-8 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.

Como puede observarse, los puntos L2-23, P2-4 y P2-5 no se muestran los datos en continuo a partir de octubre y es que desde la última medida manual y hasta el momento de la realización de este informe, no se ha podido volver a visitar el punto, por lo que no se han podido descargar los datos.

**Tabla 5-8: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga
Barros Negros Sur (WGS-84)**

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.)
17/07/2019	2299,713	15/07/2019	2299,390	18/07/2019	S/I	17/07/2019	2299,765
16/08/2019	2299,715	15/08/2019	2299,356	18/08/2019	S/I	16/08/2019	2299,761
16/09/2019	2299,709	15/09/2019	2299,332	18/09/2019	S/I	16/09/2019	2299,762
18/10/2019	2299,687	16/10/2019	2299,286	18/10/2019	S/I	18/10/2019	2299,718
17/11/2019	2299,667	15/11/2019	2299,248	17/11/2019	2299,772	17/11/2019	2299,675
21/12/2019	2299,637	16/12/2019	2299,202	20/11/2019	2299,768 ³¹	21/12/2019	2299,620
				21/12/2019	2299,733		

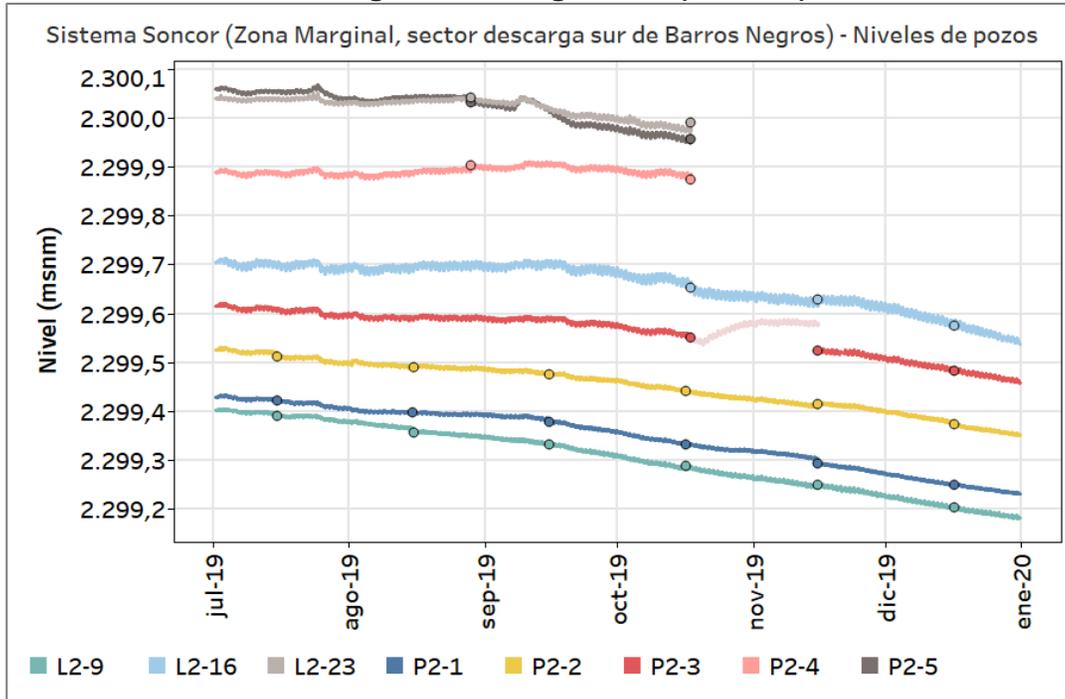
L2-15		L2-16		L2-23		P2-1	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
17/07/2019	2299,683	15/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I	15/07/2019	2299,421
16/08/2019	2299,673	15/08/2019	S/I	28/08/2019	2300,042	15/08/2019	2299,396
16/09/2019	2299,661	15/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I	15/09/2019	2299,377
18/10/2019	2299,560	17/10/2019	2299,653	17/10/2019	2299,992	16/10/2019	2299,330
17/11/2019	2299,469	15/11/2019	2299,629	15/11/2019	S/I	15/11/2019	2299,293
20/11/2019	2299,460 ³¹	16/12/2019	2299,575	15/12/2019	S/I	16/12/2019	2299,249
21/12/2019	2299,387						

P2-2		P2-3		P2-4		P2-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
15/07/2019	2299,512	15/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I
15/08/2019	2299,490	15/08/2019	S/I	28/08/2019	2299,903	28/08/2019	2300,033
15/09/2019	2299,474	15/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I
16/10/2019	2299,441	17/10/2019	2299,549	17/10/2019	2299,875	17/10/2019	2299,958
15/11/2019	2299,414	15/11/2019	2299,523	15/11/2019	S/I	15/11/2019	S/I
16/12/2019	2299,372	16/12/2019	2299,483	15/12/2019	S/I	15/12/2019	S/I

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

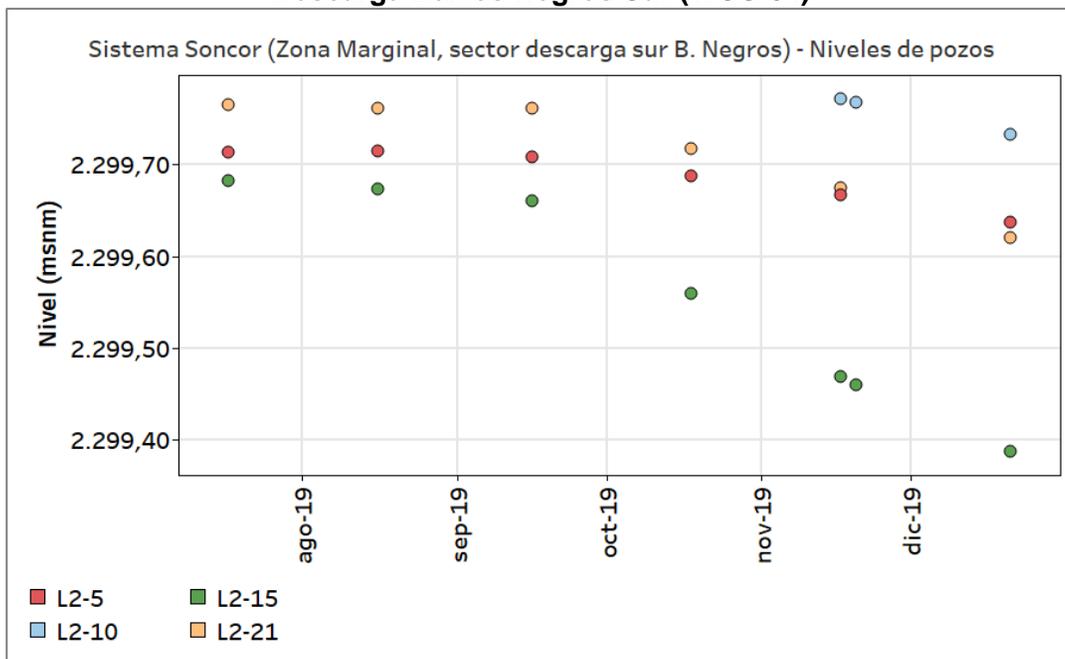
³¹ Remedición solicitada por SQM a la ETFA GP Consultores

Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector descarga Barros Negros Sur (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia. En opaco se muestran los valores continuos no validados.

Figura 5-8: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Subsector norte del Salar

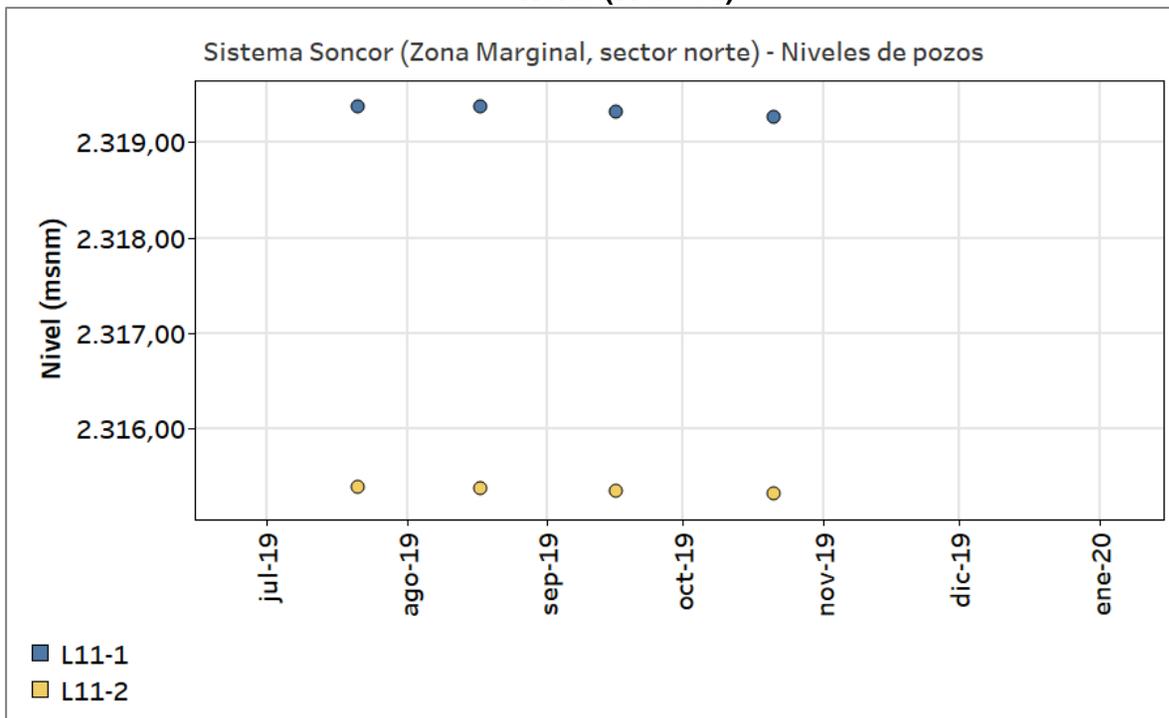
Para el subsector ubicado al norte del Salar, el resultado de las mediciones de nivel de agua subterránea se muestra en la Tabla 5-9, y de forma gráfica en la Figura 5-9.

Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)

L11-1		L11-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
21/07/2019	2.319,378	21/07/2019	2.315,382
17/08/2019	2.319,370	17/08/2019	2.315,367
16/09/2019	2.319,327	16/09/2019	2.315,339
21/10/2019	2.319,272	21/10/2019	2.315,312
17/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I
17/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I

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

Figura 5-9: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Pozos en zona Núcleo

En la Tabla 5-10 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 5-10 se muestran gráficamente todas las medidas.

Como puede verse, el punto 2021 dispone además de medición en continuo. Al respecto, existen datos que no se han validado, ya que se puede ver como el transductor de presión midió un efecto que no es representativo del medio, en el momento de la visita al punto se procedió a resetear el diver y se subsanó así el problema.

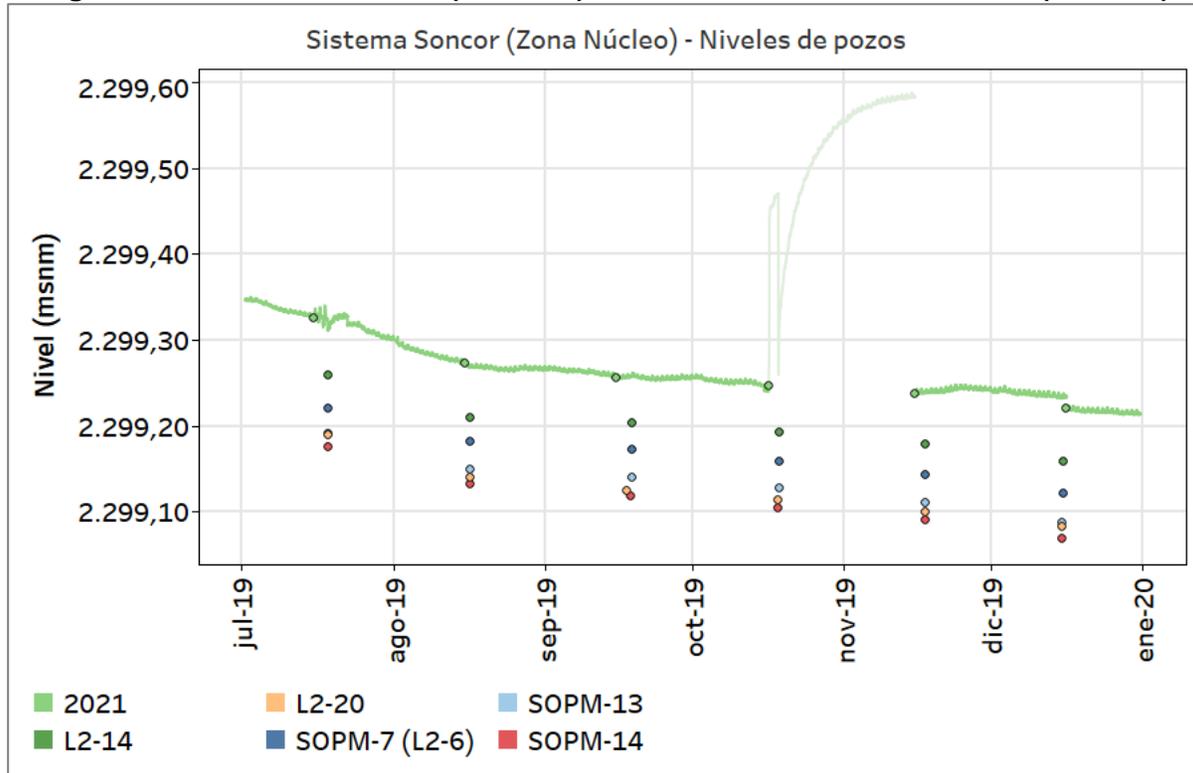
Tabla 5-10: Registro de niveles zona núcleo Sistema Soncor (WGS-84)

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.)
18/07/2019	2.299,220	18/07/2019	2.299,191	18/07/2019	2.299,175
16/08/2019	2.299,181	16/08/2019	2.299,149	16/08/2019	2.299,132
18/09/2019	2.299,172	18/09/2019	2.299,140	18/09/2019	2.299,118
18/10/2019	2.299,159	18/10/2019	2.299,127	18/10/2019	2.299,104
17/11/2019	2.299,143	17/11/2019	2.299,111	17/11/2019	2.299,091
15/12/2019	2.299,121	15/12/2019	2.299,087	15/12/2019	2.299,069

L2-14		L2-20		2021	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/07/2019	2.299,259	18/07/2019	2.299,189	15/07/2019	2.299,326
16/08/2019	2.299,210	16/08/2019	2.299,140	15/08/2019	2.299,273
18/09/2019	2.299,203	17/09/2019	2.299,125	15/09/2019	2.299,256
18/10/2019	2.299,193	18/10/2019	2.299,113	16/10/2019	2.299,246
17/11/2019	2.299,179	17/11/2019	2.299,100	15/11/2019	2.299,237
15/12/2019	2.299,159	15/12/2019	2.299,082	16/12/2019	2.299,220

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-10: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial Sistema Soncor (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia. En opaco se muestran los valores continuos no validados.

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 5-11 se muestran las mediciones que se han podido llevar a cabo, en la Figura 5-11 se muestran las medidas del punto L1-G4 (reglilla y pozo) y en la Figura 5-12 de la reglilla L11-G1.

Tabla 5-11: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor (WGS-84)

L11-G1		L1-G4 POZO		L7-G1		L7-G2 POZO	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
21/07/2019	2.315,205	15/07/2019	S/I	18/07/2019	S/I	17/07/2019	S/I
17/08/2019	2.315,205	28/08/2019	2.299,605	18/08/2019	S/I	17/08/2019	S/I
16/09/2019	2.315,199	15/09/2019	S/I	18/09/2019	S/I	17/09/2019	S/I
21/10/2019	2.315,086	17/10/2019	2.299,554	18/10/2019	S/I	17/10/2019	S/I
17/11/2019	S/I	15/11/2019	2.299,539	18/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I
17/12/2019	S/I	16/12/2019	2.299,519	18/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I

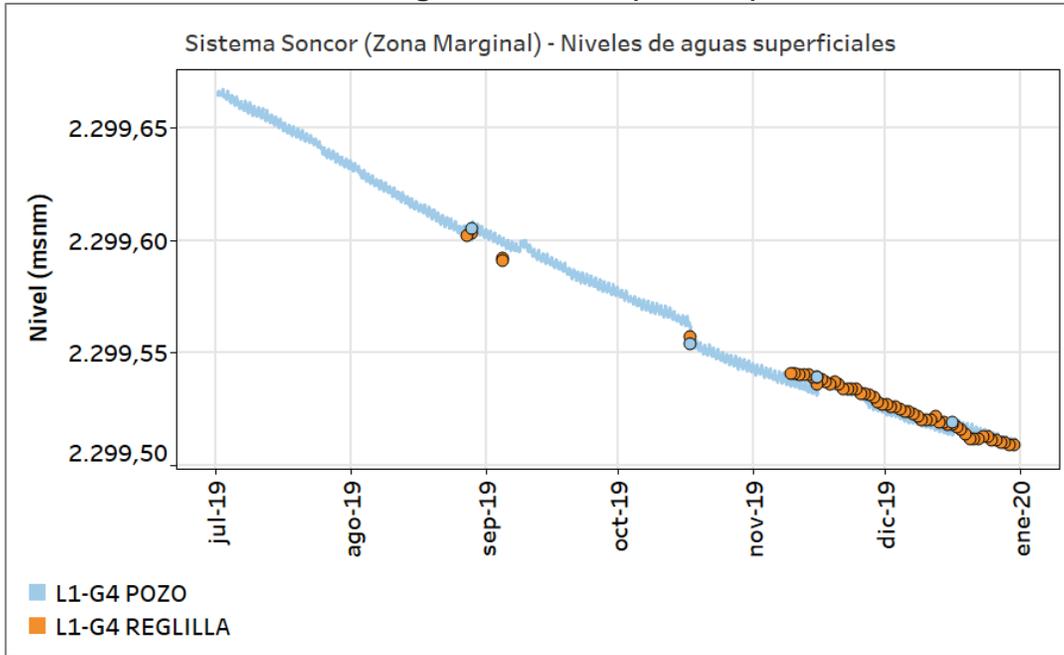
L7-G2 REGLILLA		L1-G4 REGLILLA			
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha/ Mes	Nivel (m s.n.m.)		
			mínimo	máximo	Nivel
17/07/2019	S/I	jul-19	S/I	S/I	S/I
17/08/2019	S/I	27/08/2019	-	-	2.299,602
17/09/2019	S/I	28/08/2019	-	-	2.299,603
17/10/2019	S/I	04/09/2019	-	-	2.299,591 ³²
17/11/2019	S/I	04/09/2019	-	-	2.299,592 ³³
17/12/2019	S/I	17/10/2019	-	-	2.299,557
		nov-19	2.299,527	2.299,541	-
		dic-19	2.299,508	2.299,527	-

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

³² Valor medido por la SMA en el contexto de la fiscalización que llevó a cabo este semestre.

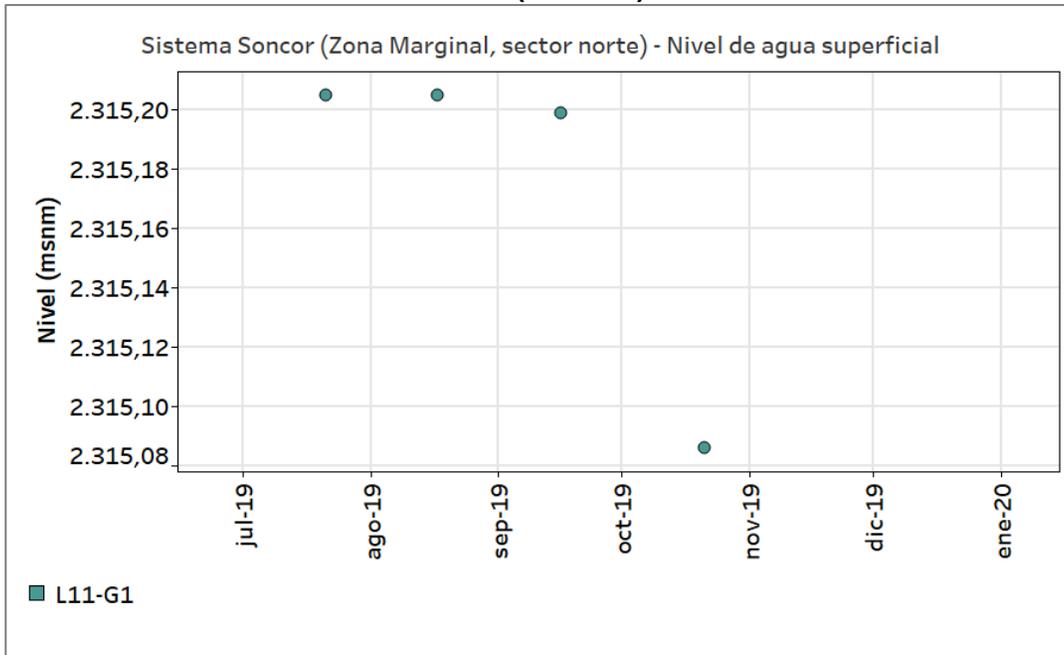
³³ Valor medido por SQM en el momento en que acompañó a la SMA durante el proceso de fiscalización.

Figura 5-11: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor - Subsector descarga Cola de Pez (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: Nivel observado (m s.n.m.) en las reglillas del Sistema Soncor - Subsector norte (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Nivel sector Puente San Luis

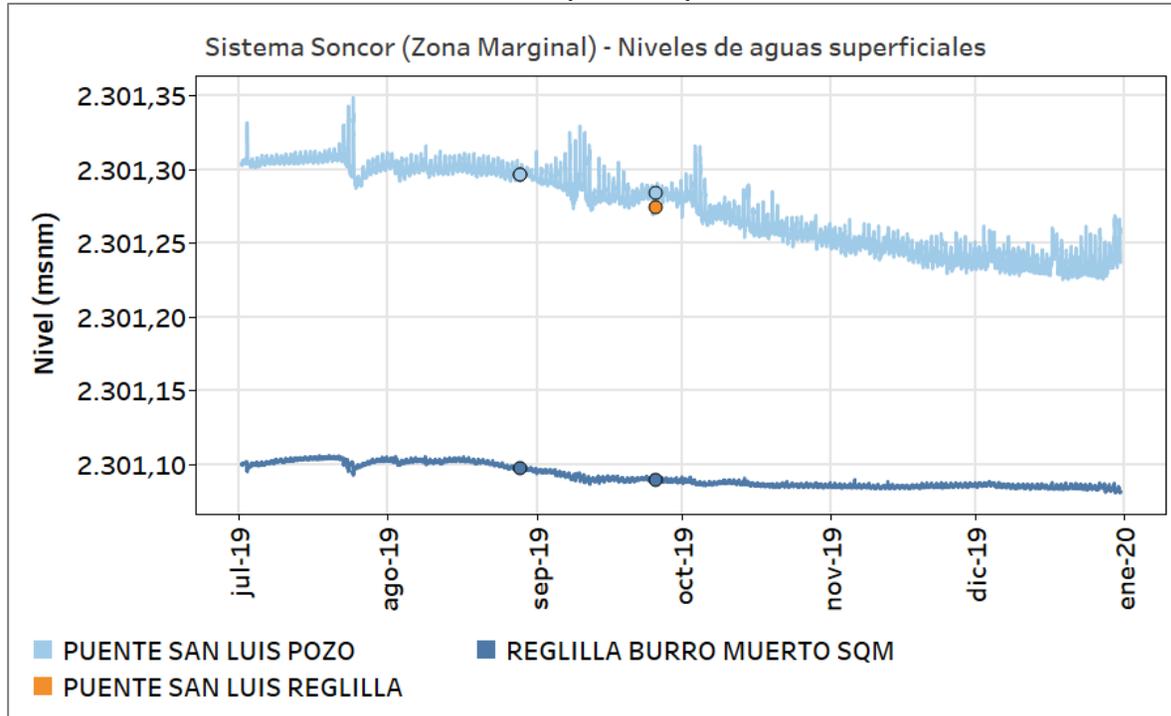
En el sector del Puente San Luis, se encuentran 4 puntos de medición de agua superficial (reglillas). En la Tabla 5-12 se presenta los datos recogidos del monitoreo efectuado para este segundo semestre de 2019 y en la Figura 5-13 el registro gráfico. Los puntos Reglilla Puente San Luis y Reglilla Burro Muerto SQM disponen además de medición en continuo además de mediciones manuales en donde se encuentra instalado el transductor de presión, denominadas Puente San Luis Pozo y Reglilla Burro Muerto SQM respectivamente.

Tabla 5-12: Registro de niveles en reglillas del sector Soncor – subsector del punto Puente San Luis (WGS-84)

PUENTE SAN LUIS POZO		REGLILLA PUENTE SAN LUIS		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.)
17/07/2019	S/I	17/07/2019	S/I	17/07/2019	S/I	jul-19	S/I
28/08/2019	2.301,296	28/08/2019	2.301,296	28/08/2019	2.301,097	oct-19	S/I
25/09/2019	2.301,284	25/09/2019	2.301,274	25/09/2019	2.301,089		
17/10/2019	S/I	17/10/2019	S/I	17/10/2019	S/I		
17/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I		
17/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I		

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

Figura 5-13: Nivel observado (m s.n.m.) del Sistema Soncor – sector Puente San Luis (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 5-13 se presentan los niveles que se han podido tomar para este segundo semestre de 2019. En la Figura 5-14 se muestran los únicos datos que se han podido descargar para este semestre de 2019, que son los de la reglilla de SQM de Barros Negros y que se obtuvieron durante la visita del día 15 de octubre.

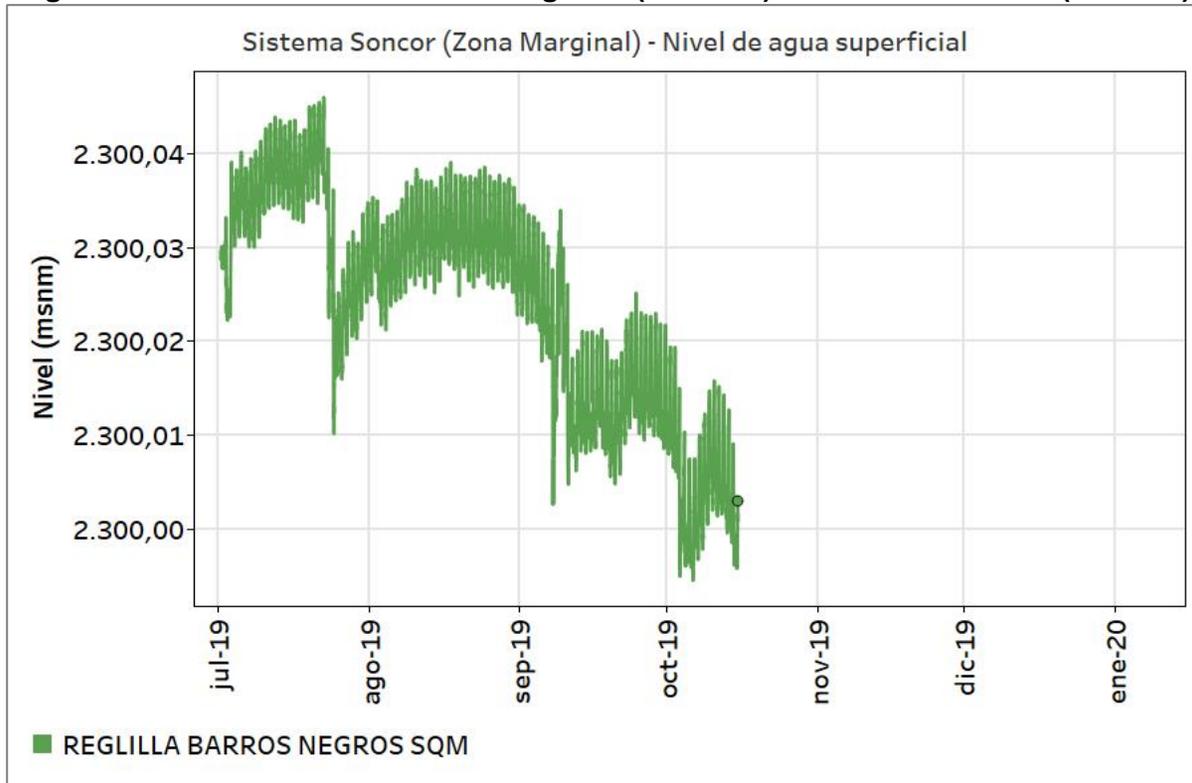
Tabla 5-13: Registro de niveles para las lagunas del sector Soncor (WGS-84)

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.)
15/07/2019	S/I	17/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I
15/08/2019	S/I	17/08/2019	S/I	15/08/2019	S/I
15/09/2019	S/I	17/09/2019	S/I	15/09/2019	S/I
15/10/2019	2.300,003	17/10/2019	S/I	15/10/2019	S/I
15/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I	15/11/2019	S/I
15/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I	15/12/2019	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.)
jul-19	S/I	jul-19	S/I	jul-19	S/I
oct-19	S/I	oct-19	S/I	oct-19	S/I

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

Figura 5-14: Nivel observado de las lagunas (m s.n.m.) del Sistema Soncor (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Meteorología

En la Tabla 5-14 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de los parámetros registrados en la estación meteorológica Chaxa: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, a nivel diario, para el período comprendido entre julio y diciembre de 2019. Los resultados gráficos se exponen en la Figura 5-15.

Para más información sobre las series de datos meteorológicos de la estación Chaxa, ver Anexo 14.1, 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.

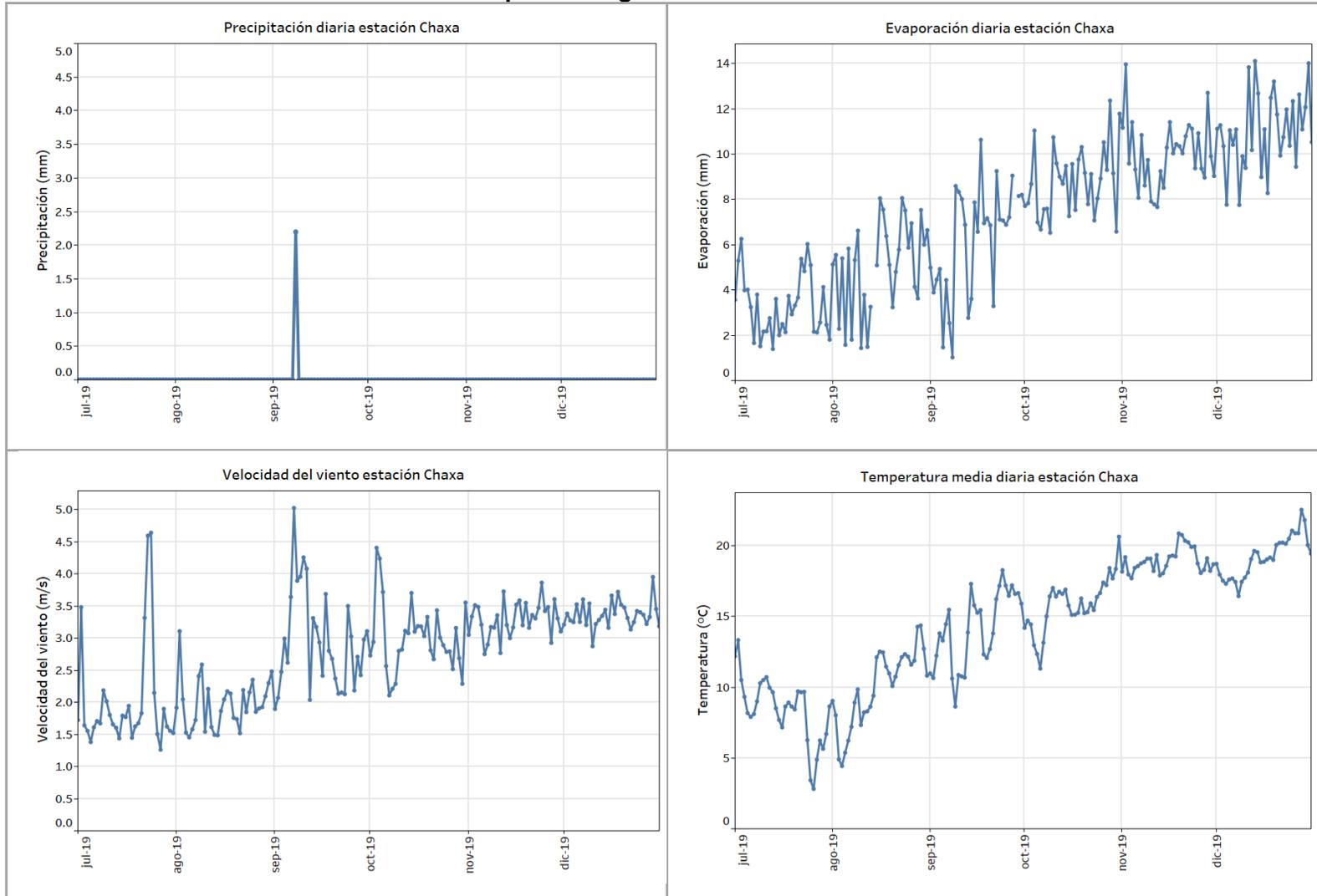
Tabla 5-14: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura de la estación meteorológica de Chaxa

Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación	mm/día	0,00	2,20	0,01	0,16
Evaporación ³⁴	mm/día	1,03	14,10	7,40	3,29
Velocidad del viento	m/s	1,26	5,03	2,76	0,80
Temperatura media diaria	°C	2,82	22,54	14,39	4,60

Fuente: Elaboración propia.

³⁴ Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de evaporación en todo el periodo (entre el 01-07-2019 y el 31-12-2019) debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 14.2).

Figura 5-15: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el segundo semestre de 2019



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 5-15 se presentan los caudales de extracción registrados en cada uno de ellos, como flujo medio mensual durante el período julio a diciembre de 2019. A modo de respaldo, se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. A partir de este último valor, que se divide por entre el número de días que componen cada mes, es que se obtiene el volumen promedio mensual reportado. En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

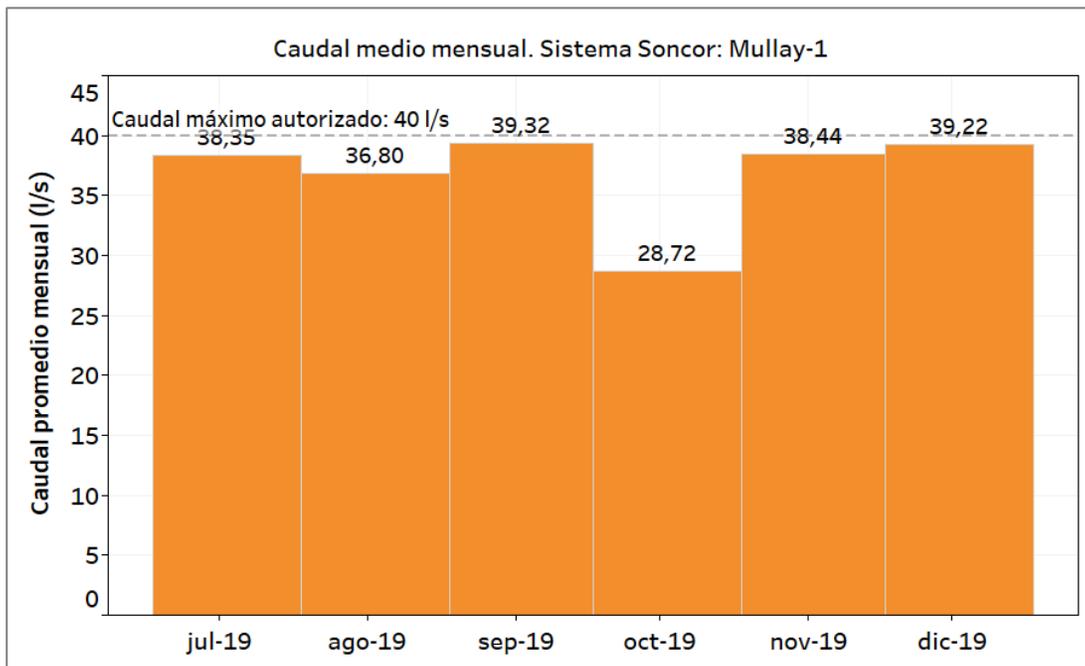
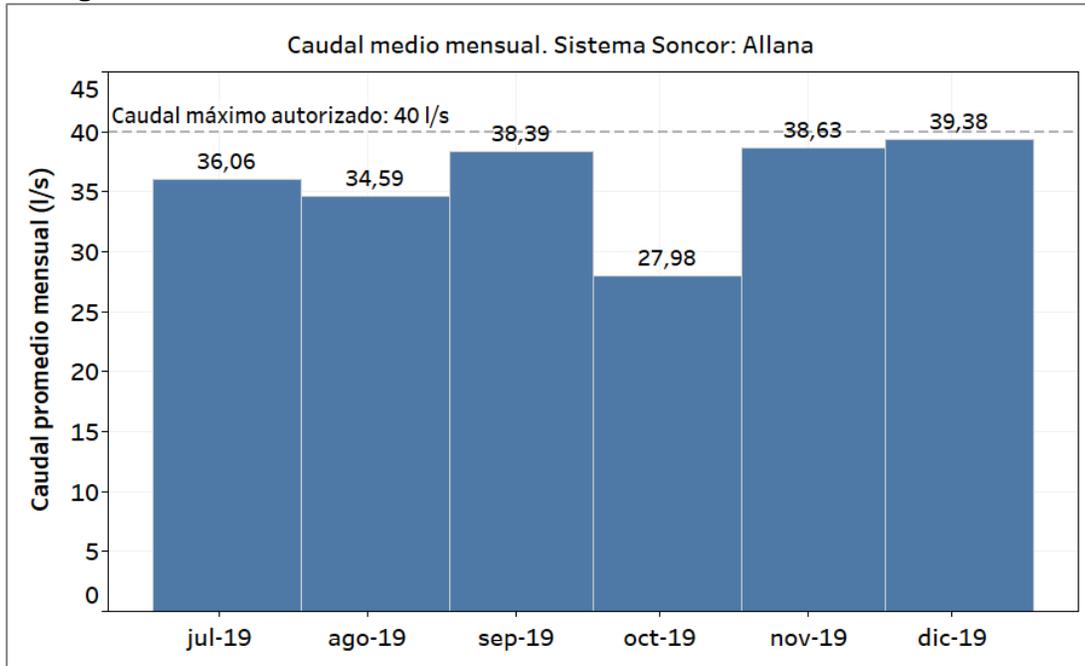
Por su parte, en la Figura 5-16 se muestran los resultados en forma gráfica. Como se observa, los flujos de extracción se mantuvieron por debajo del máximo establecido en la autorización ambiental para cada uno de los pozos, el cual es de 40 L/s.

Tabla 5-15: Caudal medio mensual bombeado Sistema Soncor para el segundo semestre de 2019

Pozo	Mes	Fecha flujómetro (m3)	Volumen flujómetro (m3)	Volumen mensual (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
Allana	jul-19	01/07/2019 0:00	280.487,81	96.590,28	36,06
	ago-19	01/08/2019 0:00	377.078,09	92.634,82	34,59
	sep-19	01/09/2019 0:00	469.712,91	99.515,15	38,39
	oct-19	01/10/2019 0:00	569.228,06	74.930,63	27,98
	nov-19	01/11/2019 0:00	644.158,69	100.119,31	38,63
	dic-19	01/12/2019 0:00	744.278,00	105.482,50	39,38
	ene-20	01/01/2020 0:00	849.760,50	-	-
Mullay-1	jul-19	01/07/2019 0:00	286.528,41	102.727,93	38,35
	ago-19	01/08/2019 0:00	389.256,34	98.568,38	36,80
	sep-19	01/09/2019 0:00	487.824,72	101.922,41	39,32
	oct-19	01/10/2019 0:00	589.747,13	76.910,06	28,72
	nov-19	01/11/2019 0:00	666.657,19	99.638,37	38,44
	dic-19	01/12/2019 0:00	766.295,56	105.056,57	39,22
	ene-20	01/01/2020 0:00	871.352,13	-	-

Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

En esta sección se presentan los resultados del de las mediciones y análisis fisicoquímicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Soncor durante el segundo semestre del año 2019. 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 Santiago en el presente período). El monitoreo del resto de los parámetros comprometidos en los cuatro puntos de control de cuerpos lacustres del Sistema Soncor estuvo, hasta diciembre de 2018, a cargo de CONAF en el marco del convenio CONAF-SQM. Debido al término del convenio, y al igual que el semestre anterior, durante el presente semestre los monitoreos fueron encomendados a la empresa Geobiota – Aquaexpert y los análisis fueron realizados por la ETFAs Hidrolab y Universidad Católica del Norte (UCN).

En el Anexo 10.1 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre³⁵ y todos los resultados tabulados para el actual semestre se encuentran en el Anexo 10.4. Además, en el Anexo 10.1 se presentan los certificados de autorización de los laboratorios empleados para este periodo como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs). En el Anexo 10.3 se entregan los certificados de la cadena de custodia de las muestras.

Muestreo de aguas red monitoreo SQM (ETFA)

En la Tabla 5-16 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua y salmuera tomadas en terreno (ALS en julio de 2019, GP Consultores en octubre de 2019 y Algoritmos en noviembre de 2019) y analizadas por el laboratorio ALS (julio, octubre y noviembre de 2019), a los pozos de monitoreo durante el segundo semestre del año 2019. La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-17 para las campañas del tercer y cuarto trimestre de 2019. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. En el muestreo del tercer trimestre de 2019 no resultó posible acceder a los puntos: L7-G1 y L1-G4 Reglilla por otro lado, en el muestreo del cuarto trimestre no resultó posible acceder a L7-G1 debido a las restricciones de acceso de acuerdo al protocolo de monitoreo de la RNF.

³⁵ Los valores históricos en conjunto con los informes de laboratorio asociados fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Tabla 5-16: Resultados calidad del agua Sistema Soncor primer semestre de 2019³⁶

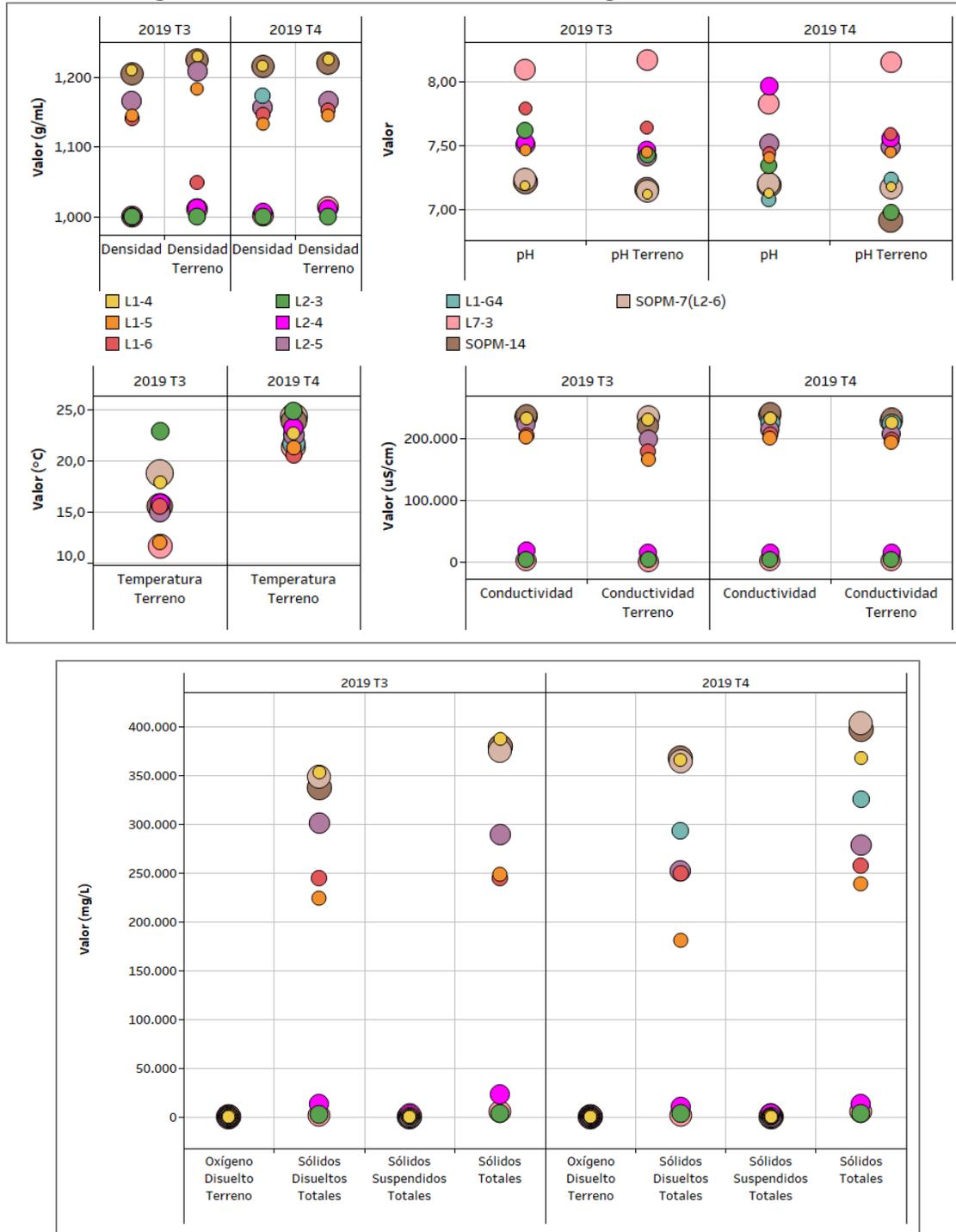
Parámetro	Unidad	L1-4		L1-5		L1-6		L2-3		L2-4		L1-G4 Reglilla
		24/07/19	26/11/19	24/07/19	26/11/19	24/07/19	26/11/19	25/07/19	29/11/19	25/07/19	29/11/19	17/10/19
Conductividad	μS/cm	230.700	232.000	201.000	198.600	203.200	205.000	3.371	3.940	19.350	15.870	225.000
Conductividad Terreno	μS/cm	229.000	224.000	164.600	193.200	177.900	197.300	3.400	4.150	15.270	15.540	222.800
Densidad	g/mL	1,210	1,216	1,145	1,133	1,140	1,146	1,000	1,000	1,000	1,006	1,174
Densidad Terreno	g/mL	1,230	1,225	1,183	1,145	1,049	1,153	1,000	1,000	1,012	1,010	S/ ³⁷
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	4,32	4,14	3,85	2,84	6,17	3,30	6,28	4,60	4,89	4,60	1,93
pH	-	7,18	7,12	7,46	7,40	7,78	7,43	7,61	7,34	7,52	7,96	7,07
pH Terreno	-	7,11	7,17	7,44	7,44	7,63	7,58	7,42	6,97	7,46	7,55	7,23
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	352.400	365.200	224.000	180.400	244.200	249.600	2.697	2.880	13.200	10.290	292.800
Sólidos Suspendidos	mg/L	33	19	62	20	20	10	19	17	2.383	2.706	312
Sólidos Totales	mg/L	386.400	367.600	248.400	238.400	244.000	256.800	2.742	3.172	22.360	13.100	325.200
Temperatura Terreno	°C	17,9	22,6	12,0	21,2	15,5	20,5	22,8	24,8	15,8	23,2	21,6
Parámetro	Unidad	L2-5		L7-3		SOPM-14		SOPM-7 (L2-6)		L7-G1		
		24/07/19	26/11/19	25/07/19	29/11/19	24/07/19	26/11/19	24/07/19	26/11/19	#		
Conductividad	μS/cm	221.000	214.000	1.944	2.050	235.900	239.000	234.300	237.000	S/I		
Conductividad Terreno	μS/cm	197.600	207.000	1.410	2.040	219.300	231.000	234.000	227.000	S/I		
Densidad	g/mL	1,165	1,156	1,000	1,001	1,205	1,215	1,205	1,217	S/I		
Densidad Terreno	g/mL	1,208	1,165	1,011	1,013	1,224	1,220	1,221	1,222	S/I		
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,33	4,85	6,81	6,68	5,10	3,20	5,67	4,55	S/I		
pH	-	7,50	7,51	8,09	7,82	7,21	7,18	7,23	7,20	S/I		
pH Terreno	-	7,41	7,48	8,16	8,15	7,15	6,91	7,14	7,16	S/I		
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	300.200	251.200	1.408	1.316	336.800	367.600	348.400	363.600	S/I		
Sólidos Suspendidos	mg/L	60	15	1.870	2.520	105	21	20	21	S/I		
Sólidos Totales	mg/L	288.400	277.600	5.404	4.820	379.200	396.400	374.800	402.800	S/I		
Temperatura Terreno	°C	15,0	22,5	11,6	21,3	15,5	23,8	18,7	24,3	S/I		

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

³⁶ 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 N°226/2206. 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).

³⁷ La densidad de terreno es un parámetro voluntario medido por SQM y no pudo ser medido en el L1-G4 Reglilla en octubre al no acompañar SQM a GP Consultores.

Figura 5-17: Resultados de calidad de agua Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia

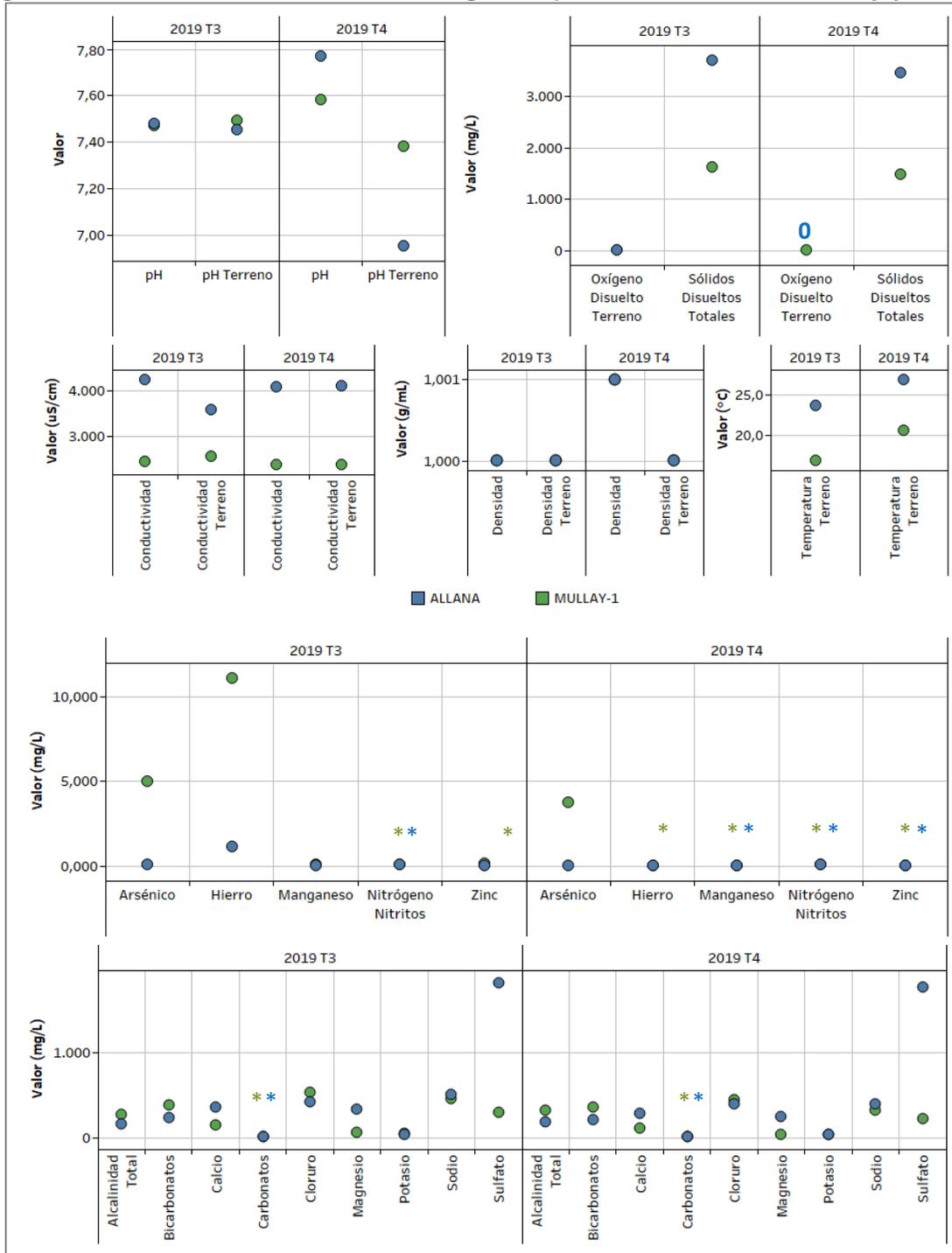
En la Tabla 5-17 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay y Allana durante el segundo semestre de 2019. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-18.

Tabla 5-17: Resultados calidad del agua en pozos de extracción para el primer semestre de 2019

Parámetro	Unidad	Mullay-1		Allana	
		25/07/2019	28/11/2019	25/07/2019	28/11/2019
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	269,00	310,60	155,00	182,80
Arsénico	mg/L	4,9637	3,7557	0,0745	0,0332
Bicarbonatos	mg/L	383	353	234	207
Calcio	mg/L	142,0	100,0	355,0	274,9
Carbonatos	mg/L	<10	<10	<10	<10
Cloruro	mg/L	531,320	444,520	417,710	388,760
Conductividad	µS/cm	2.446	2.380	4.235	4.080
Conductividad Terreno	µS/cm	2.560	2.370	3.570	4.090
Densidad	g/mL	1,000	1,001	1,000	1,001
Densidad Terreno	g/mL	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro	mg/L	11,100	<0,006	1,160	0,016
Magnesio	mg/L	53,700	35,186	328,000	243,152
Manganeso	mg/L	0,0928	<0,0001	0,0113	<0,0001
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,770	0,320	1,440	0,410
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	6,46	5,78	6,28	S/I*
pH	-	7,47	7,58	7,48	7,77
pH Terreno	-	7,49	7,38	7,45	6,95
Potasio	mg/L	47,000	31,986	35,500	27,907
Sodio	mg/L	457,00	312,97	496,00	385,61
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.627	1.476	3.710	3.468
Sulfato	mg/L	287,480	212,780	1.805,730	1.759,230
Temperatura Terreno	°C	16,9	20,6	23,7	26,9
Zinc	mg/L	0,153	<0,0007	<0,005	<0,0007

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. * Parámetro voluntario, no pudo ser medido por ETFA.

Figura 5-18: Resultados de calidad del agua en pozos de extracción Mullay y Allana



Fuente: Elaboración propia. *Los valores <LD se representan como = LD. 0 = Parámetro no medido por ETFA. En ambos casos el color se refiere a la infraestructura.

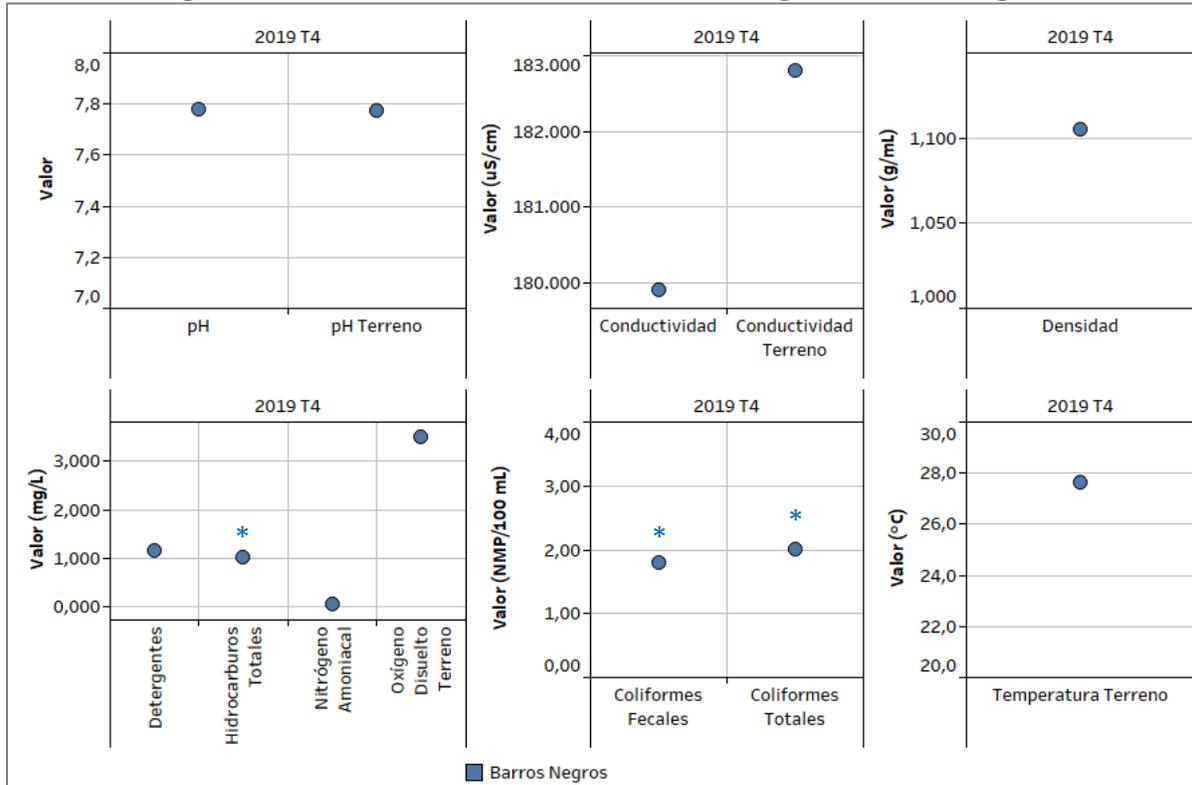
En la Tabla 5-18 se presentan los resultados del monitoreo efectuado por ALS en los sistemas lacustres de Chaxa y Barros Negros durante el segundo semestre de 2019. Los resultados gráficos para ambos sistemas se muestran en la Figura 5-19. Cabe señalar que no fue posible efectuar el monitoreo del tercer trimestre en ninguna de las lagunas y en el cuarto trimestre únicamente fue posible realizar el muestreo en Barros Negros, debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional en este periodo (ver anexo 10.1).

Tabla 5-18: Resultados monitoreo ALS en laguna Barros Negros

Parámetro	Unidad	Barros Negros
		15/10/2019
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,8
Coliformes Totales	NMP/100 mL	<2
Conductividad	µS/cm	179.900
Conductividad Terreno	µS/cm	182.800
Densidad	g/mL	1,105
Densidad Terreno	g/mL	S/I*
Detergentes	mg/L	1,150
Hidrocarburos Totales	mg/L	<1
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,040
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	3,50
pH Terreno	-	7,77
Temperatura Terreno	°C	27,6

Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información. *Parámetro voluntario, no pudo ser medido por SQM.

Figura 5-19: Resultados monitoreo ALS en laguna Barros Negros



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

Mediciones realizadas en el marco del ex convenio con CONAF

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 encargados a la empresa Aquaexpert³⁸ y análisis realizados por Hidrolab y UCN, ambas, ETFAS autorizadas.

En la Tabla 5-19 se presentan los resultados del seguimiento ambiental realizado por UCN e Hidrolab, mientras que en la Figura 5-20 se presentan de manera gráfica los resultados de las

³⁸ A través del IA autorizado mediante Res. Ex 938/1029 de la SMA

mediciones efectuadas en Burro Muerto y las lagunas Chaxa y Barros Negros. Como se observa, durante el periodo semestral se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos en la laguna Chaxa. En el canal Burro Muerto y la laguna Barros Negros sólo fue posible efectuar uno de los monitoreos debido a las restricciones del protocolo de monitoreo de la Comunidad y CONAF. En la laguna Puilar no fue posible realizar monitoreos en todo este semestre por el mismo motivo.

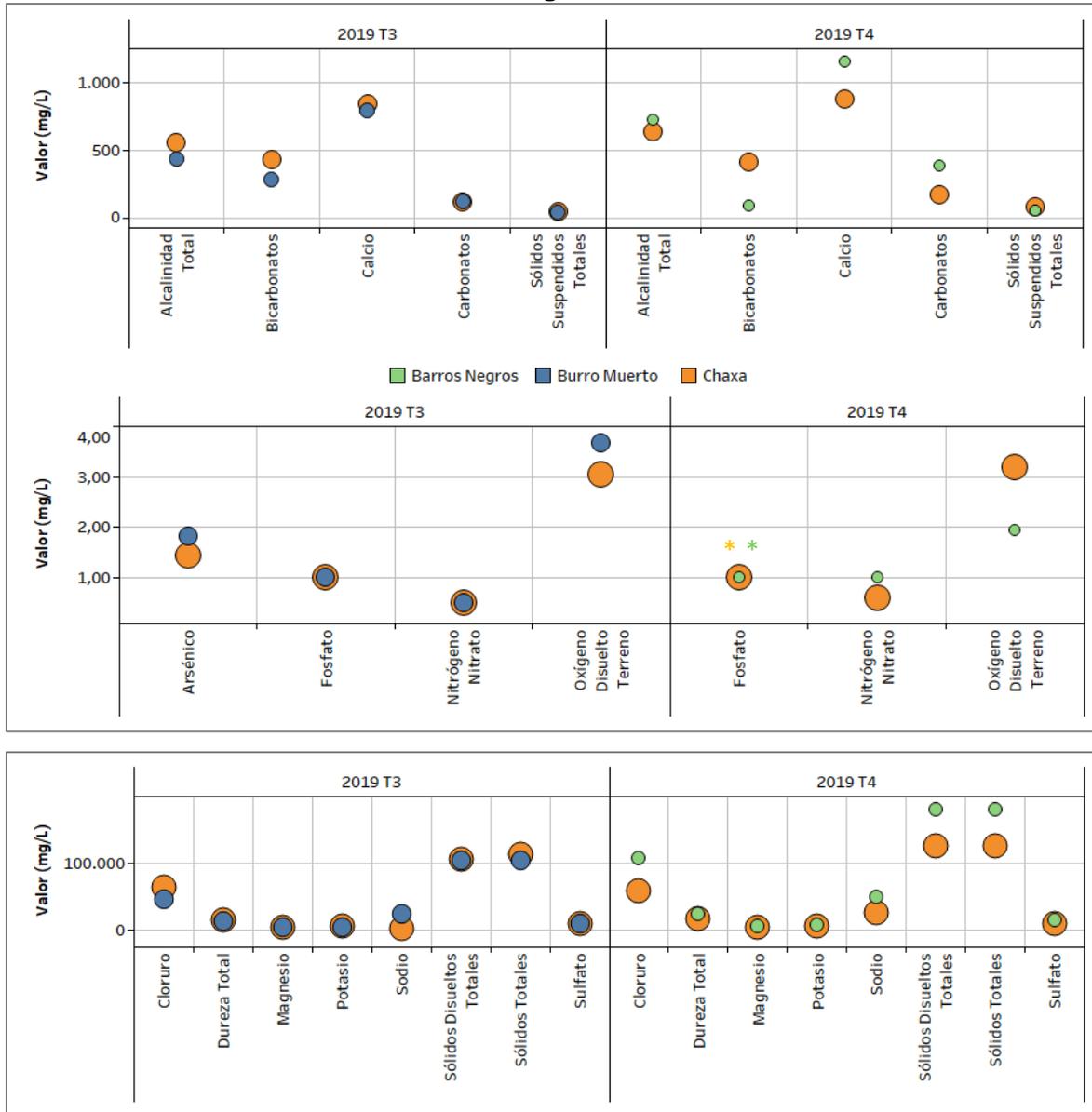
El parámetro Arsénico no fue medido en octubre 2019 por un malentendido de Hidrolab respecto a los análisis a realizar, una carta explicando el motivo puede verse en el Anexo 10.2.

Tabla 5-19: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros

Parámetro	Unidad	Chaxa		Burro Muerto	Barros Negros
		26/09/2019	17/10/2019	25/09/2019	15/10/2019
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	557	633	439	726
Arsénico	mg/L	1,440	S/I	1,830	S/I
Bicarbonatos	mg/L	429	414	282	94
Calcio	mg/L	838	876	797	1155
Carbonatos	mg/L	121	176	124	389
Cloruro	mg/L	62.906	57.534	44.357	107.325
Conductividad Terreno	µS/cm	103.100	102.900	104.800	136.200
Dureza Total	mg/L	13.227	15.313	12.156	22.220
Fosfato	mgPO ₄ /L	<1	<1	<1	<1
Magnesio	mg/L	2.779	3.030	2.311	4.375
Nitrógeno Nitrate	mg/L	0,500	0,600	0,500	1,010
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	3,05	3,19	3,66	1,95
pH Terreno	-	7,64	7,65	7,97	7,69
Potasio	mg/L	4.570	4.902	3.425	7.230
Salinidad	‰	97,1	111	86,3	156
Sodio	mg/L	641	25.065	23.277	48.625
Sólidos disueltos totales	mg/L	104.567	124.547	102.100	179.843
Sólidos suspendidos Totales	mg/L	52,0	84,0	41,0	54,0
Sólidos totales	mg/L	112.900	124.633	102.133	179.900
Sulfato	mg/L	8.545	7.815	8.462	14.455
Temperatura Terreno	°C	20,1	29,7	12,8	23,0

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

Figura 5-20: Resultados del monitoreo en canal Burro Muerto y lagunas Chaxa y Barros Negros



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-21: (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 segundo semestre, de las 23 muestras con análisis de sólidos (totales, disueltos y suspendidos) 3 no fueron validadas, teniendo un desbalance de masa mayor al 20% para L2-4, L7-3 en el tercer trimestre y L1-5 para el cuarto trimestre. Los resultados fueron analizados fuera del holding time, por lo que no se realizó reanálisis (Anexo 10.1).

Respecto del balance iónico, en la campaña del tercer trimestre todas las muestras a excepción de Burro Muerto tuvieron un error de cargas superior a 10. Se conversó con el laboratorio ALS y en este periodo tuvieron una falla en su equipo analítico por lo que se vieron obligados a subcontratar los análisis a AGQ. Se solicitó el chequeo a AGQ, quienes confirmaron los resultados del informe. Puede verse el correo de respuesta en el Anexo 10.2.

Respecto la muestra de Chaxa, analizada por Hidrolab, el resultado del sodio presenta un valor excesivamente bajo, pero Hidrolab confirmó el resultado (Anexo 10.2). Nótese que en la campaña del último trimestre todos los valores de balance iónico resultaron menores a 10, a excepción de la muestra de Barros Negros.

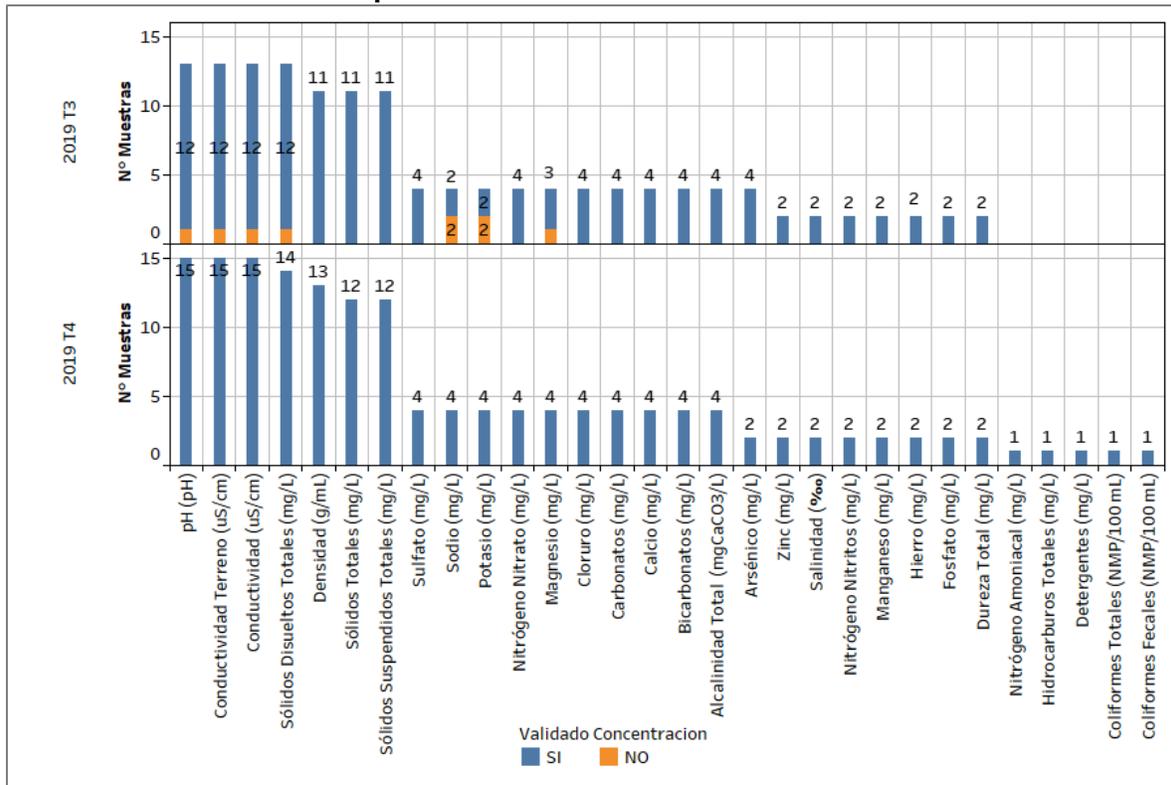
Tabla 5-20: Resultados validación Soncor

Trimestre de 2019	Punto de control	Balance Masa Sólidos (%)	Balance iónico
3er	ALLANA	N/A	12
	Burro Muerto	0	4
	Chaxa	7	65
	L1-4	9	N/A
	L1-5	10	N/A
	L1-6	0	N/A
	L2-3	1	N/A
	L2-4	30	N/A
	L2-5	-4	N/A
	L7-3	39	N/A
	MULLAY-1	N/A	11
	SOCAIRE-5B	N/A	13
	SOPM-14	11	N/A
	SOPM-7(L2-6)	7	N/A
4to	ALLANA	N/A	0,1
	Barros Negros	0	10
	Barros Negros	N/A	N/A
	Chaxa	0	9
	L1-4	1	N/A
	L1-5	24	N/A
	L1-6	3	N/A
	L1-G4 Reglilla	10	N/A
	L2-3	9	N/A
	L2-4	1	N/A
	L2-5	10	N/A
	L7-3	20	N/A
	MULLAY-1	N/A	2
	SOCAIRE-5B	N/A	2
SOPM-14	7	N/A	
SOPM-7(L2-6)	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 5-22 muestra el número de muestras validadas y no validadas para cada analito analizado en el segundo semestre de 2019 en el sistema Soncor; el cuarto trimestre se validó el 100% de los parámetros, mientras que en el tercero se observaron desviaciones respecto a los valores esperables en algunos analitos como potasio, magnesio, sodio, hierro y manganeso. Estas desviaciones son las causantes de los mayores errores de balance iónico detectadas.

Figura 5-22: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Caudal de recarga superficial (aforos)

La ETFA contratada por el titular para realizar las mediciones de caudal superficial durante el período reportado fue GP Consultores. Cabe señalar que, además de las mediciones manuales efectuadas por GP Consultores, SQM monitorea los caudales superficiales de manera interna.

Para el período reportado se cuenta con las mediciones continuas registradas en la estación de aforo Puente San Luis, pero sólo fue posible realizar mediciones manuales en la estación Barros

Negros en octubre, debido a restricciones de acceso a la Reserva Nacional los Flamencos de Soncor para el resto de los meses (Anexo 12).

En la Tabla 5-21 se presenta el resultado del monitoreo mensual (manual) de los aforos realizados para el segundo semestre de 2019 y en la Tabla 5-22 se muestran los estadígrafos de los registros continuos de la estación del Puente San Luis. En la Figura 5-23 se muestra gráficamente el resultado de las mediciones de los dos puntos de control del sistema Soncor.

Tabla 5-21: Resultados aforos manuales Barros Negros y Puente San Luis

Fecha Medición	Caudal manual (L/s)	
	Barros Negros	Puente San Luis
Jul-19	S/I	S/I
Ago-19	S/I	S/I
Sep-19	S/I	S/I
15/10/2019	177,0 (GP Consultores) ³⁹ 142,0 (GP Consultores) 169,8 (SQM)	S/I (ETFA) 133,0 (SQM)
Nov-19	S/I	S/I
Dic-19	S/I	S/I

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

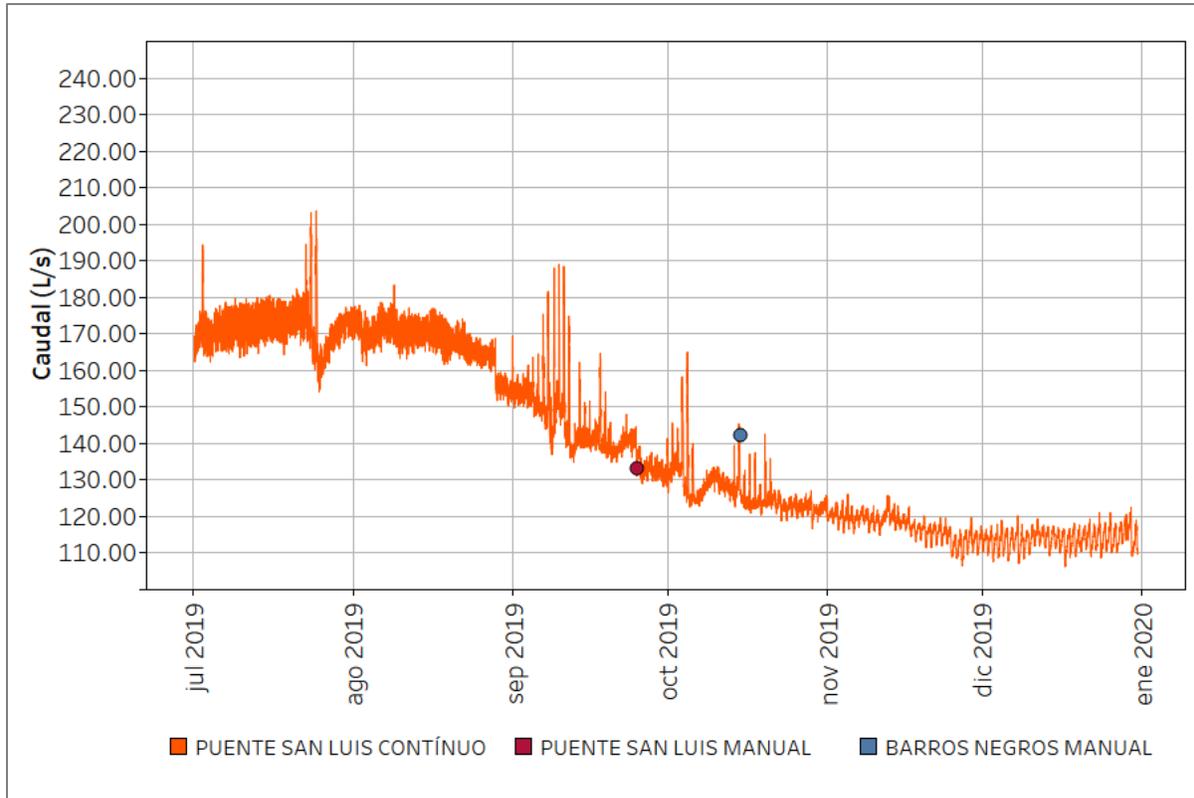
Tabla 5-22: Estadígrafos medición caudal continuo Puente San Luis

Período	Promedio (L/s)	Min (L/s)	Max (L/s)	Desviación Estándar
01/7/2019 – 31/12/2019	140,30	106,34	203,66	23,83

Fuente: Elaboración propia.

³⁹ Valor original medido por la ETFA GP Consultores, pero que luego modificó a partir del cálculo de la interpolación de datos de la Tabla “Resultados de la Calibración” del Certificado N°772, según OTE499 del INH, Jul-2019. El resultado fue el valor de 142 L/s que se nombra en la misma tabla.

Figura 5-23: Medidas manuales y continuas realizadas en los puntos de aforo del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Superficie Lacustre

Para el presente semestre de reporte, sólo corresponde la medición de la superficie lacustre del sistema Soncor (Chaxa, Barros Negros y Puilar) mediante el método de las estacas perimetrales, que se realizan trimestralmente por la consultora Geobiota a partir de las estacas que quedaron de las mediciones que ejecutaba CONAF en el marco del convenio que tenía con SQM.

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

Los valores obtenidos de superficie lacustre se presentan en la Tabla 5-23; la medición de la superficie lacustre en Chaxa solo se pudo realizar en el mes de septiembre, mientras que a Barros

Negros se pudo acceder en el mes de julio. Por otro lado, la medición de superficie en el canal de ingreso a Puilar no fue ejecutada por Geobiota el segundo semestre de 2019. Las mediciones no realizadas se deben a restricciones de acceso a RNF.

Tabla 5-23: Superficie lacustre segundo semestre de 2019

Fecha medición	Responsable	Tipo Medición	Superficie (m ²)		
			Chaxa	B. Negros	Puilar
Julio 2019	GEOBIOTA	Estacas Perimetales	S/I	1.102.300,00	S/I
Septiembre 2019			275.663,11	S/I	S/I
Octubre 2019			S/I	1.023.649,74	S/I

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

En el Anexo 13.2 se encuentran todos los resultados de forma tabulada y se acompaña en el Anexo 13.1 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.

Cabe recordar que las mediciones de superficie mediante topografía sólo 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) y calidad química (9 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2019 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-24 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-24: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Aguas de Quelana

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
D-2	Pozo							
GD-02	Pozo							
L13-1	Pozo							
L13-2	Pozo							
L13-3	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L13-5	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L13-6	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L13-7	Pozo	x			x			RNF Quelana
L14-1	Pozo							
L14-2	Pozo							
L14-3	Pozo							
L14-5	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L14-6	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L14-7	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L3-10	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L3-11	Pozo	x	1	1	x	x	x	RNF Quelana
L3-12	Pozo		x		x	x	x	RNF Quelana
L3-13	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L3-14	Pozo							
L3-2	Pozo							
L3-3	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L3-4 (SOPM-8)	Pozo							
L3-5	Pozo							
L3-6	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L3-8	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L3-9	Pozo	x	1	1	x	x	x	RNF Quelana
L4-11	Pozo		x		x	x	x	RNF Quelana
L4-12	Pozo	x	1	1	x	xx	x	RNF Quelana
L4-13	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L4-14	Pozo				x	x	x	RNF Quelana
L4-15	Pozo							
L4-16	Pozo							
L4-3	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L4-4	Pozo							
L4-5	Pozo							
L4-6	Pozo							
L4-7	Pozo				1			
L4-8	Pozo	x	1	1	x	xx	x	RNF Quelana
L4-9	Pozo	x			x	xx	x	RNF Quelana
L5-1	Pozo							
L5-10	Pozo	x	1	1	x	x	x	RNF Quelana
L5-11	Pozo		x		x	x	x	RNF Quelana
L5-12	Pozo		x		x	x	x	RNF Quelana
L5-13	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L5-14	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana
L5-15	Pozo	x			x	x	x	RNF Quelana

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
L5-2	Pozo							
L5-3	Pozo	x	x		x	xx	x	RNF Quelana
L5-4	Pozo							
L5-6	Pozo							
L5-7	Pozo							
L5-8	Pozo							
L5-9	Pozo		x		x	x	x	RNF Quelana
SOPM-9	Pozo							
CAMAR-2	Pozo Bombeo							
SOCAIRE-5B	Pozo Bombeo							
L13-4	Reglilla	x	x		x	x	x	RNF Quelana
L14-4	Reglilla	x			x	x	x	RNF Quelana
L3-7	Reglilla	x			x	x	x	RNF Quelana
L4-10	Reglilla	x	1	1	x	xx	x	RNF Quelana
L5-G3	Reglilla	x	x		x	x	x	RNF Quelana

Fuente: Elaboración propia. x: punto no visitado; x: punto no visitado por una ETFA pero dispone de una medida realizada por SQM; 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 sólo 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 sólo 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 dos pozos de extracción. En la Tabla 5-25 se muestran los resultados del monitoreo efectuado para el segundo semestre de 2019. En el caso del L4-3, que pertenece al PC y que por tanto es medido a diario por compromiso en el PdC, se muestra en esta tabla los mínimos y máximos mensuales. En la Figura 5-24 se muestran todos

los niveles estáticos manuales y en la Figura 5-25 los niveles dinámicos correspondientes a los pozos Camar-2 y Socaire-5B.

Tabla 5-25: Registro de niveles zona aluvial del sistema Aguas de Quelana (WGS-84)

L3-2		L4-4		L5-1		L5-2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
16/07/2019	2.322,784	16/07/2019	2.304,528	15/07/2019	2.322,195	15/07/2019	2.315,123
18/08/2019	2.322,790	17/08/2019	2.304,551	17/08/2019	2.322,211	17/08/2019	2.315,126
19/09/2019	2.322,799	19/09/2019	2.304,563	19/09/2019	2.322,172	19/09/2019	2.315,116
21/10/2019	2.322,830	19/10/2019	2.304,567	19/10/2019	2.322,225	19/10/2019	2.315,131
16/11/2019	2.322,838	16/11/2019	2.304,564	16/11/2019	2.322,252	16/11/2019	2.315,132
22/12/2019	2.322,839	17/12/2019	2.304,559	17/12/2019	2.322,245	17/12/2019	2.315,128

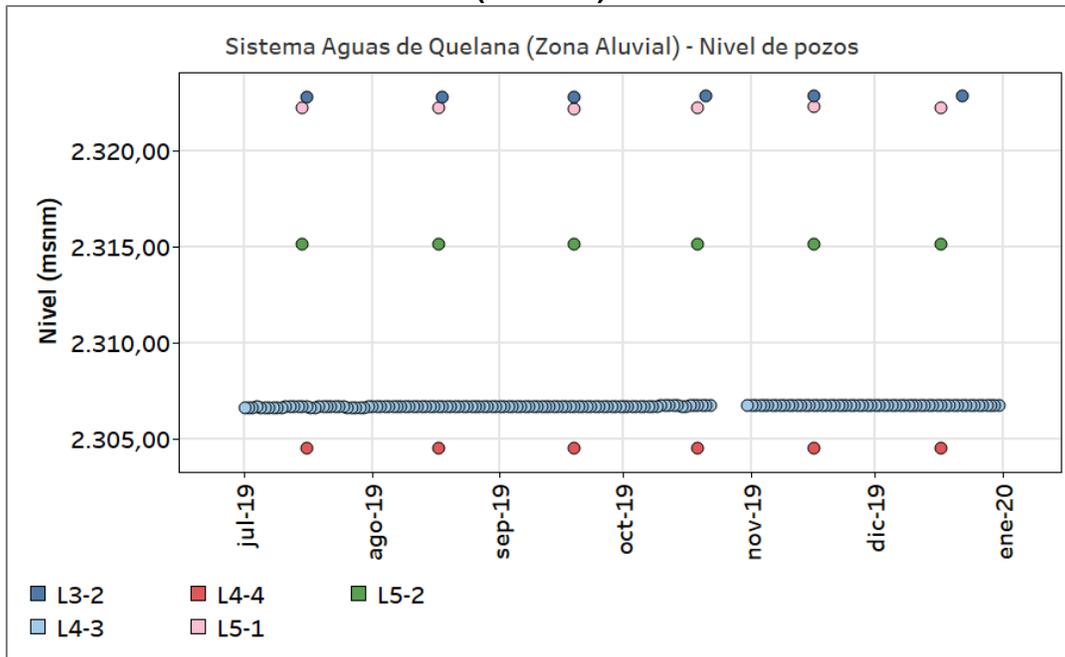
CAMAR-2		SOCAIRE-5B		L4-3		
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Mes	Nivel (m s.n.m.)	
					mínimo	máximo
17/07/2019	2.322,132	17/07/2019	2.303,522			
18/08/2019	2.322,127	18/08/2019	2.304,027	jul-19	2.306,617	2.306,681
19/09/2019	2.322,132	22/08/2019	2.303,832 ⁴⁰	ago-19	2.306,662	2.306,693
21/10/2019	2.322,190	19/09/2019	2.303,662	sep-19	2.306,691	2.306,720
19/11/2019	2.322,165	19/10/2019	2.303,680	oct-19	2.306,717	2.306,766
22/12/2019	2.322,237	17/11/2019	2.304,139	nov-19	2.306,740	2.306,783
24/12/2019	2.322,242 ⁴¹	22/12/2019	2.303,895	dic-19	2.306,748	2.306,780

Fuente: Elaboración propia.

⁴⁰ Remediación solicitada por SQM a la ETFA GP Consultores

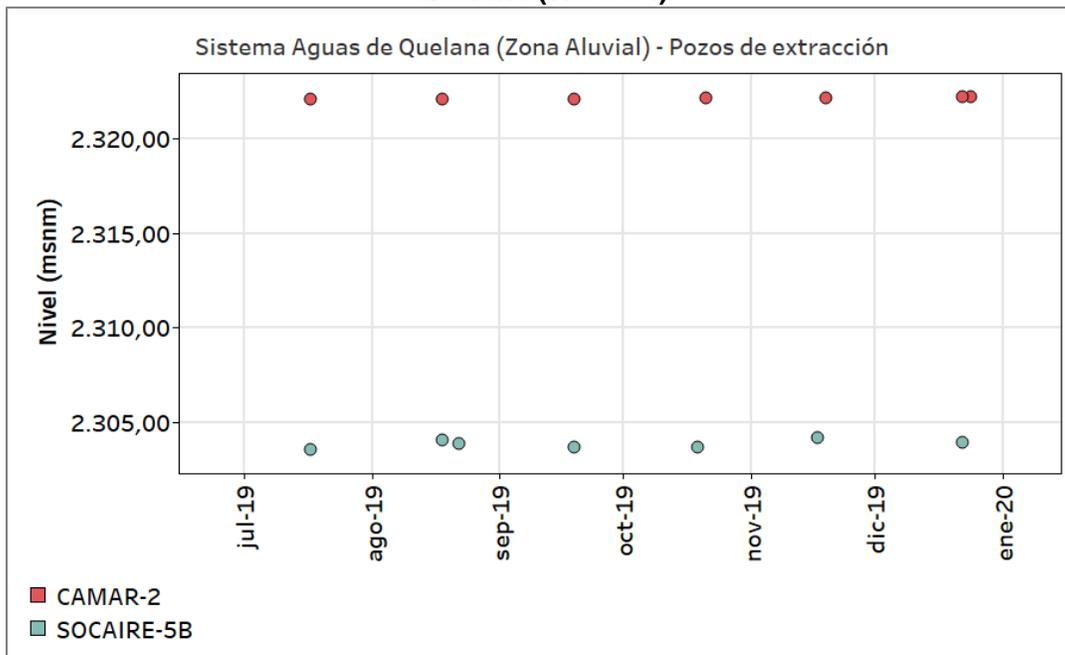
⁴¹ Remediación solicitada por SQM a la ETFA GP Consultores

Figura 5-24: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-25: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Aguas de Quelana (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 agruparon en 4 grupos asociados a 4 sectores; a) Aledaño a pozo de extracción Camar-2; b) Aledaño a pozo de extracción Socaire-5B; c) al Oeste de las lagunas difusas aledaño Camar-2; d) al Oeste de las lagunas difusas aledaño Socaire-5B. A continuación, se mostrarán los resultados para cada grupo.

En la Figura 5-26 se muestran las mediciones del segundo semestre de 2019 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 ha representado en esta tabla solo los mínimos y máximos mensuales. La representación gráfica se muestra en la Figura 5-27, donde se incluyen también las mediciones continuas de los 5 pozos.

En el contexto de la auditoría interna que SQM tiene como compromiso según RCA 226/2006, y que es realizada por la consultora Golder Associates todos los segundos semestres de cada año, el punto L3-3 y el L3-5 fueron medidos adicionalmente al monitoreo comprometido el día 27 de agosto. En este periodo reportado también se dio un proceso de fiscalización que llevó a cabo la SMA, que tomó una medida adicional en el punto L3-3 el día 5 de septiembre.

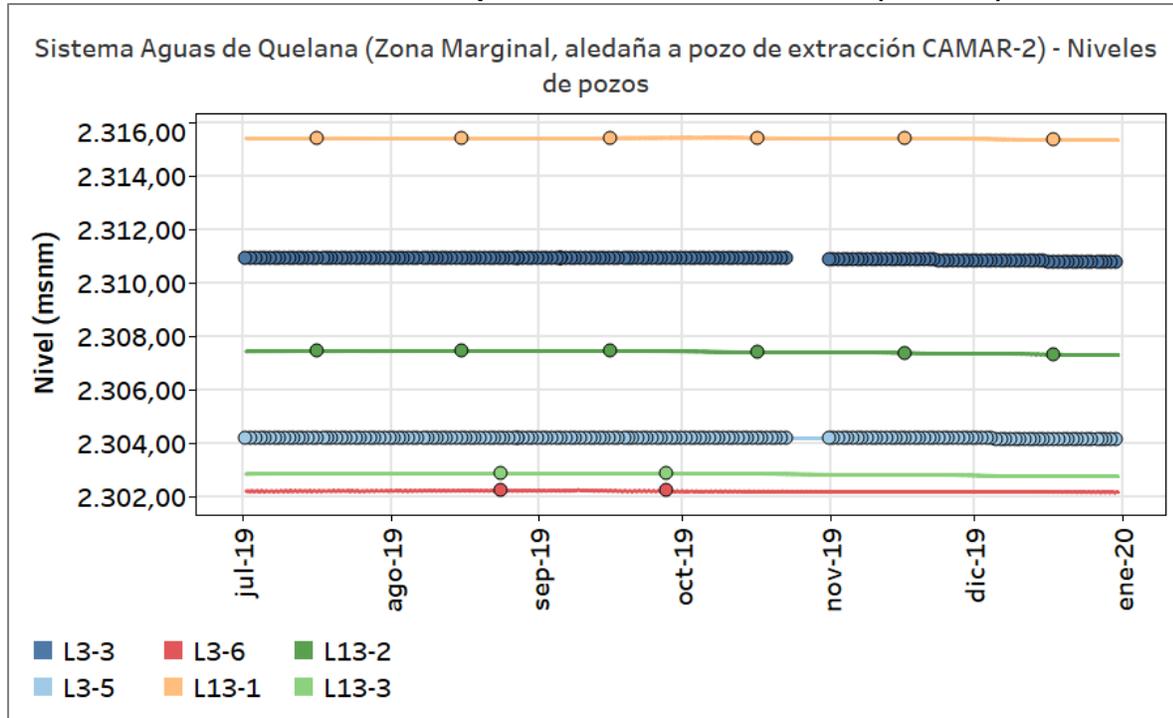
Figura 5-26: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)

L13-1		L13-2		L13-3		L3-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
16/07/2019	2.315,430	16/07/2019	2.307,444	17/07/2019	S/I	17/07/2019	S/I
15/08/2019	2.315,429	15/08/2019	2.307,452	23/08/2019	2.302,876	23/08/2019	2.302,230
15/09/2019	2.315,438	15/09/2019	2.307,451	27/09/2019	2.302,875	27/09/2019	2.302,218
16/10/2019	2.315,435	16/10/2019	2.307,424	17/10/2019	S/I	17/10/2019	S/I
16/11/2019	2.315,414	16/11/2019	2.307,389	17/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I
17/12/2019	2.315,373	17/12/2019	2.307,335	17/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I

L3-3			L3-5		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.310,932	2.310,927	jul-19	2.304,194	2.304,183
ago-19	2.310,931	2.310,927	ago-19	2.304,204	2.304,192
sep-19	2.310,932	2.310,927	sep-19	2.304,211	2.304,203
oct-19	2.310,930	2.310,901	oct-19	2.304,211	2.304,201
nov-19	2.310,900	2.310,837	nov-19	2.304,203	2.304,173
dic-19	2.310,834	2.310,757	dic-19	2.304,172	2.304,140

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

Figura 5-27: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 el contexto de la auditoría interna que SQM tiene como compromiso según RCA N° 226/2006, y que es realizada por la consultora Golder Associates todos los segundos semestres de cada año, los puntos L4-7, L5-8 y L14-3 fueron medidos adicionalmente al monitoreo comprometido el día 27 de agosto.

Para los puntos L5-6 y L5-7 se realizó el monitoreo mensual habitual por parte de la ETFA (en estos casos corresponde a los días 20 de cada mes) y además SQM tomó otra medida en los meses de agosto, septiembre, octubre (este mes, solo en el punto L5-6) y noviembre.

En la Figura 5-28 se muestra gráficamente el resultado del monitoreo de este subsector aledaño al pozo Socaire-5B, tanto las medidas manuales como las continuas.

Tabla 5-26: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Socaire-5B (WGS-84)

L14-1		L14-2		L14-3		L14-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
16/07/2019	2.311,873	16/07/2019	2.304,359	16/07/2019	2.301,682	19/07/2019	S/I
18/08/2019	2.311,875	18/08/2019	2.304,358	18/08/2019	2.301,683	23/08/2019	2.300,529
19/09/2019	2.311,881	19/09/2019	2.304,370	27/08/2019	2.301,679	26/09/2019	2.300,518
19/10/2019	2.311,879	19/10/2019	2.304,375	19/09/2019	2.301,673	19/10/2019	S/I
16/11/2019	2.311,855	16/11/2019	2.304,354	19/10/2019	2.301,664	19/11/2019	S/I
17/12/2019	2.311,798	17/12/2019	2.304,328	16/11/2019	2.301,655	19/12/2019	S/I
20/12/2019	2.311,793			17/12/2019	2.301,631		

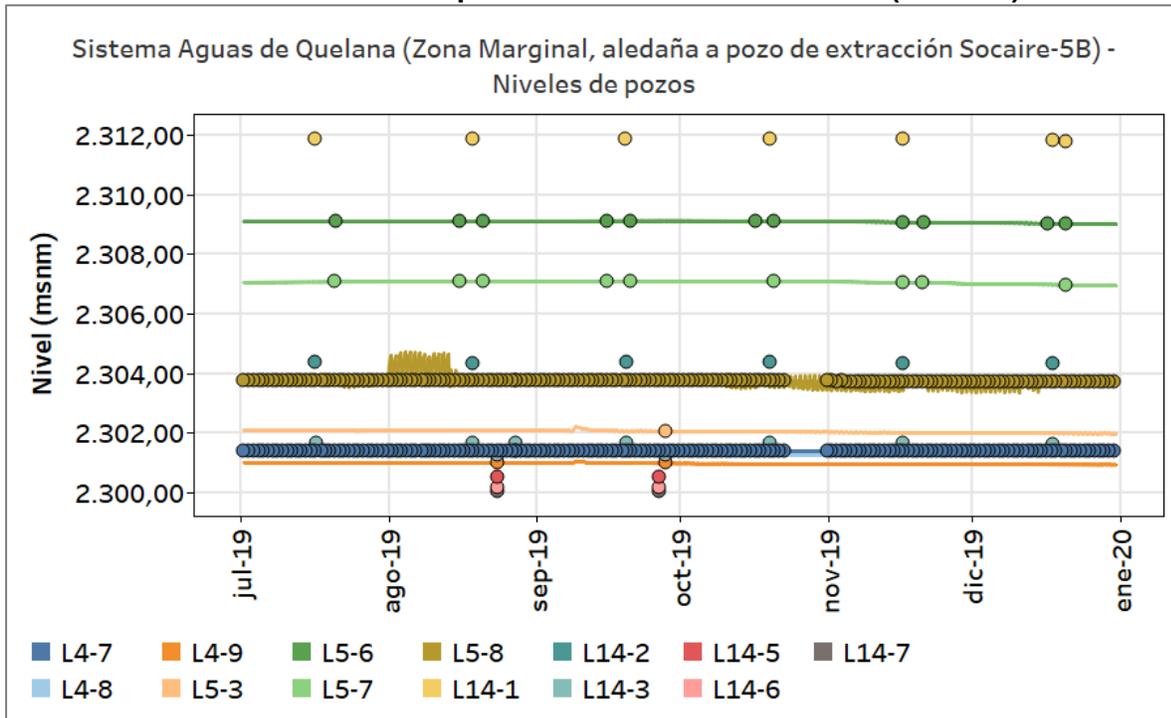
L14-6		L14-7		L4-8		L4-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I	16/07/2019	S/I
23/08/2019	2.300,201	23/08/2019	2.300,030	23/08/2019	2.301,290	23/08/2019	2.301,015
26/09/2019	2.300,197	26/09/2019	2.300,038	27/09/2019	2.301,285	27/09/2019	2.300,995
19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I	16/10/2019	S/I
19/11/2019	S/I	19/11/2019	S/I	19/11/2019	S/I	16/11/2019	S/I
19/12/2019	S/I	19/12/2019	S/I	19/12/2019	S/I	16/12/2019	S/I

L5-3		L5-6		L5-7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/07/2019	S/I	20/07/2019	2.309,103	20/07/2019	2.307,074
16/08/2019	S/I	15/08/2019	2.309,113	15/08/2019	2.307,084
27/09/2019	2.302,073	20/08/2019	2.309,114	20/08/2019	2.307,086
16/10/2019	S/I	15/09/2019	2.309,123	15/09/2019	2.307,097
16/11/2019	S/I	20/09/2019	2.309,119	20/09/2019	2.307,095
16/12/2019	S/I	16/10/2019	2.309,110	20/10/2019	2.307,088
		20/10/2019	2.309,107	16/11/2019	2.307,054
		16/11/2019	2.309,079	20/11/2019	2.307,047
		20/11/2019	2.309,072	20/12/2019	2.306,977
		16/12/2019	2.309,032		
		20/12/2019	2.309,028		

L4-7			L5-8		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.301,413	2.301,409	jul-19	2.303,766	2.303,759
ago-19	2.301,414	2.301,411	ago-19	2.303,773	2.303,764
sep-19	2.301,418	2.301,409	sep-19	2.303,783	2.303,766
oct-19	2.301,410	2.301,402	oct-19	2.303,766	2.303,748
nov-19	2.301,404	2.301,396	nov-19	2.303,748	2.303,731
dic-19	2.301,398	2.301,393	dic-19	2.303,730	2.303,711

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

Figura 5-28: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona aledaña al pozo de extracción Socaire-5B (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 segundo semestre de 2019 se muestra en la Tabla 5-27. En la Figura 5-29 se muestran gráficamente los resultados del monitoreo para este grupo de puntos de control, incluyendo los datos continuos del L3-9, L3-10 y L3-13.

Tabla 5-27: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona oeste lagunas difusas, aledaño al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)

L13-5		L13-6		L13-7		L3-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I	19/07/2019	S/I	15/07/2019	S/I
23/08/2019	2.300,603	23/08/2019	2.300,355	23/08/2019	2.300,121	23/08/2019	2.300,393
26/09/2019	2.300,603	26/09/2019	2.300,364	26/09/2019	2.300,128	26/09/2019	2.300,396
19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I	19/10/2019	S/I	15/10/2019	S/I
19/11/2019	S/I	19/11/2019	S/I	17/11/2019	2.300,131	15/11/2019	S/I
19/12/2019	S/I	19/12/2019	S/I	21/12/2019	2.300,125	15/12/2019	S/I

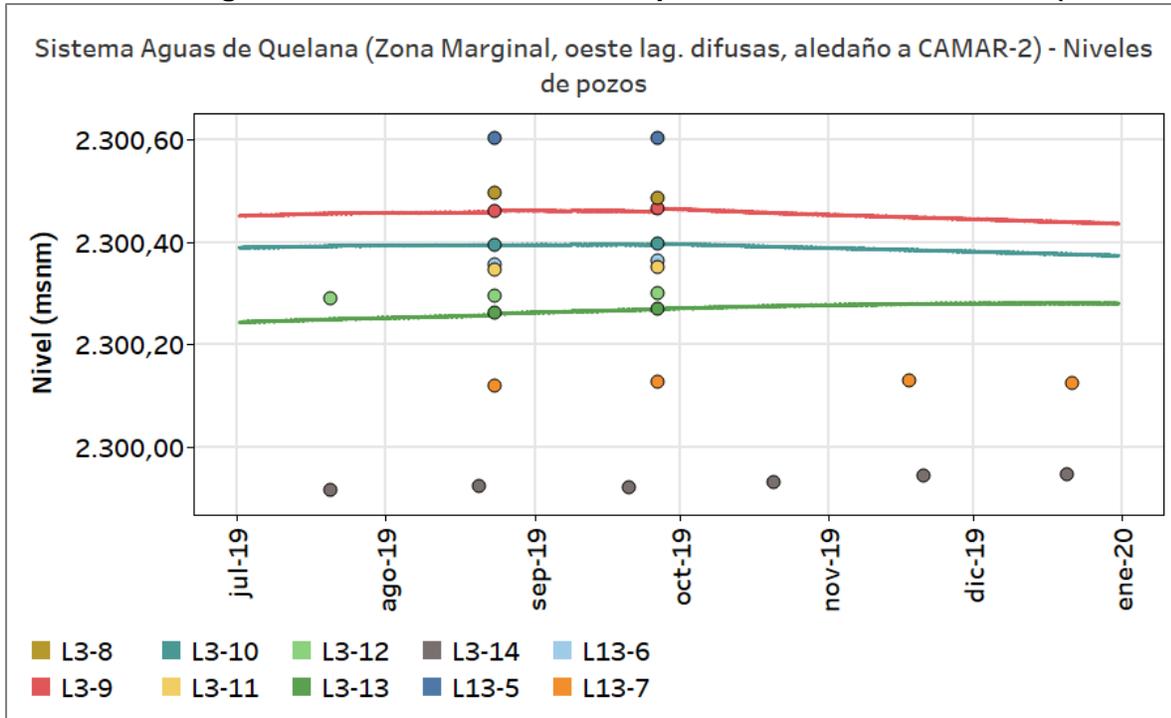
L3-11		L3-12		L3-13		L3-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
jul-19	S/I	20/07/2019	2.300,291	15/07/2019	S/I	20/07/2019	2.299,916
23/08/2019	2.300,346	20/08/2019	S/I	23/08/2019	2.300,261	20/08/2019	2.299,924
26/09/2019	2.300,350	23/08/2019	2.300,296 ⁴²	26/09/2019	2.300,270	20/09/2019	2.299,922
oct-19	S/I	26/09/2019	2.300,301	15/10/2019	S/I	20/10/2019	2.299,932
nov-19	S/I	20/10/2019	S/I	15/11/2019	S/I	20/11/2019	2.299,944
dic-19	S/I	20/11/2019	S/I	15/12/2019	S/I	20/12/2019	2.299,947
		20/12/2019	S/I				

L3-8		L3-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/07/2019	S/I	jul-19	S/I
23/08/2019	2.300,495	23/08/2019	2.300,461
26/09/2019	2.300,486	26/09/2019	2.300,465
19/10/2019	S/I	oct-19	S/I
19/11/2019	S/I	nov-19	S/I
19/12/2019	S/I	dic-19	S/I

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

⁴² Medida efectuada por SQM.

Figura 5-29: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – oeste de lagunas difusas, zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

En el subsector oeste de las lagunas difusas y aledaño 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 segundo semestre de 2019 para estos puntos. En la Figura 5-30 se muestra gráficamente el resultado del monitoreo manual junto las medidas en continuo de los puntos L5-10, L5-14, L4-12 y L4-13.

El L4-12 fue medido en septiembre (del día 4) por la SMA durante el monitoreo de fiscalización que llevó a cabo entre los días 4 y 5 de ese mes.

Tabla 5-28: Registro de niveles zona marginal del sistema Aguas de Quelana – zona oeste lagunas difusas, aledaño al pozo de extracción Socaire-5B (WGS-84)

GD-02		L4-11		L4-12		L4-13	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
17/07/2019	2.299,540	20/07/2019	2.300,026	jul-19	S/l	16/07/2019	S/l
18/08/2019	2.299,496	20/08/2019	S/l	23/08/2019	2.299,994	23/08/2019	2.299,971
18/09/2019	2.299,503	23/08/2019	2.300,012	04/09/2019	2.299,933	26/09/2019	2.299,862
19/10/2019	2.299,466	26/09/2019	2.299,924	26/09/2019	2.299,888	16/10/2019	S/l
15/11/2019	2.299,465	20/10/2019	S/l	oct-19	S/l	16/11/2019	S/l
22/12/2019	2.299,430	20/11/2019	S/l	nov-10	S/l	16/12/2019	S/l
		20/12/2019	S/l	dic-19	S/l		

L4-14		L4-15		L4-5		L5-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
20/07/2019	2.300,124	20/07/2019	2.299,989	17/07/2019	2.299,612	jul-19	S/l
23/08/2019	2.300,079	20/08/2019	2.299,849	18/08/2019	2.299,590	23/08/2019	2.300,220
26/09/2019	2.299,950	22/08/2019	2.299,853 ⁴³	18/09/2019	2.299,562	26/09/2019	2.300,199
20/10/2019	S/l	20/09/2019	2.299,760	19/10/2019	2.299,528	oct-19	S/l
20/11/2019	S/l	20/10/2019	2.299,718	15/11/2019	2.299,512	nov-19	S/l
20/12/2019	S/l	20/11/2019	2.299,695	22/12/2019	2.299,482	dic-19	S/l
		20/12/2019	2.299,668				

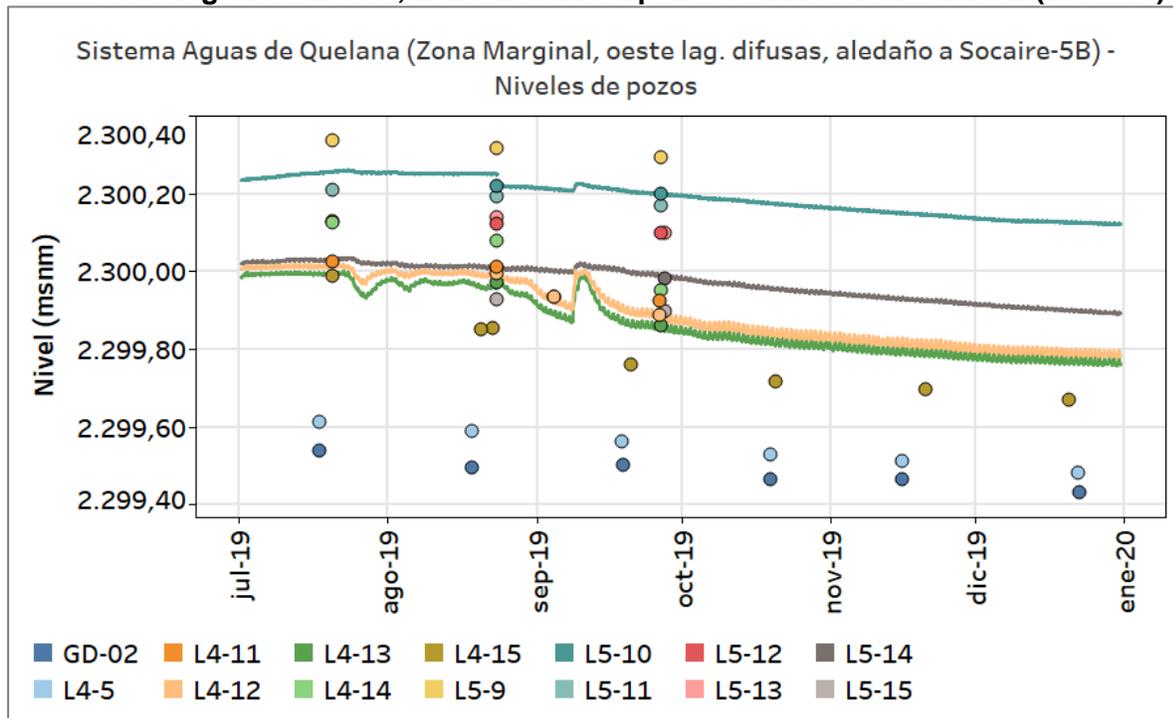
L5-11		L5-12		L5-13		L5-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
20/07/2019	2.300,210	20/07/2019	2.300,128	19/07/2019	S/l	16/07/2019	S/l
20/08/2019	S/l	20/08/2019	S/l	23/08/2019	2.300,139	23/08/2019	2.300,009
23/08/2019	2.300,193	23/08/2019	2.300,121	27/09/2019	2.300,100	27/09/2019	2.299,981
26/09/2019	2.300,168	26/09/2019	2.300,099	19/10/2019	S/l	16/10/2019	S/l
20/10/2019	S/l	20/10/2019	S/l	19/11/2019	S/l	16/11/2019	S/l
20/11/2019	S/l	20/11/2019	S/l	19/12/2019	S/l	16/12/2019	S/l
20/12/2019	S/l	20/12/2019	S/l				

⁴³ Remedición solicitada por SQM a la ETFA GP Consultores

L5-15		L5-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/07/2019	S/I	20/07/2019	2.300,338
23/08/2019	2.299,926	20/08/2019	S/I
27/09/2019	2.299,896	23/08/2019	2.300,315
19/10/2019	S/I	26/09/2019	2.300,293
19/11/2019	S/I	20/10/2019	S/I
19/12/2019	S/I	20/11/2019	S/I
		20/12/2019	S/I

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

Figura 5-30: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Aguas de Quelana – oeste lagunas difusas, zona aledaña al pozo de extracción Camar-2 (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Pozos en zona núcleo

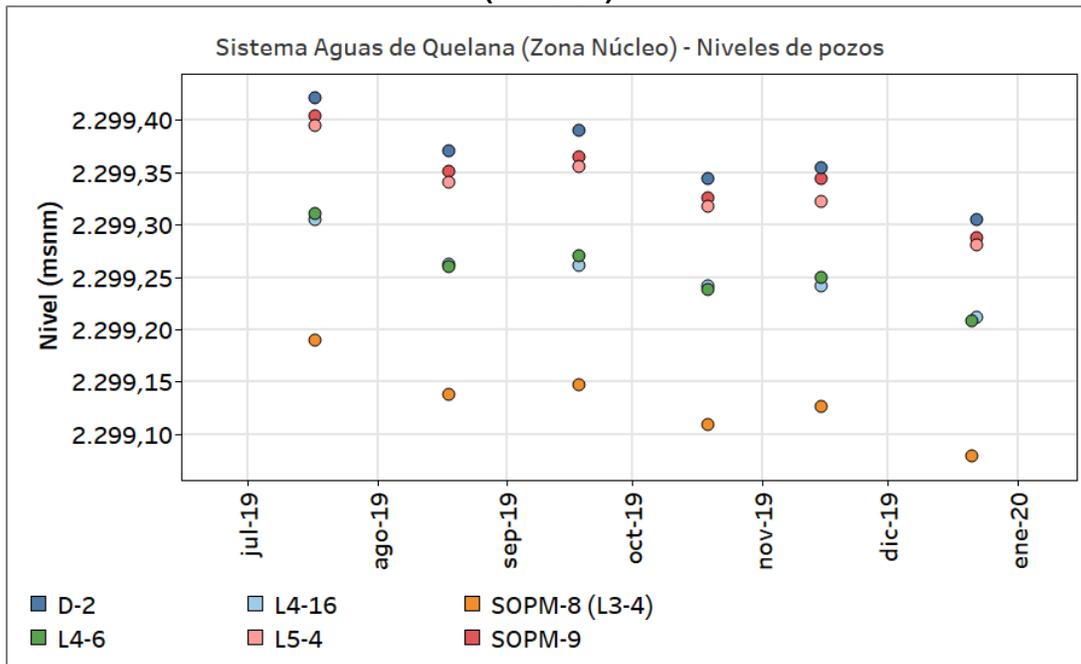
En la zona del núcleo, el sistema Aguas de Quelana dispone de 6 puntos de control. El resultado del monitoreo para el segundo semestre de 2019 se muestra en la Tabla 5-29. En este sector el monitoreo mensual se pudo realizar sin ningún inconveniente. En la Figura 5-31 se muestra gráficamente el resultado del monitoreo.

Tabla 5-29: Registro de niveles zona núcleo del sistema Aguas de Quelana (WGS-84)

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.)
17/07/2019	2.299,421	17/07/2019	2.299,305	17/07/2019	2.299,310	17/07/2019	2.299,394
18/08/2019	2.299,370	18/08/2019	2.299,262	18/08/2019	2.299,260	18/08/2019	2.299,340
18/09/2019	2.299,390	18/09/2019	2.299,261	18/09/2019	2.299,270	18/09/2019	2.299,355
19/10/2019	2.299,344	19/10/2019	2.299,241	19/10/2019	2.299,238	19/10/2019	2.299,317
15/11/2019	2.299,354	15/11/2019	2.299,241	15/11/2019	2.299,250	15/11/2019	2.299,322
22/12/2019	2.299,305	22/12/2019	2.299,211	21/12/2019	2.299,208	22/12/2019	2.299,280
SOPM-8 (L3-4)		SOPM-9					
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)				
17/07/2019	2.299,190	17/07/2019	2.299,404				
18/08/2019	2.299,138	18/08/2019	2.299,351				
18/09/2019	2.299,147	18/09/2019	2.299,364				
19/10/2019	2.299,109	19/10/2019	2.299,325				
15/11/2019	2.299,126	15/11/2019	2.299,344				
21/12/2019	2.299,079	22/12/2019	2.299,287				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-31: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Aguas de Quelana (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 segundo semestre de 2019 se muestran en la Tabla 5-30. En la Figura 5-32 se muestran las medidas manuales y las continuas para estas reglillas del Sistema Aguas de Quelana.

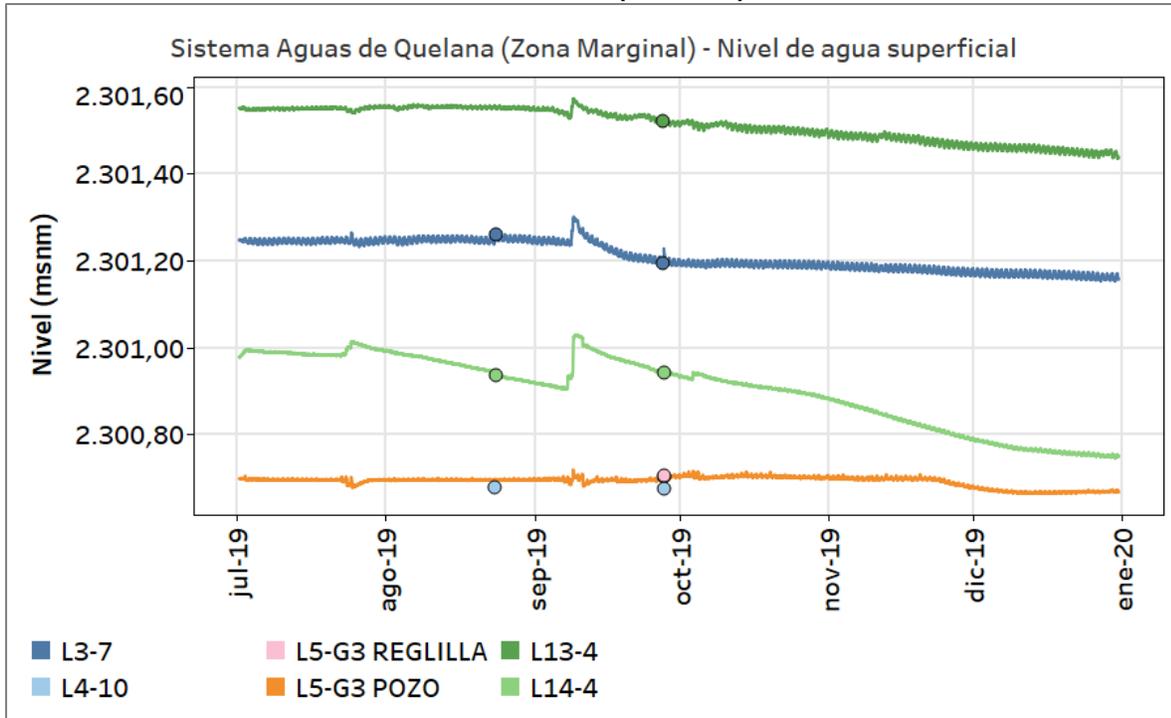
Tabla 5-30: Registro de niveles en reglillas del sector Aguas de Quelana (WGS-84)

L13-4		L14-4		L3-7		L4-10	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
17/07/2019	S/I	16/07/2019	S/I	17/07/2019	S/I	jul-19	S/I
17/08/2019	S/I	23/08/2019	2.300,935	23/08/2019	2.301,259	23/08/2019	2.300,677
27/09/2019	2.301,521	27/09/2019	2.300,943	27/09/2019	2.301,195	27/09/2019	2.300,674
17/10/2019	S/I	16/10/2019	S/I	17/10/2019	S/I	oct-19	S/I
17/11/2019	S/I	16/11/2019	S/I	17/11/2019	S/I	nov-19	S/I
17/12/2019	S/I	16/12/2019	S/I	17/12/2019	S/I	dic-19	S/I

L5-G3 POZO		L5-G3 REGLILLA	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
16/07/2019	S/I	16/07/2019	S/I
16/08/2019	S/I	16/08/2019	S/I
27/09/2019	2.300,703	27/09/2019	2.300,706
16/10/2019	S/I	16/10/2019	S/I
16/11/2019	S/I	16/11/2019	S/I
16/12/2019	S/I	16/12/2019	S/I

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

Figura 5-32: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal de las reglillas del Sistema Soncor (WGS-84)



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 julio a diciembre de 2019 se presentan en la Tabla 5-31 y Figura 5-33.

A modo de respaldo, en la Tabla 5-31 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. A partir de este último valor, que se divide por entre el número de días que componen cada mes, es que se obtiene el volumen promedio mensual reportado. 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 sólo se operó para la toma de muestras de calidad.

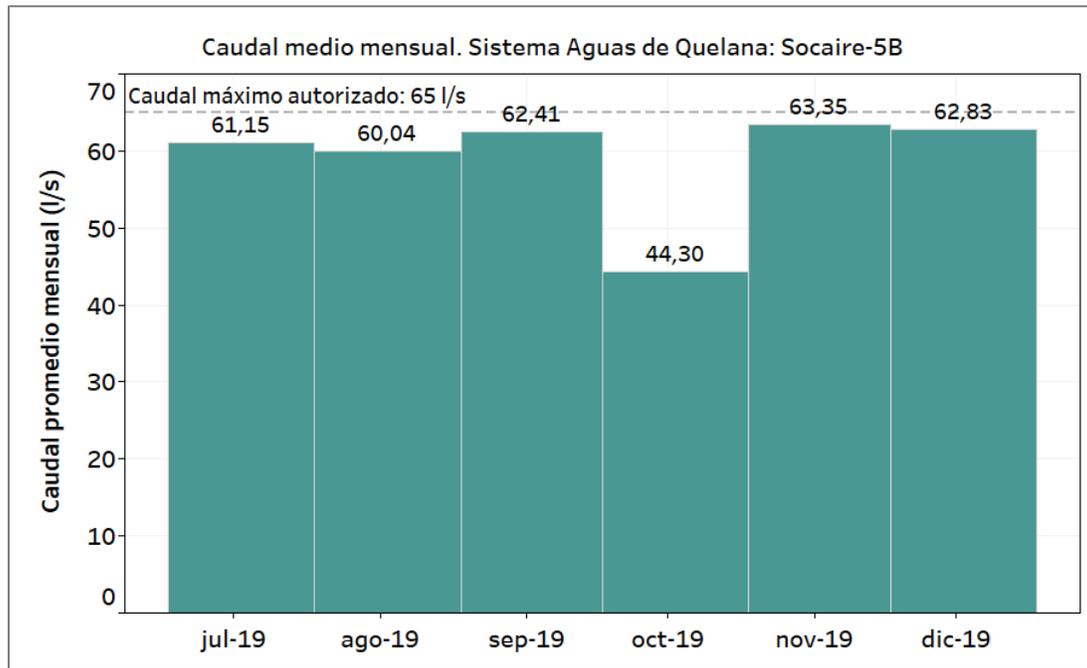
En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados en los pozos de bombeo de agua industrial (L/s) pertenecientes al Sistema Aguas de Quelana.

Tabla 5-31: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana para el segundo semestre de 2019

Pozo	Mes	Fecha flujómetro (m3)	Volumen flujómetro (m3)	Volumen mensual (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
Camar-2	jul-19	01/07/2019 0:00	48	0	0
	ago-19	01/08/2019 0:00	48	0	0
	sep-19	01/09/2019 0:00	48	0	0
	oct-19	01/10/2019 0:00	48	0	0
	nov-19	01/11/2019 0:00	48	0	0
	dic-19	01/12/2019 0:00	48	0	0
	ene-20	01/01/2020 0:00	48	-	-
Socaire-5B	jul-19	01/07/2019 0:00	436.208,50	163.771,38	61,15
	ago-19	01/08/2019 0:00	599.979,88	160.821,81	60,04
	sep-19	01/09/2019 0:00	760.801,69	161.764,06	62,41
	oct-19	01/10/2019 0:00	922.565,75	118.660,55	44,30
	nov-19	01/11/2019 0:00	1.041.226,30	164.205,10	63,35
	dic-19	01/12/2019 0:00	1.205.431,40	168.271,40	62,83
	ene-20	01/01/2020 0:00	1.373.702,80	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-33: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana



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 Aguas de Quelana durante el segundo semestre del año 2019. 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 segundo semestre de 2019.

En la Tabla 5-32 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno (ALS en julio de 2019, GP Consultores en octubre de 2019 y Algoritmos en noviembre de 2019) y analizadas por el laboratorio ALS (julio, octubre y noviembre de 2019), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre del año 2019 (los resultados obtenidos en los pozos de extracción y en la reglilla L4-10 se presentan en forma diferenciada). La representación gráfica de estos resultados se presenta en la Figura 5-34.

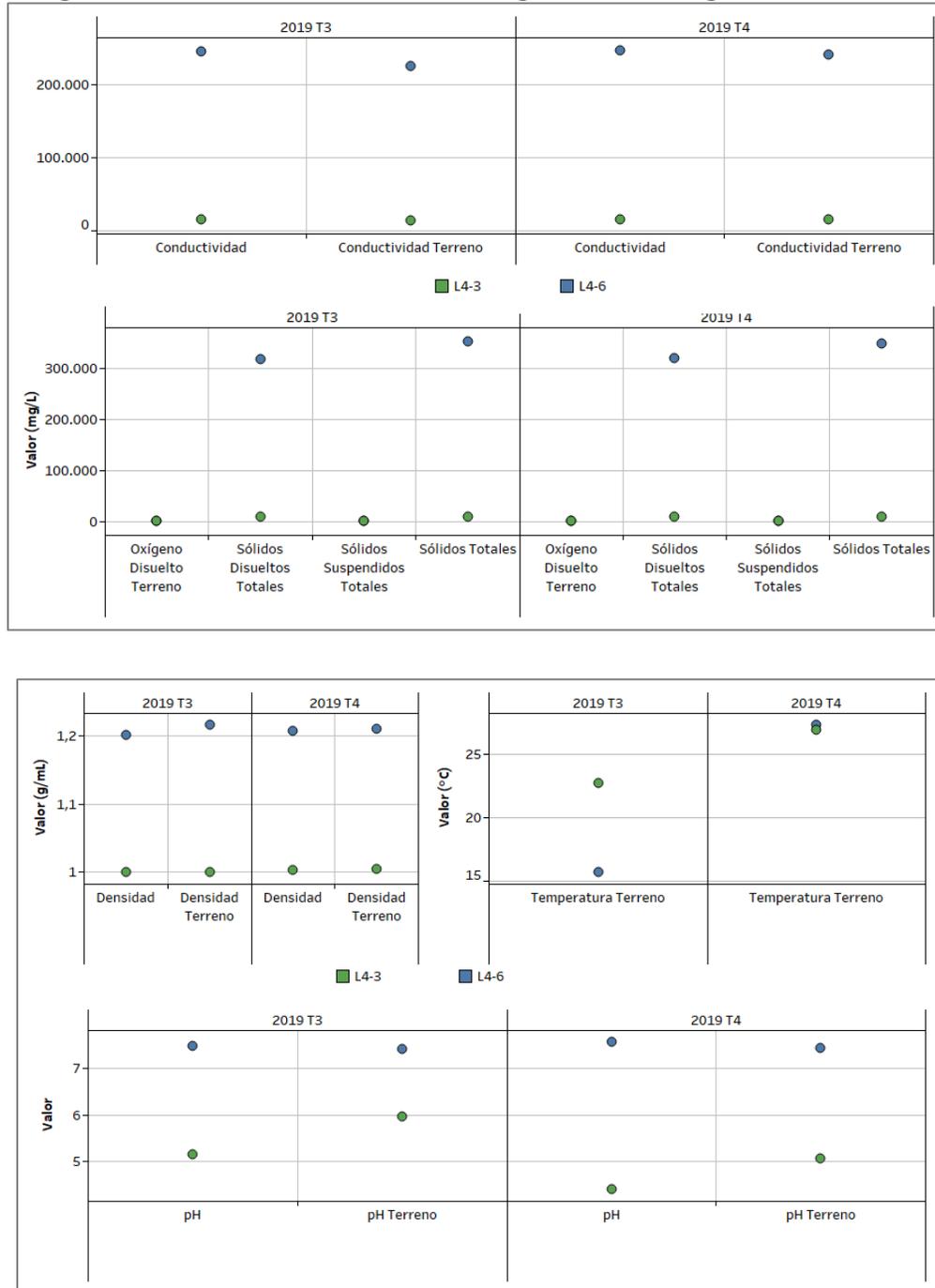
Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos. Cabe destacar que no se logró acceder a los puntos L4-8, L4-9, L4-12 y L5-3 en ambos monitoreos debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional en este periodo (Anexo 10.1).

Tabla 5-32: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana

Parámetro	Unidad	L4-3		L4-6	
		25/07/2019	28/11/2019	24/07/2019	26/11/2019
Conductividad	μS/cm	14.350	14.230	245.300	247.000
Conductividad Terreno	μS/cm	13.250	14.080	225.000	241.500
Densidad	g/mL	1,000	1,003	1,200	1,206
Densidad Terreno	g/mL	1,000	1,004	1,215	1,209
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	3,32	2,20	6,25	5,02
pH	-	5,15	4,41	7,47	7,55
pH Terreno	-	5,96	5,07	7,41	7,43
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	9.100	8.770	318.800	319.600
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	22	16	213	104
Sólidos Totales	mg/L	9.200	9.300	354.000	348.800
Temperatura Terreno	°C	22,7	26,9	15,7	27,3

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-34: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 5-33, se presentan los resultados del monitoreo de calidad para el segundo semestre de 2019 en los pozos de bombeo SOCAIRE-5B y Camar-2. Sus respectivos

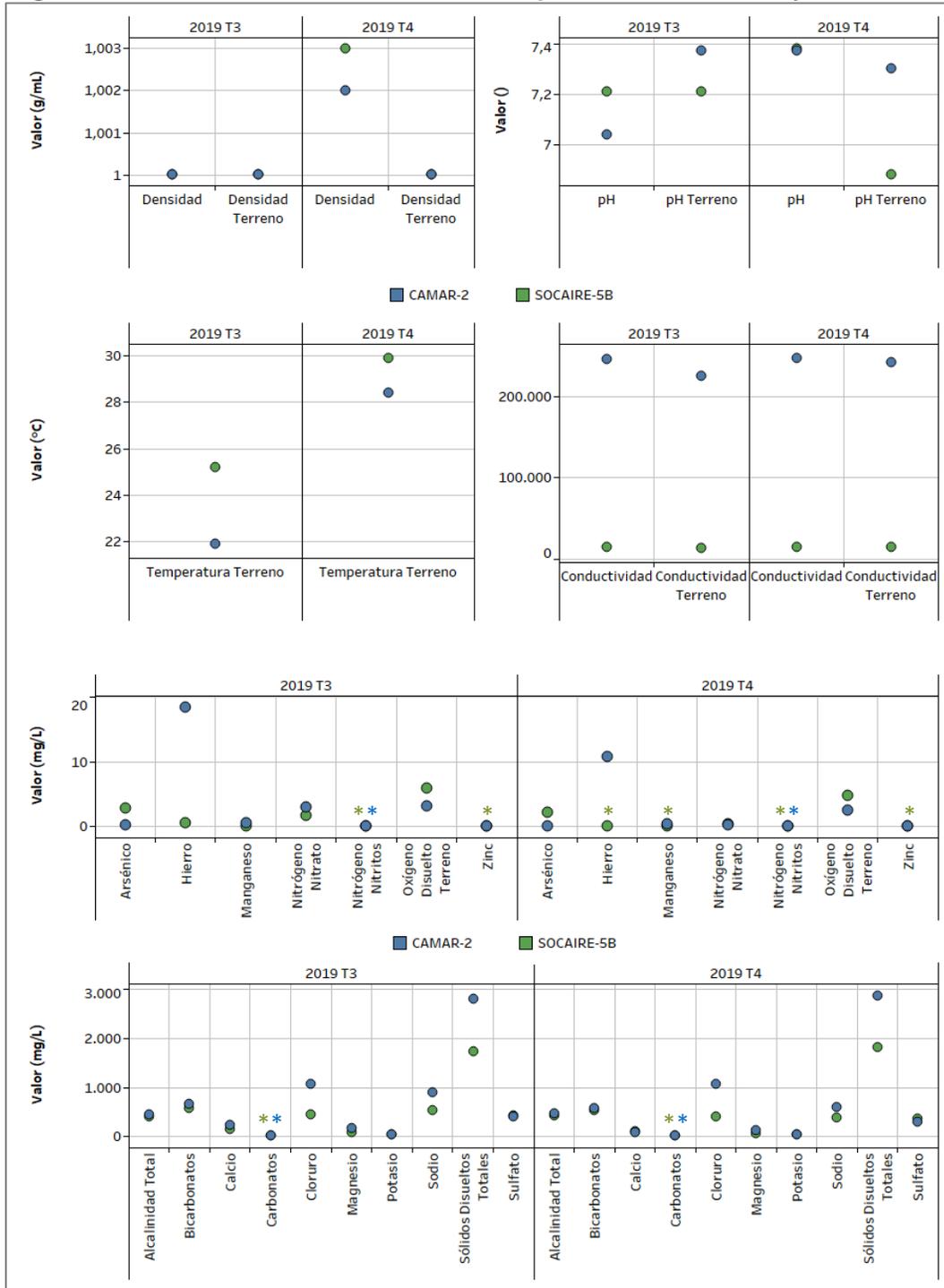
resultados gráficos se muestran en la Figura 5-35. Se debe comentar que, el monitoreo de este sistema también contempla la reglilla L4-10, sin embargo, no fue posible acceder a este sector para monitorear dicho punto debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional en este periodo.

Tabla 5-33: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo SOCAIRE-5B y Camar-2

Parámetro	Unidad	SOCAIRE-5B		Camar-2	
		25/07/2019	27/11/2019	25/07/2019	28/11/2019
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	402,0	428,4	451,0	460,5
Arsénico	mg/L	2,83170	2,16760	0,16069	0,02150
Bicarbonatos	mg/L	582	537	657	569
Calcio	mg/L	140,000	102,250	239,000	93,580
Carbonatos	mg/L	<10	<10	<10	<10
Cloruro	mg/L	450,23	408,45	1.066,57	1.070,53
Conductividad	µS/cm	2.854	2.730	4.668	4.390
Conductividad Terreno	µS/cm	3.100	2.730	3.740	4.440
Densidad	g/mL	1,000	1,003	1,000	1,002
Densidad Terreno	g/mL	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro	mg/L	0,623	<0,006	18,500	10,794
Magnesio	mg/L	79,600	52,916	171,000	135,565
Manganeso	mg/L	0,0165	<0,0001	0,4809	0,4249
Nitrógeno Nitrato	mg/L	1,6500	0,4000	3,0000	0,1700
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	5,95	4,76	3,22	2,54
pH	-	7,21	7,38	7,04	7,37
pH Terreno	-	7,21	6,88	7,37	7,30
Potasio	mg/L	48,000	32,150	37,100	32,369
Sodio	mg/L	539,00	372,89	883,00	594,20
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.717	1.802	2.800	2.864
Sulfato	mg/L	416,20	356,44	396,10	306,88
Temperatura Terreno	°C	25,2	29,9	21,9	28,4
Zinc	mg/L	<0,005	<0,0007	0,1000	0,0187

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-35: 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 segundo semestre en el sistema Aguas de Quelana, de acuerdo con los criterios de validación definidos en el apartado 4.4.8.

La Tabla 5-34 muestra los resultados de la validación para los puntos en el sistema Aguas de Quelana. Los resultados son satisfactorios, a excepción de los balances iónicos para la campaña del tercer trimestre, en la que los resultados fueron confirmados por el laboratorio AGQ, subcontratado por ALS para realizar algunos ensayos ya que tuvieron una falla en el equipo de medición de ALS (ver anexo 10.2).

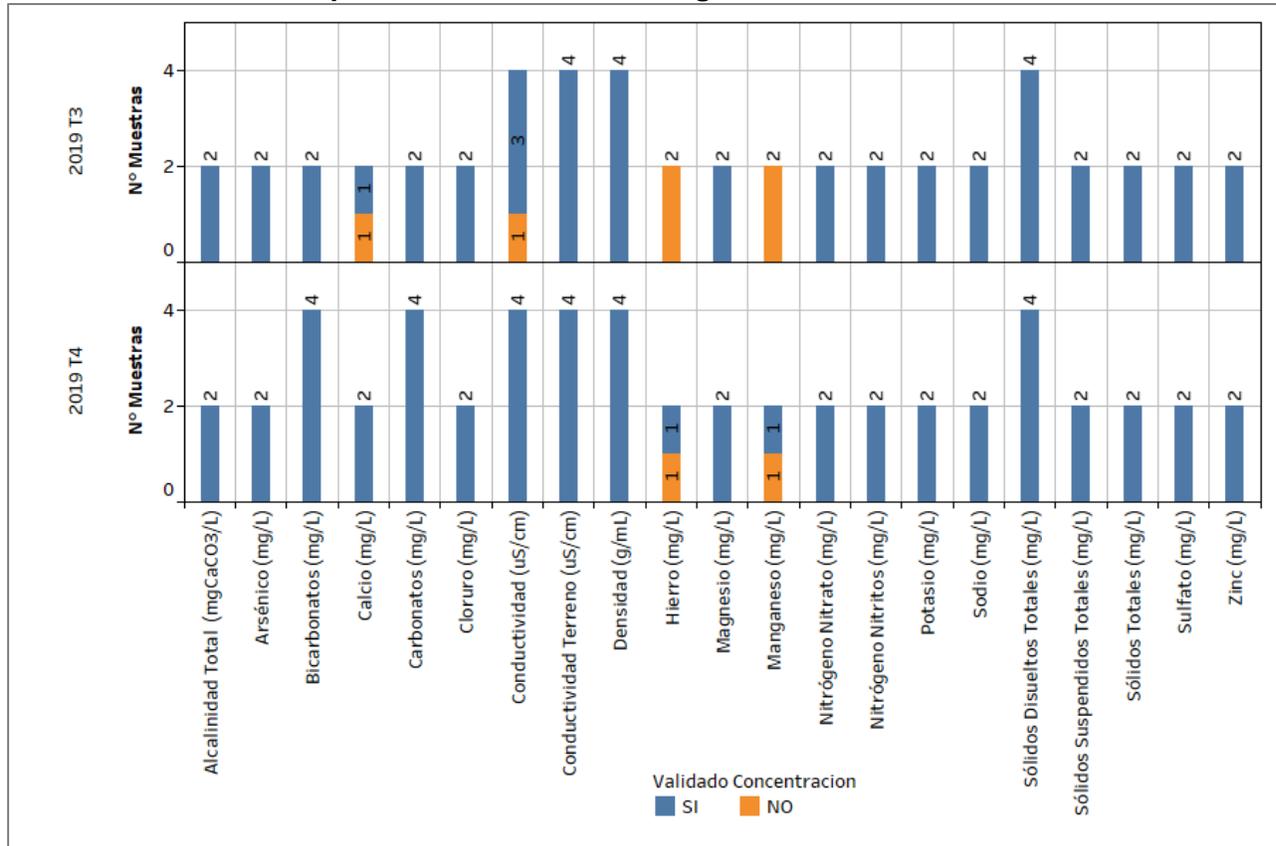
Tabla 5-34: Resultados de la validación en el sistema Aguas de Quelana

Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos	Balance Iónico
3er	CAMAR-2	N/A	16
	L4-3	1	N/A
	L4-6	10	N/A
	SOCAIRE-5B	N/A	13
4o	CAMAR-2	N/A	3
	L4-3	6	N/A
	L4-6	8	N/A
	SOCAIRE-5B	N/A	2

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

Respecto a la validación por concentraciones, la Figura 5-36 muestra que para las campañas del tercer y cuarto trimestre de 2019 se han detectado algunas desviaciones puntuales para calcio y conductividad en la campaña de julio, y para hierro y manganeso en ambas campañas. Las desviaciones en calcio fueron causa, en parte, del elevado desbalance iónico mostrado por las muestras de la tercera campaña. Estas observaciones, junto a otras, fueron consultadas a ALS, que respondió confirmando los resultados en los informes mediante el informe de cliente CL-0002-20 y CL-0004-20 para la campaña de noviembre de 2019. (Anexo 10.2).

Figura 5-36: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Vegetación Borde Este considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2019 se presentan a continuación, Previamente, en la Tabla 5-35 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-35: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Vegetación Borde Este

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
L1-17	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L1-3 ⁴⁴	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L2-25	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L2-26	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L2-27	Pozo				1 (1)	1 (2)	x (2)	(1) Carreteras cortadas por las comunidades; (2) RNF Aguas de Quelana
L2-28	Pozo				1			
L2-4 ⁴⁵	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L3-15	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L3-16	Pozo							
L3-3	Pozo							
L3-5 ⁴⁶	Pozo							
L4-17	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L4-3 ⁴⁷	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L7-13	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L7-14	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L7-15	Pozo							
L7-3 ⁴⁸	Pozo				1			Cortes de carretera por parte de la Comunidad
L9-1	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L9-2	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
CA-2015	Pozo Bombeo							
L4-10 ⁴⁹	Reglilla	x	1	1	x	xx	x	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

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

⁴⁴ Detalle ya fue presentado en el Sistema Soncor

⁴⁵ Detalle ya fue presentado en el Sistema Soncor

⁴⁶ Detalle ya fue presentado en el Sistema Aguas de Quelana

⁴⁷ Detalle ya fue presentado en el Sistema Aguas de Quelana

⁴⁸ Detalle ya fue presentado en el Sistema Soncor

⁴⁹ Detalle ya fue presentado en el Sistema Aguas de Quelana

no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que pertenecen al PC (sección 5.1).

Como ya se ha señalado, los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 pertenecen tanto a la red de monitoreo del Sistema Soncor como al sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron expuestos en el Sistema Soncor, no se incluyen en el presente apartado.

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

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 5-36 se muestran los resultados del monitoreo efectuado en estos 7 puntos de control 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. Entre la Figura 5-37 y la Figura 5-38 se muestra gráficamente el resultado de niveles estáticos del monitoreo y en la Figura 5-39 los niveles dinámicos del pozo CA-2015.

En el contexto de la fiscalización que llevó a cabo la SMA en este segundo semestre, se tomó una medida de nivel en el punto L9-1, exactamente el día 4 de septiembre.

Tabla 5-36: Registro de niveles zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)

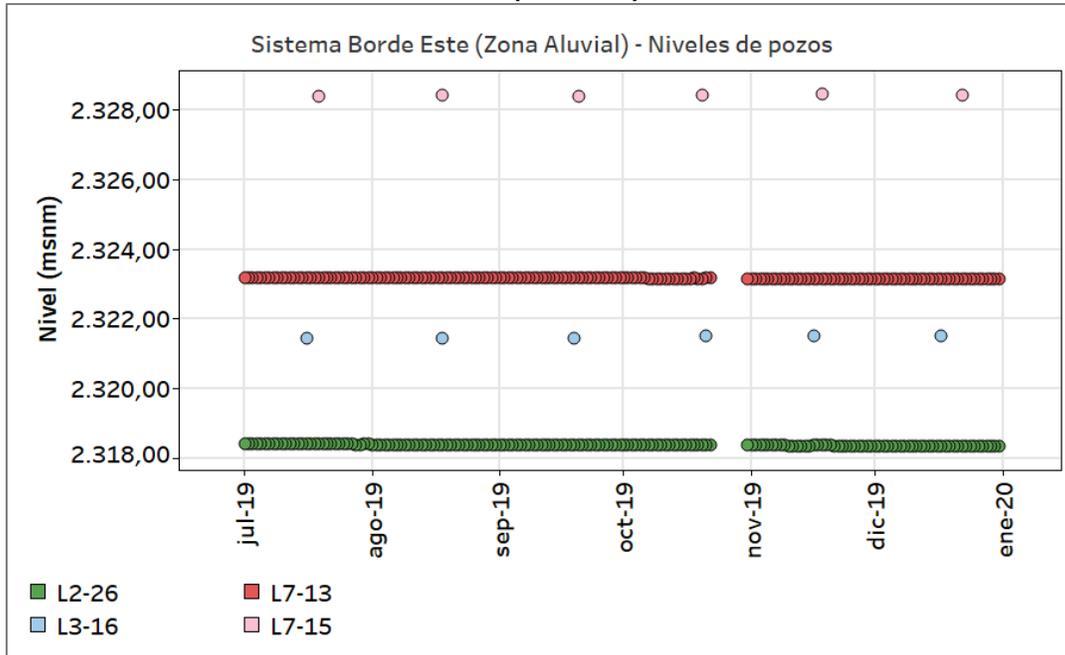
CA-2015		L3-16		L7-15		P2	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
17/07/2019	2.304,417	16/07/2019	2.321,428	19/07/2019	2.328,381	17/07/2019	2.311,943
18/08/2019	2.304,372	18/08/2019	2.321,423	18/08/2019	2.328,421	18/08/2019	2.312,027
18/09/2019	2.304,377	19/09/2019	2.321,424	20/09/2019	2.328,370	18/09/2019	2.311,974
19/10/2019	2.304,387	21/10/2019	2.321,481	20/10/2019	2.328,406	19/10/2019	2.311,964
17/11/2019	2.304,457	16/11/2019	2.321,488	18/11/2019	2.328,457	17/11/2019	2.312,000
22/12/2019	2.304,465	17/12/2019	2.321,493	22/12/2019	2.328,433	22/12/2019	2.311,980

L2-26			L7-13		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.318,378	2.318,401	jul-19	2.323,167	2.323,179
ago-19	2.318,361	2.318,378	ago-19	2.323,160	2.323,169
sep-19	2.318,353	2.318,363	sep-19	2.323,153	2.323,162
oct-19	2.318,350	2.318,357	oct-19	2.323,146	2.323,155
nov-19	2.318,339	2.318,351	nov-19	2.323,143	2.323,149
dic-19	2.318,323	2.318,342	dic-19	2.323,141	2.323,149

L9-1			L9-2		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.309,724	2.309,743	jul-19	2.308,950	2.308,965
ago-19	2.309,738	2.309,746	ago-19	2.308,959	2.308,967
sep-19	2.309,737	2.309,751	sep-19	2.308,964	2.308,972
oct-19	2.309,745	2.309,755	oct-19	2.308,967	2.308,976
nov-19	2.309,750	2.309,756	nov-19	2.308,968	2.308,977
dic-19	2.309,733	2.309,752	dic-19	2.308,949	2.308,968

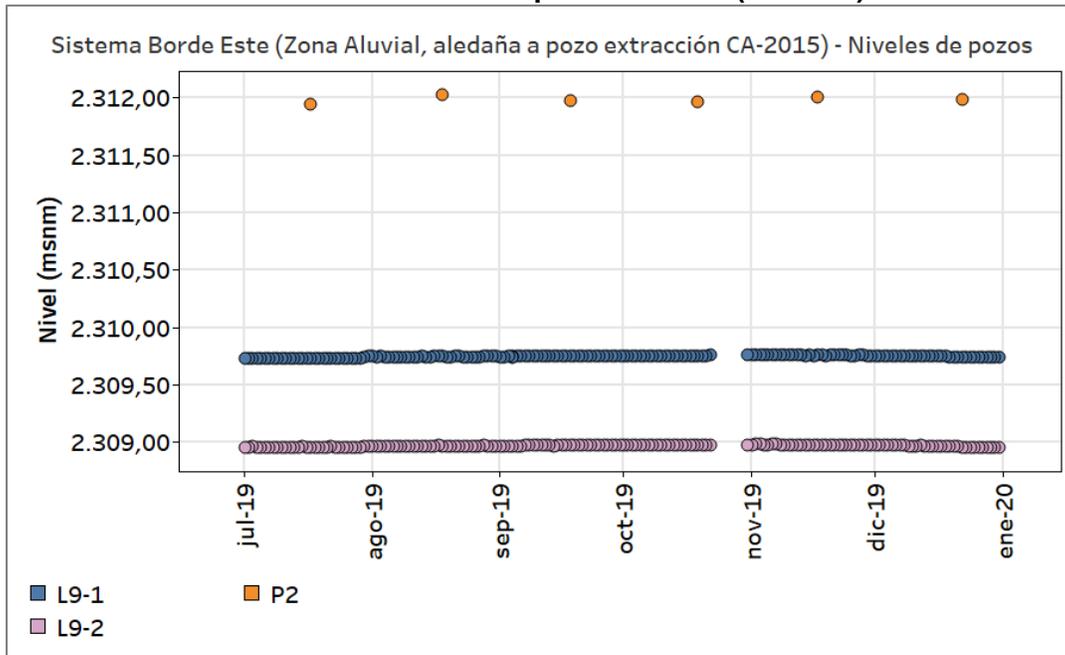
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)



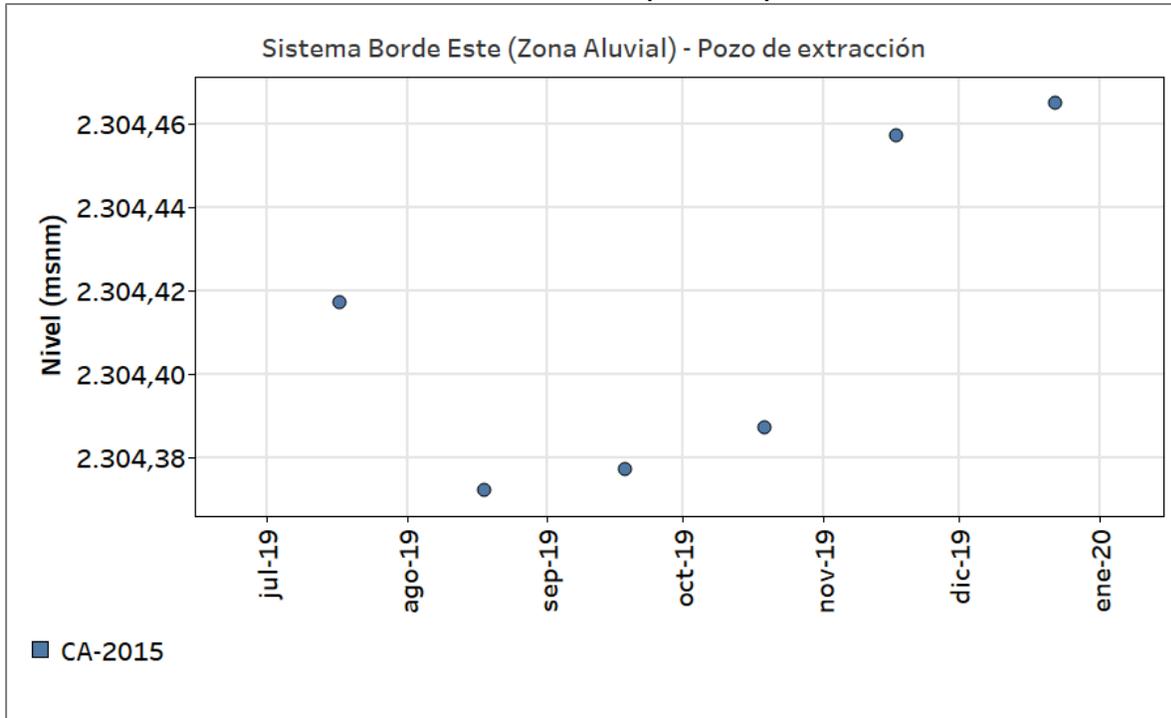
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-38: Nivel observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este – zona aledaña al pozo CA-2015 (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-39: Nivel dinámico observado (m s.n.m.) en zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 5-37 se muestra el resultado del monitoreo efectuado en este segundo semestre de 2019 para estos puntos y en la Figura 5-40 se muestra gráficamente. Los 7 puntos son indicadores de estado del PC por lo que se miden a diario.

Durante en el contexto del monitoreo que realizó Golder Associates como auditoría interna de SQM, el día 27 de agosto se tomó una medida en los puntos L2-17 y L2-28.

Tabla 5-37: Registro de niveles zona marginal del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)

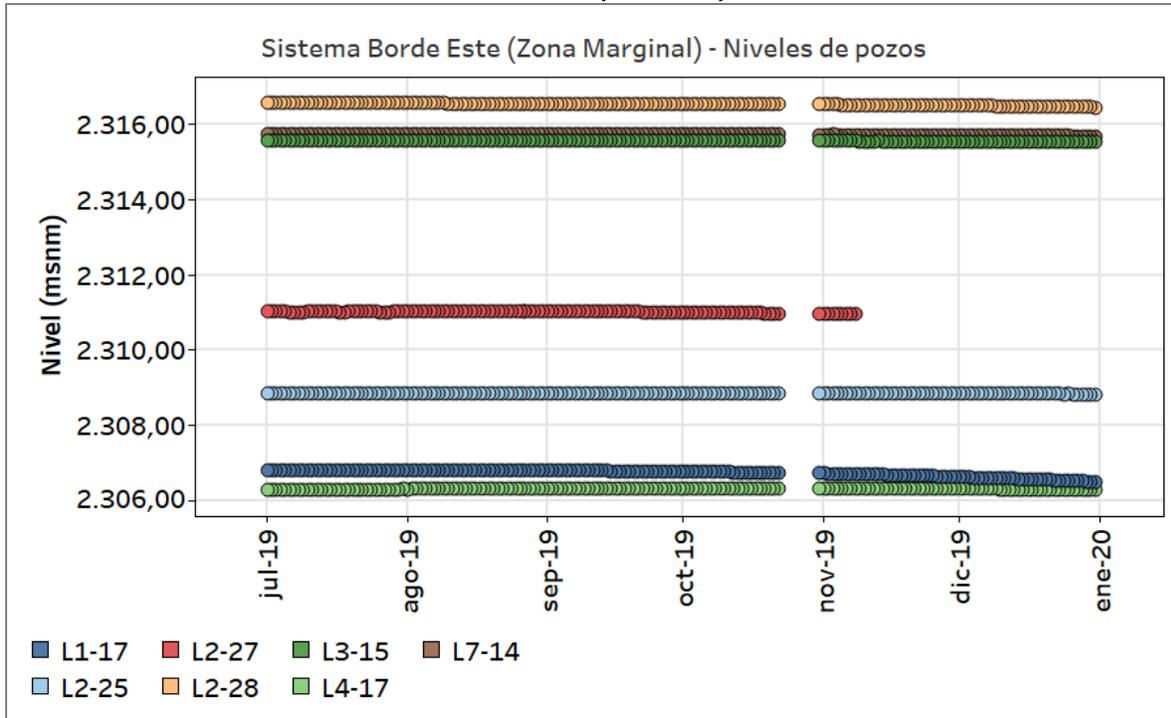
L1-17			L2-25			L2-27		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.306,793	2.306,782	jul-19	2.308,833	2.308,831	jul-19	2.311,006	2.310,997
ago-19	2.306,800	2.306,786	ago-19	2.308,834	2.308,831	ago-19	2.311,008	2.311,001
sep-19	2.306,805	2.306,758	sep-19	2.308,834	2.308,829	sep-19	2.311,020	2.310,986
oct-19	2.306,757	2.306,714	oct-19	2.308,832	2.308,829	oct-19	2.310,985	2.310,944
nov-19	2.306,711	2.306,623	nov-19	2.308,830	2.308,824	nov-19	2.310,941	2.310,932
dic-19	2.306,619	2.306,493	dic-19	2.308,824	2.308,815	dic-19	S/I	S/I

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
jul-19	2.316,552	2.316,533	jul-19	2.315,538	2.315,529	jul-19	2.306,297	2.306,284
ago-19	2.316,533	2.316,523	ago-19	2.315,537	2.315,533	ago-19	2.306,312	2.306,296
sep-19	2.316,523	2.316,515	sep-19	2.315,542	2.315,535	sep-19	2.306,321	2.306,312
oct-19	2.316,516	2.316,498	oct-19	2.315,541	2.315,533	oct-19	2.306,325	2.306,319
nov-19	2.316,497	2.316,472	nov-19	2.315,535	2.315,518	nov-19	2.306,319	2.306,304
dic-19	2.316,470	2.316,426	dic-19	2.315,518	2.315,499	dic-19	2.306,302	2.306,274

L7-14		
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
jul-19	2.315,718	2.315,712
ago-19	2.315,712	2.315,709
sep-19	2.315,712	2.315,707
oct-19	2.315,710	2.315,700
nov-19	2.315,701	2.315,686
dic-19	2.315,686	2.315,660

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

Figura 5-40: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Vegetación Borde Este (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 julio a diciembre de 2019 se presenta en la Tabla 5-38 y gráficamente en la Figura 5-41. Durante el periodo que se reporta, los caudales bombeados no sobrepasan el caudal máximo autorizado de inferior a 35 L/s.

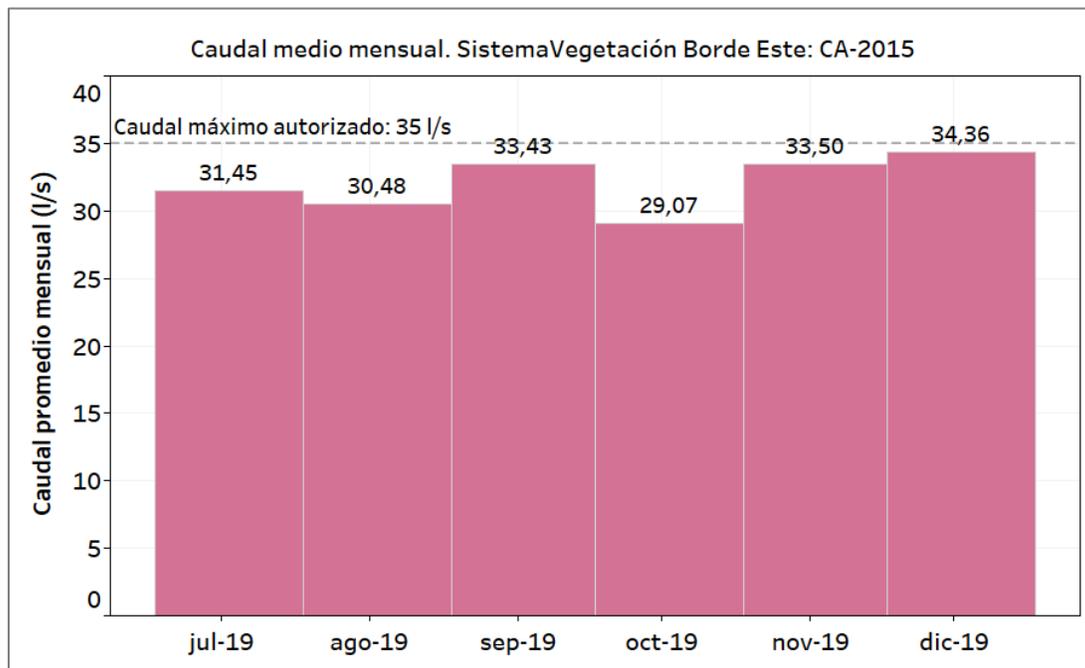
A modo de respaldo, en la Tabla 5-38 se muestra también la medida del flujómetro en el primer instante de cada mes y volumen mensual resultante. A partir de este último valor, que se divide por entre el número de días que componen cada mes, es que se obtiene el volumen promedio mensual reportado. En el Anexo 3.2 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados.

Tabla 5-38: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este para el segundo semestre de 2019

Pozo	Mes	Fecha flujómetro (m3)	Volumen flujómetro (m3)	Volumen mensual (m3)	Caudal promedio mensual (l/s)
CA-2015	jul-19	01/07/2019 0:00	225.261,48	84.247,83	31,45
	ago-19	01/08/2019 0:00	309.509,31	81.634,85	30,48
	sep-19	01/09/2019 0:00	391.144,16	86.647,68	33,43
	oct-19	01/10/2019 0:00	477.791,84	77.854,72	29,07
	nov-19	01/11/2019 0:00	555.646,56	86.843,00	33,50
	dic-19	01/12/2019 0:00	642.489,56	92.034,19	34,36
	ene-20	01/01/2020 0:00	734.523,75	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-41: Caudal medio mensual bombeado desde 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 segundo semestre del año 2019.

Como se señaló en la sección 5.1.1, 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 5-39 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio ALS, al pozo de bombeo

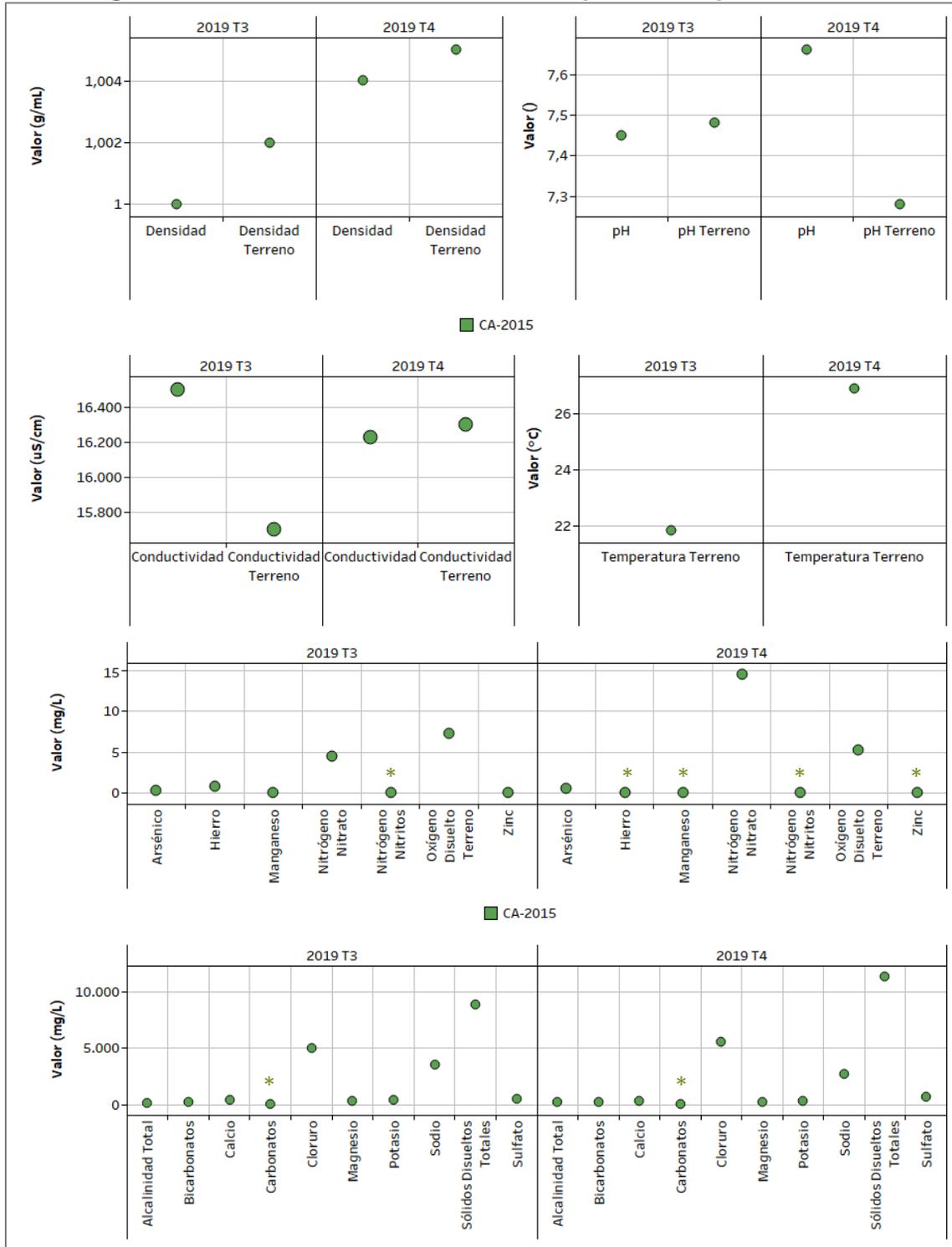
CA-2015 en el segundo semestre del año 2019. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-42. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-39: Resultados de análisis fisicoquímico para el pozo CA-2015

Parámetro	Unidad	CA-2015	
		25/07/2019	27/11/2019
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	138,0	160,5
Arsénico	mg/L	0,28636	0,50830
Bicarbonatos	mg/L	198	189
Calcio	mg/L	403,0	291,9
Carbonatos	mg/L	<10	<10
Conductividad	µS/cm	16.500	16.230
Conductividad Terreno	µS/cm	15.700	16.300
Cloruro	mg/L	4.967,1	5.509,6
Densidad	g/mL	1,000	1,004
Densidad Terreno	g/mL	1,002	1,005
Hierro	mg/L	0,821	<0,006
Potasio	mg/L	410,0	331,1
Magnesio	mg/L	312,0	238,6
Manganeso	mg/L	0,0431	<0,0001
Sodio	mg/L	3.489,0	2.632,7
Nitrógeno Nitrato	mg/L	4,44	14,53
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,09	<0,09
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	7,24	5,20
pH	-	7,45	7,66
pH Terreno	-	7,48	7,28
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	8.800	11.300
Sulfato	mg/L	489,9	679,3
Temperatura Terreno	°C	21,8	26,9
Zinc	mg/L	0,020	<0,0007

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42: Resultados del análisis fisicoquímico del pozo CA-2015



Fuente: Elaboración propia

Validación Resultados

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

En la Tabla 5-40 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, en la campaña de julio se obtuvo un desbalance importante, consecuencia de errores de medición en cationes, principalmente sodio y potasio por parte del laboratorio AGQ, subcontratado por falla en el equipo ICP-MS. (Anexo 10.1).

Tabla 5-40 Resultados de la validación en el sistema Vegetación Borde Este.

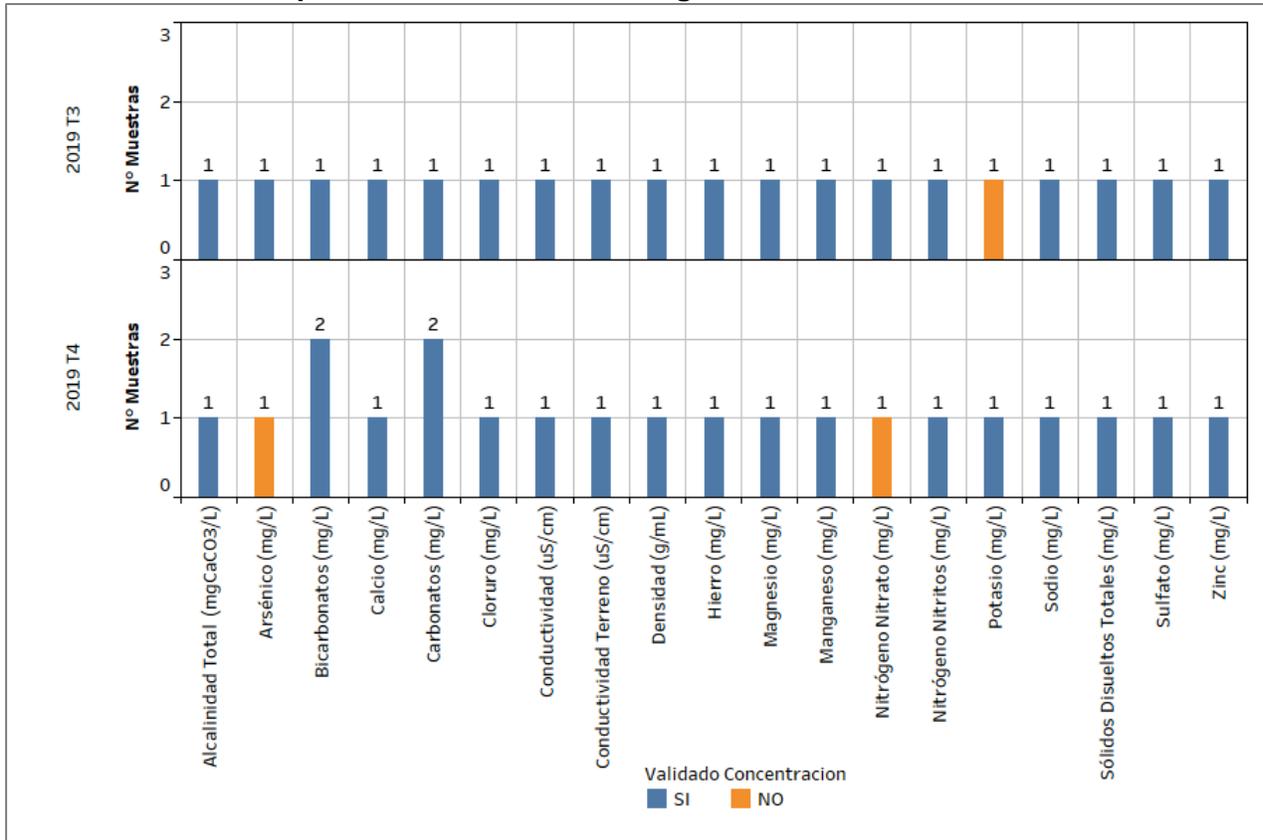
Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos	Balance iónico
3er	CA-2015	N/A	15
4o	CA-2015	N/A	5

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 5-43 muestra los resultados de la validación por concentraciones con relación a cada analito y punto. Puede verse que en la campaña de julio la concentración de potasio resultó no validada, contribuyendo con esa anómala concentración al desbalance iónico de 15% para esta campaña.

Para la campaña del cuarto trimestre se encontraron dos concentraciones anómalas de nitrógeno nitrato y arsénico las cuales fueron verificadas por el laboratorio, como puede verse en el informe de cliente CL-0004-20, emitido por ALS (Anexo 10.1).

Figura 5-43: 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 segundo semestre de 2019 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-41 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-41: Resumen de puntos no visitados en el Sistema Peine

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
Aforo Salada	E. Aforo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
Aforo Saladita	E. Aforo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
Laguna Interna	Laguna	x	NA	NA	x	NA	NA	Comunidad de Peine no permite el acceso
Laguna Salada	Laguna	x	NA	NA	x	NA	NA	Comunidad de Peine no permite el acceso
Laguna Saladita	Laguna	x	NA	NA	x	NA	NA	Comunidad de Peine no permite el acceso
1024	Pozo				x			Carreteras cortadas por las comunidades
1028	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
2018	Pozo							
2037	Pozo				x			Carreteras cortadas por las comunidades
GD-03	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
GD-04	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-1	Pozo	x	x	x	x	xx	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-10	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-11	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L10-12	Pozo				x			Carreteras cortadas por las comunidades
L10-13	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-14	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-15	Pozo				x			Carreteras cortadas por las comunidades
L10-16	Pozo				x			Carreteras cortadas por las comunidades
L10-17	Pozo				x			Carreteras cortadas por las comunidades
L10-2	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-3	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-4	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades
L10-5	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-6	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-7	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-8	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-9	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
Interna	Reglilla	x	NA	NA	x	NA	NA	Comunidad de Peine no permite el acceso
Salada	Reglilla	x	NA	NA	x	NA	NA	Comunidad de Peine no permite el acceso
Saladita	Reglilla	x	NA	NA	x	NA	NA	Comunidad de Peine no permite el acceso

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; 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 5-42 y en la Figura 5-44 se muestra el resultado del monitoreo llevado a cabo en el segundo semestre de 2019. El punto L10-4 forma parte del PC, por lo que se mide a diario. Por este motivo en la presente tabla solo se muestran los mínimos y máximos mensuales.

Es necesario mencionar que los puntos L10-2, L10-9 y L10-10 no han podido visitarse de forma continua por esta causa desde el pasado junio de 2018 (19 meses continuos sin información) y los puntos L10-1 y L10-3 desde junio de 2019 (7 meses continuos sin información).

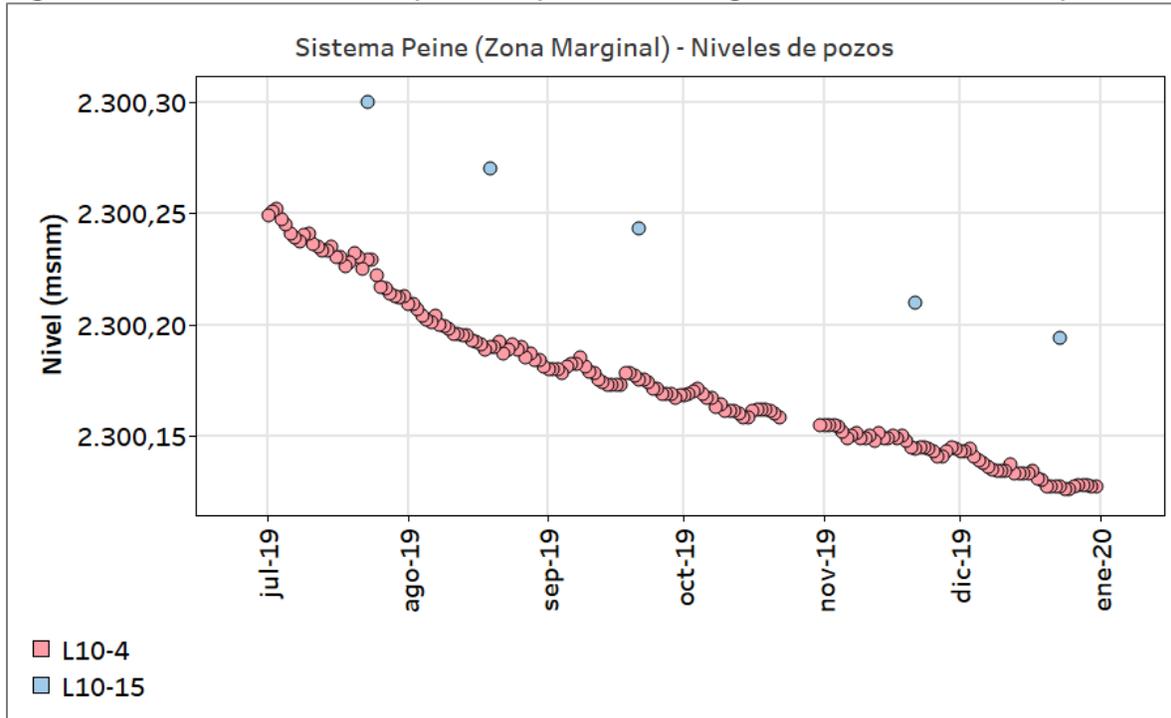
Tabla 5-42: Registro de niveles zona marginal del sistema Peine (WGS-84)

L10-1		L10-2		L10-3		L10-9	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
22/07/2019	S/I	26/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I	26/07/2019	S/I
22/08/2019	S/I	26/08/2019	S/I	22/08/2019	S/I	26/08/2019	S/I
22/09/2019	S/I	26/09/2019	S/I	22/09/2019	S/I	26/09/2019	S/I
22/10/2019	S/I	26/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I	26/10/2019	S/I
22/11/2019	S/I	26/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I	26/11/2019	S/I
22/12/2019	S/I	26/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I	26/12/2019	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
26/07/2019	S/I	23/07/2019	2.300,300	jul-19	2.300,252	2.300,212
26/08/2019	S/I	19/08/2019	2.300,270	ago-19	2.300,209	2.300,181
26/09/2019	S/I	21/09/2019	2.300,243	sep-19	2.300,185	2.300,167
26/10/2019	S/I	26/10/2019	S/I	oct-19	2.300,171	2.300,155
26/11/2019	S/I	21/11/2019	2.300,210	nov-19	2.300,155	2.300,141
26/12/2019	S/I	23/12/2019	2.300,194	dic-19	2.300,144	2.300,126

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

Figura 5-44: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sistema Peine (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Pozos en zona núcleo

El sistema Peine dispone de 16 puntos de control en el núcleo del Salar. En la Tabla 5-43 se muestra el monitoreo resultante para éstos durante este segundo semestre de 2019.

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 continua por esta causa desde el pasado junio de 2018 (19 meses continuos sin información) y los puntos L10-13, L10-14 y L10-5 desde junio de 2019 (7 meses continuos sin información).

En el contexto de la fiscalización que la SMA llevó a cabo en septiembre, se tomó una medida en los puntos 1028 y L10-11 el día 4 (de septiembre).

Tabla 5-43: Registro de niveles zona núcleo del sistema Peine (WGS-84)

1024		2018		2037		GD-03	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	2.299,647	22/07/2019	2.299,703	20/07/2019	2.299,704	26/07/2019	S/I
19/08/2019	2.299,598	19/08/2019	2.299,669	19/08/2019	2.299,657	26/08/2019	S/I
20/09/2019	2.299,602	21/09/2019	2.299,655	21/09/2019	2.299,641	26/09/2019	S/I
23/10/2019	S/I	22/10/2019	2.299,648	23/10/2019	S/I	26/10/2019	S/I
21/11/2019	2.299,578	21/11/2019	2.299,647	21/11/2019	2.299,630	26/11/2019	S/I
19/12/2019	2.299,546	19/12/2019	2.299,622	19/12/2019	2.299,605	26/12/2019	S/I

GD-04		L10-12		L10-13		L10-14	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
26/07/2019	S/I	20/07/2019	2.299,738	22/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I
26/08/2019	S/I	19/08/2019	2.299,693	22/08/2019	S/I	22/08/2019	S/I
26/09/2019	S/I	21/09/2019	2.299,670	22/09/2019	S/I	22/09/2019	S/I
26/10/2019	S/I	23/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I
26/11/2019	S/I	21/11/2019	2.299,659	22/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I
26/12/2019	S/I	19/12/2019	2.299,637	22/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I

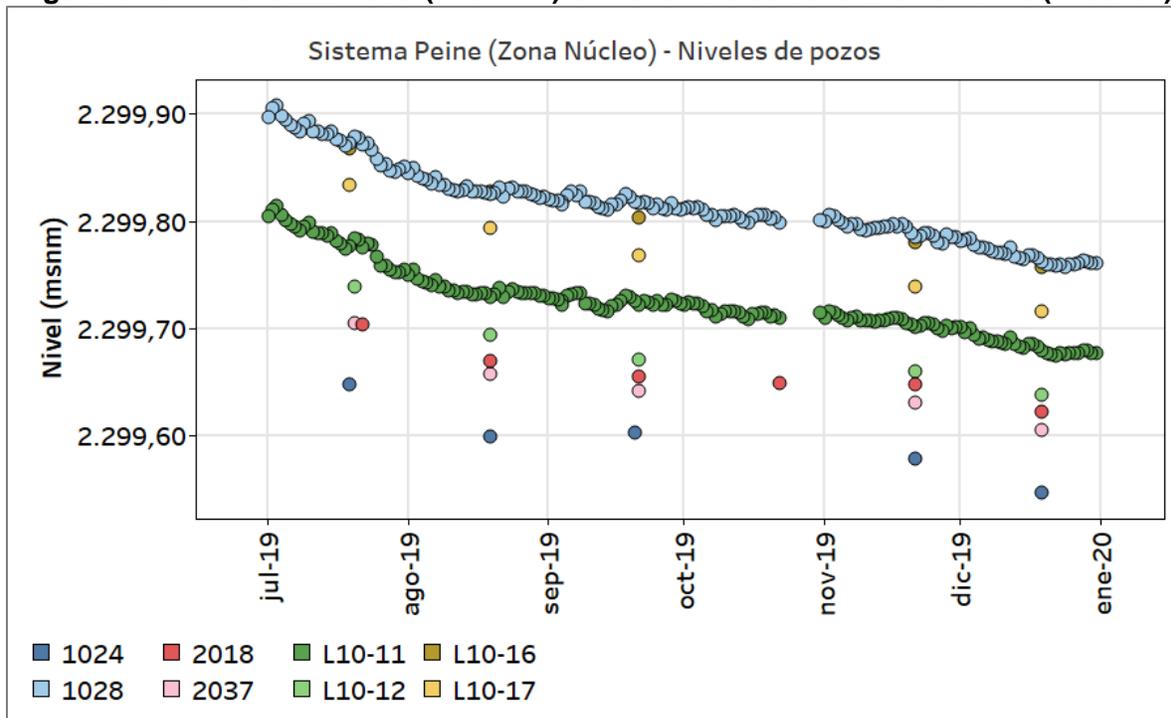
L10-16		L10-17		L10-5		L10-6	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
19/07/2019	2.299,868	20/07/2019	2.299,738	22/07/2019	S/I	26/07/2019	S/I
19/08/2019	2.299,827	19/08/2019	2.299,693	22/08/2019	S/I	26/08/2019	S/I
21/09/2019	2.299,803	21/09/2019	2.299,670	22/09/2019	S/I	26/09/2019	S/I
23/10/2019	S/I	23/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I	26/10/2019	S/I
21/11/2019	2.299,780	21/11/2019	2.299,659	22/11/2019	S/I	26/11/2019	S/I
19/12/2019	2.299,757	19/12/2019	2.299,637	22/12/2019	S/I	26/12/2019	S/I

L10-7		L10-8	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
26/07/2019	S/I	26/07/2019	S/I
26/08/2019	S/I	26/08/2019	S/I
26/09/2019	S/I	26/09/2019	S/I
26/10/2019	S/I	26/10/2019	S/I
26/11/2019	S/I	26/11/2019	S/I
26/12/2019	S/I	26/12/2019	S/I

1028			L10-11		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	2.299,846	2.299,908	jul-19	2.299,752	2.299,814
ago-19	2.299,821	2.299,849	ago-19	2.299,729	2.299,755
sep-19	2.299,810	2.299,827	sep-19	2.299,716	2.299,733
oct-19	2.299,798	2.299,813	oct-19	2.299,708	2.299,724
nov-19	2.299,779	2.299,806	nov-19	2.299,697	2.299,715
dic-19	2.299,757	2.299,784	dic-19	2.299,674	2.299,701

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

Figura 5-45: Nivel observado (m s.n.m.) en zona núcleo del sistema Peine (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

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 fueron encomendados a la empresa externa GP Consultores. No obstante, lo anterior, en el presente periodo a reportar no fue posible realizar las mediciones comprometidas, 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 de SQM. Lo anterior se encuentra debidamente justificado en Anexo 5.3.

Tabla 5-44: Registro de niveles para las lagunas del sector Peine (WGS-84)

REGLILLA SALADA CONAF			REGLILLA SALADITA CONAF			REGLILLA INTERNA CONAF		
Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)		Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	S/I	S/I	jul-19	S/I	S/I	jul-19	S/I	S/I
oct-19	S/I	S/I	oct-19	S/I	S/I	oct-19	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia. 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 segundo semestre del año 2019. 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 N°226/2006 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, en el marco del convenio CONAF-SQM. Por su parte, el monitoreo de los pozos de control fue efectuado el laboratorio ALS en julio

de 2019, GP Consultores en octubre de 2019 y Algoritmos en noviembre de 2019. Los análisis fueron realizados por ALS para el segundo semestre de 2019.

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

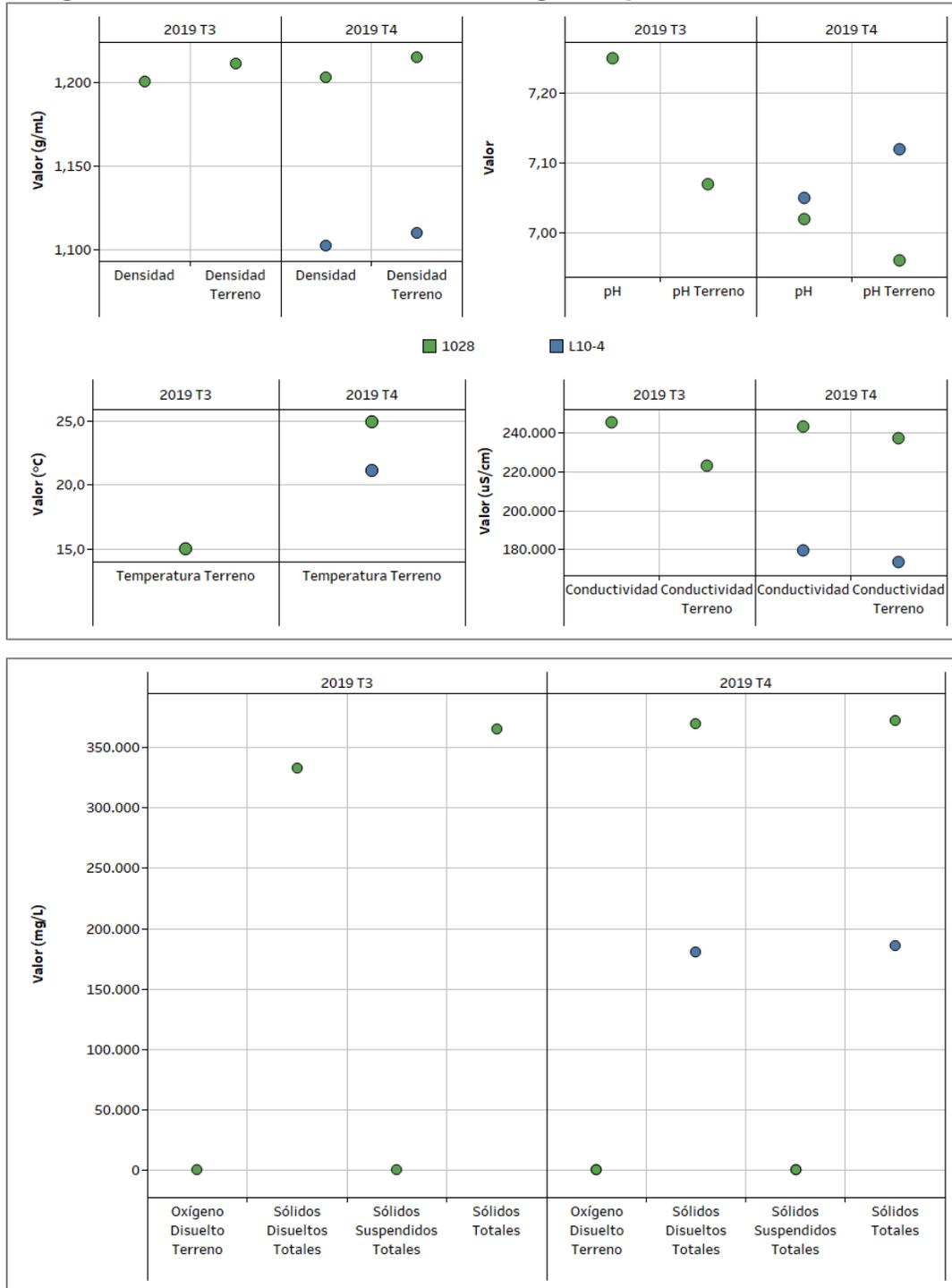
En la Tabla 5-45 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas el laboratorio ALS, a los pozos de monitoreo. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-46. Como se observa, durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos comprometidos en el pozo 1028. No fue posible monitorear el pozo L10-4 en el tercer trimestre, ni el pozo L10-1 durante todo el semestre ya que la Comunidad de Peine denegó el ingreso (Anexo 5.3).

Tabla 5-45: Resultados calidad del agua pozo 1028 primer semestre de 2019

Parámetro	Unidad	1028		L10-4
		24/07/2019	27/11/2019	28/11/2019
Conductividad	µS/cm	245.500	243.000	179.400
Conductividad Terreno	µS/cm	223.000	237.000	173.100
Densidad	g/mL	1,200	1,203	1,102
Densidad Terreno	g/mL	1,211	1,215	1,110
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	6,14	4,27	3,30
pH	-	7,25	7,02	7,05
pH Terreno	-	7,07	6,96	7,12
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	332.800	369.600	180.200
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	72	22	9
Sólidos Totales	mg/L	364.800	372.000	185.600
Temperatura Terreno	°C	15,0	24,9	21,1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-46: 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 segundo semestre de 2019 no fue posible acceder a los puntos de monitoreo debido a tener autorización de ingreso por parte de la Comunidad (Anexo 5.3).

Validación resultados

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

La Tabla 5-46 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 3 muestras colectadas en el segundo semestre dieron resultados correctos.

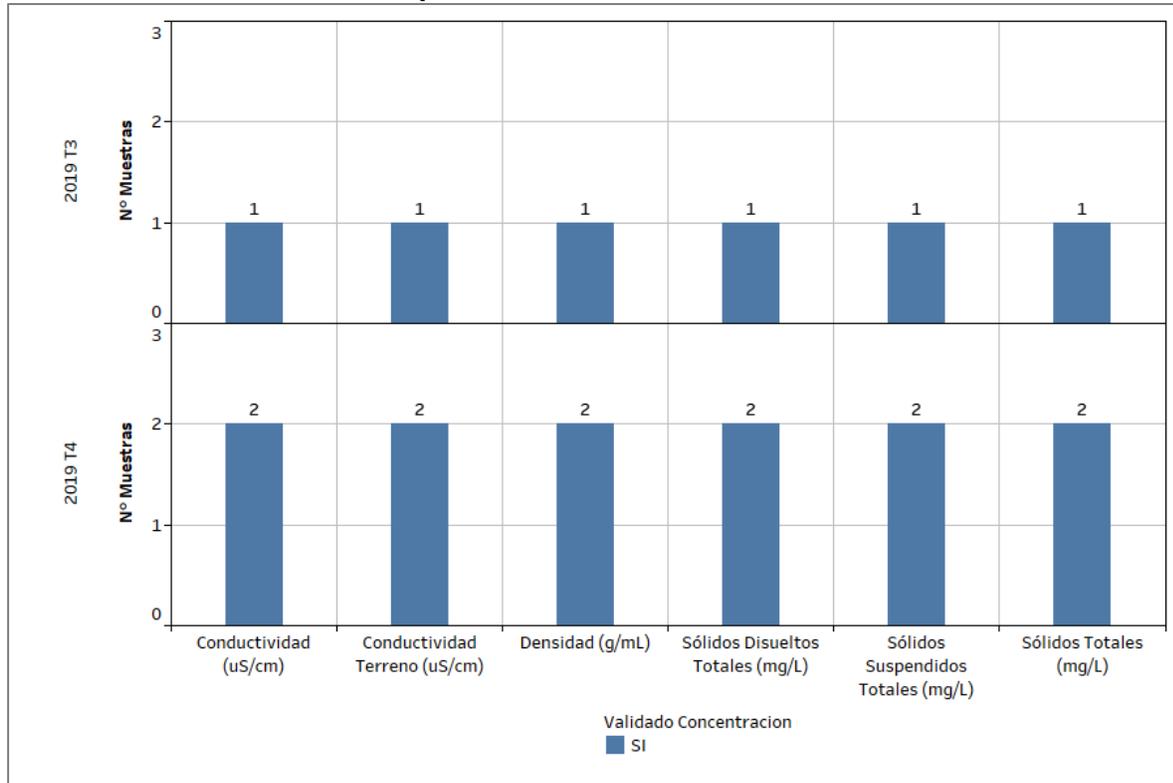
Tabla 5-46 Resultados de la validación en el sistema Peine.

Trimestre	Infraestructura	Validado Balance Masa Sólidos	Balance iónico
3er	1028	9	N/A
4o	1028	1	N/A
	L10-4	3	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 5-47 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 5-47: Resultados de la validación en base a la evolución histórica de cada parámetro en el sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Caudal de recarga 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 5-48, 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 titular para ingresar al sector (Anexo 5.3).

Tabla 5-47: Resultados aforos manuales Saladita y Salada

Fecha Medición	Caudal manual (L/s)	
	Aforo Salada	Aforo Saladita
Jul-19	S/I	S/I
Ago-19	S/I	S/I
Sep-19	S/I	S/I
Oct-19	S/I	S/I
Nov-19	S/I	S/I
Dic-19	S/I	S/I

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

Superficie lacustre

Durante el segundo semestre de 2019 las mediciones mediante estacas perimetrales en el marco del ex convenio con CONAF y efectuados por Geobiota en forma trimestral no fueron realizadas debido a restricciones de acceso por parte de la Comunidad (Anexo 5.3).

En la Tabla 5-48 se presenta, para el segundo semestre de 2019, la superficie lacustre de los dos cuerpos de agua del sistema Peine medidos en forma trimestral mediante estacas perimetrales, los cuales se denominan Laguna Salada y Saladita.

Tabla 5-48: Superficies lacustres sistema Peine segundo semestre de 2019

Periodo	Responsable	Tipo de medición	Superficie (m ²)	
			Salada	Saladita
Jul-19	GEOBIOTA	Estacas perimetrales	S/I	S/I
Oct-19	GEOBIOTA	Estacas perimetrales	S/I	S/I

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

5.1.6. SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del sector Vegas de Tilopozo, sólo considera el monitoreo del nivel del agua en 5 puntos: 4 pozos y una reglilla. Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2019 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-49 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-49: Resumen de puntos no visitados en el sector de Vegas de Tilopozo

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	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

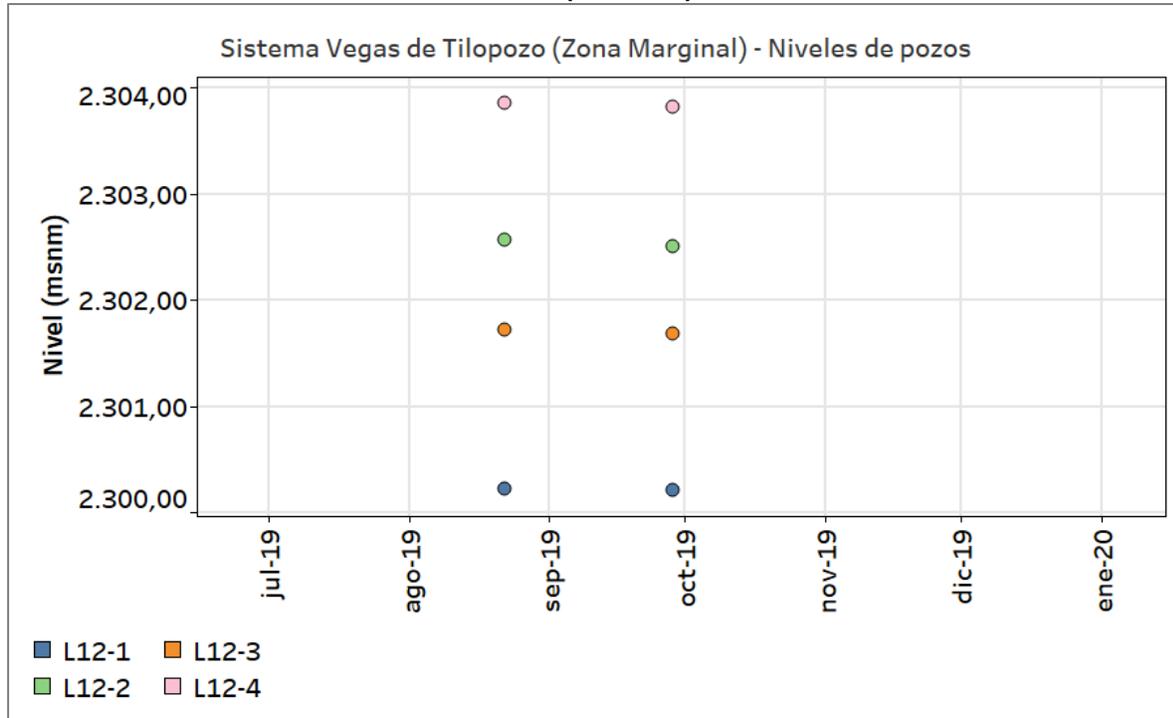
En la zona marginal, el sector de Vegas de Tilopozo cuenta con 4 puntos de control, que se miden de forma mensual. En la Tabla 5-50 se muestra el resultado del monitoreo para el periodo reportado en este informe. En la Figura 5-48 se muestra gráficamente el resultado de las mediciones en estos puntos.

Tabla 5-50: Registro de niveles zona marginal del sector Vegas de Tilopozo (WGS-84)

L12-1		L12-2		L12-3		L12-4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
22/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I
22/08/2019	2.300,218	22/08/2019	2.302,567	22/08/2019	2.301,725	22/08/2019	2.303,857
28/09/2019	2.300,209	28/09/2019	2.302,511	28/09/2019	2.301,688	28/09/2019	2.303,819
22/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I
22/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I
22/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I

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

Figura 5-48: Nivel observado (m s.n.m.) en zona marginal del sector Vegas de Tilopozo (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Nivel de agua superficial

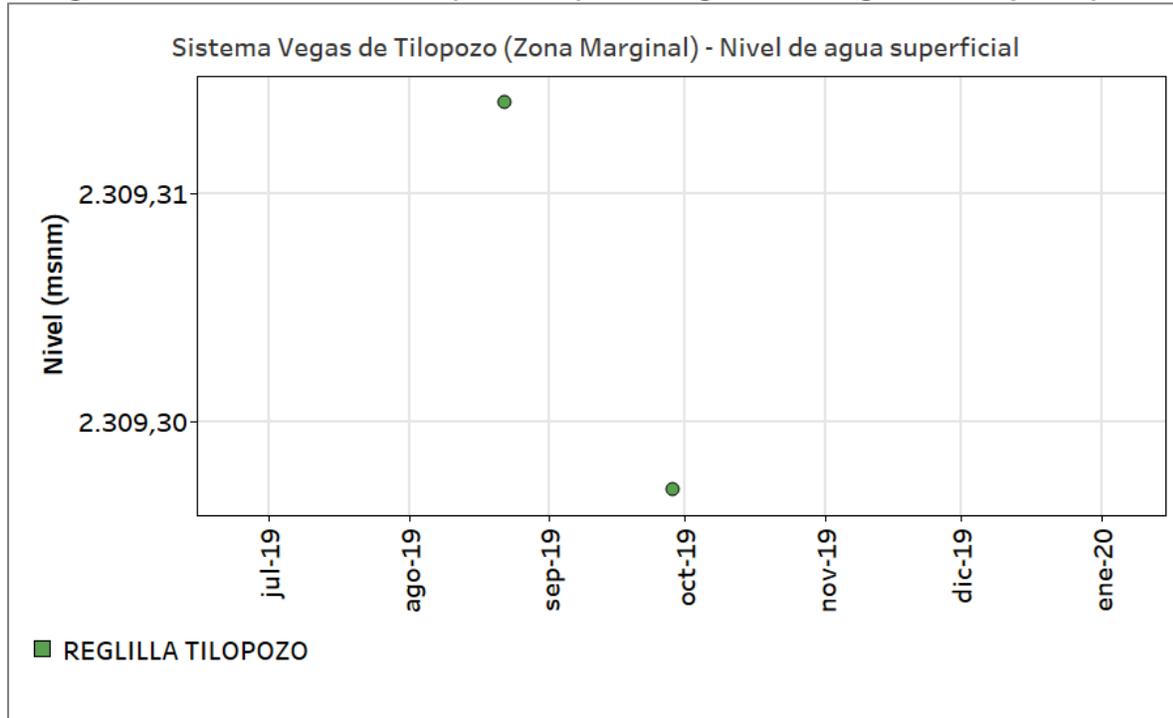
En esta sección se presentan los niveles de agua superficial para este sistema de Vegas de Tilopozo, que dispone de un punto de medición. En la Tabla 5-51 se muestran las medidas tomadas en este segundo semestre de 2019 y en la Figura 5-49 se presentan gráficamente.

Tabla 5-51: Registro de niveles en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo (WGS-84)

REGLILLA TILOPOZO	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/07/2019	S/I
22/08/2019	2.309,314
28/09/2019	2.309,297
22/10/2019	S/I
22/11/2019	S/I
22/12/2019	S/I

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

Figura 5-49: Nivel observado (m s.n.m.) de la reglilla del Vegas de Tilopozo (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

5.1.7. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el PSAH del Sistema Núcleo del Salar de Atacama considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), meteorología (1 estación) y calidad química (2 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2019 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-52 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-52: Resumen de puntos no visitados en el núcleo del Salar de Atacama

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
1001	Pozo							
1906	Pozo							
2028	Pozo							
2040	Pozo							
C4-B	Pozo							
E-101	Pozo							
E-324	Pozo							
EIA-5	Pozo							
L3-4 (SOPM-8) ⁵⁰	Pozo							
M1-C	Pozo							
M2-C	Pozo				x			Cortes de carretera por parte de la Comunidad
M7	Pozo							
Sample-4	Pozo				x			Cortes de carretera por parte de la Comunidad
SOPE-6	Pozo							
SOPM-10	Pozo							
SOPM-11	Pozo							
SOPM-12C	Pozo							
SOPM-2	Pozo							
SOPM-4	Pozo							
SOPM-5	Pozo							
Zar-C-S	Pozo				x			Cortes de carretera por parte de la Comunidad

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 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 2019, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-10 y en la Tabla 4-12.

El pozo SOPM-8 (L3-4) pertenece tanto a la red de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana (identificado en la RCA N°226/2006 como L3-4) como al del Sistema Núcleo del Salar de Atacama (identificado en la RCA N°226/2006 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.

⁵⁰ Detalle ya fue presentado en el Sistema Aguas de Quelana

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.

En la Tabla 5-53 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 5-50 se muestran gráficamente las medidas tomadas.

Tabla 5-53: Registro de niveles alejado de la zona productiva del núcleo (WGS-84)

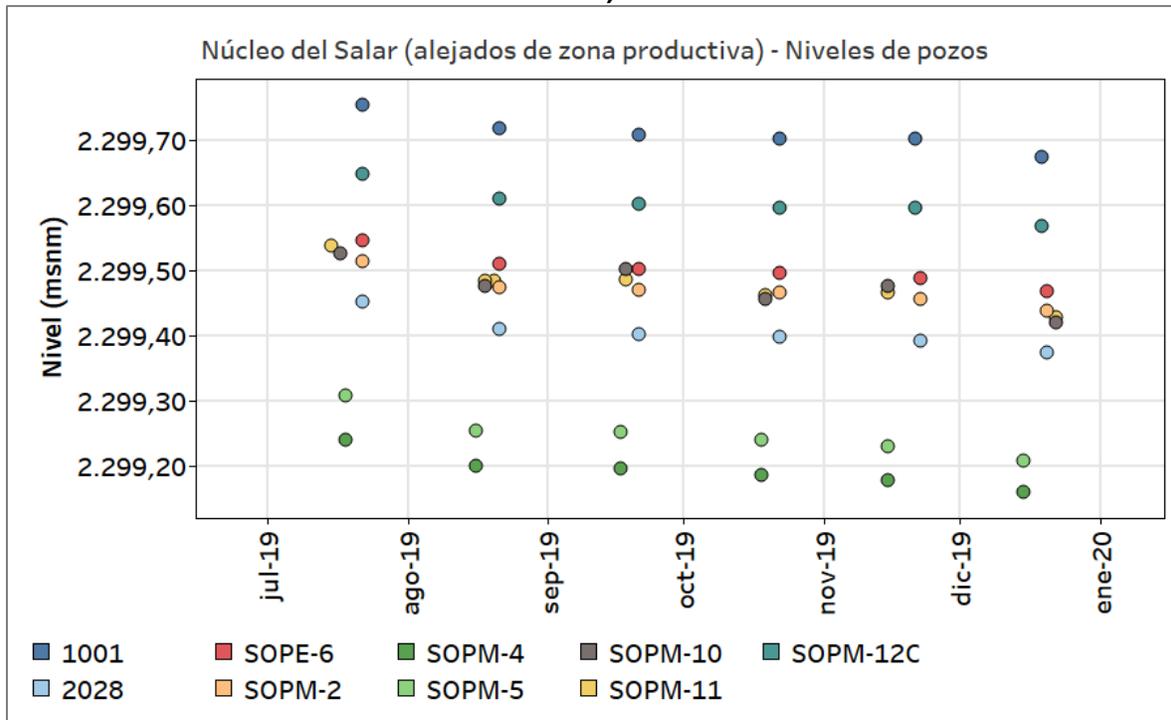
1001		2028		SOPE-6		SOPM-10		SOPM-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)								
22/07/2019	2.299,755	22/07/2019	2.299,453	22/07/2019	2.299,547	17/07/2019	2.299,527	18/07/2019	2.299,308
21/08/2019	2.299,718	21/08/2019	2.299,410	21/08/2019	2.299,510	18/08/2019	2.299,476	16/08/2019	2.299,254
21/09/2019	2.299,709	21/09/2019	2.299,403	21/09/2019	2.299,503	18/09/2019	2.299,502	17/09/2019	2.299,252
22/10/2019	2.299,702	22/10/2019	2.299,399	22/10/2019	2.299,497	19/10/2019	2.299,457	18/10/2019	2.299,240
21/11/2019	2.299,702	22/11/2019	2.299,392	22/11/2019	2.299,489	15/11/2019	2.299,476	15/11/2019	2.299,231
19/12/2019	2.299,675	20/12/2019	2.299,375	20/12/2019	2.299,469	22/12/2019	2.299,420	15/12/2019	2.299,209

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.)
15/07/2019	2.299,539	22/07/2019	2.299,649	18/07/2019	2.299,308	18/07/2019	2.299,241
18/08/2019	2.299,484	21/08/2019	2.299,611	16/08/2019	2.299,254	16/08/2019	2.299,201
20/08/2019	2.299,485 ⁵¹	21/09/2019	2.299,603	17/09/2019	2.299,252	17/09/2019	2.299,196
18/09/2019	2.299,487	22/10/2019	2.299,596	18/10/2019	2.299,240	18/10/2019	2.299,186
19/10/2019	2.299,463	21/11/2019	2.299,597	15/11/2019	2.299,231	15/11/2019	2.299,178
15/11/2019	2.299,467	19/12/2019	2.299,569	15/12/2019	2.299,209	15/12/2019	2.299,160
22/12/2019	2.299,429						

Fuente: Elaboración propia.

⁵¹ Remedición solicitada por SQM a la ETFA GP Consultores

Figura 5-50: Nivel observado (m s.n.m.) alejado de la zona productiva del núcleo (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-54 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 5-51 se muestran de forma gráfica.

Tabla 5-54: Registro de niveles próximos a la zona productiva del núcleo (WGS-84)

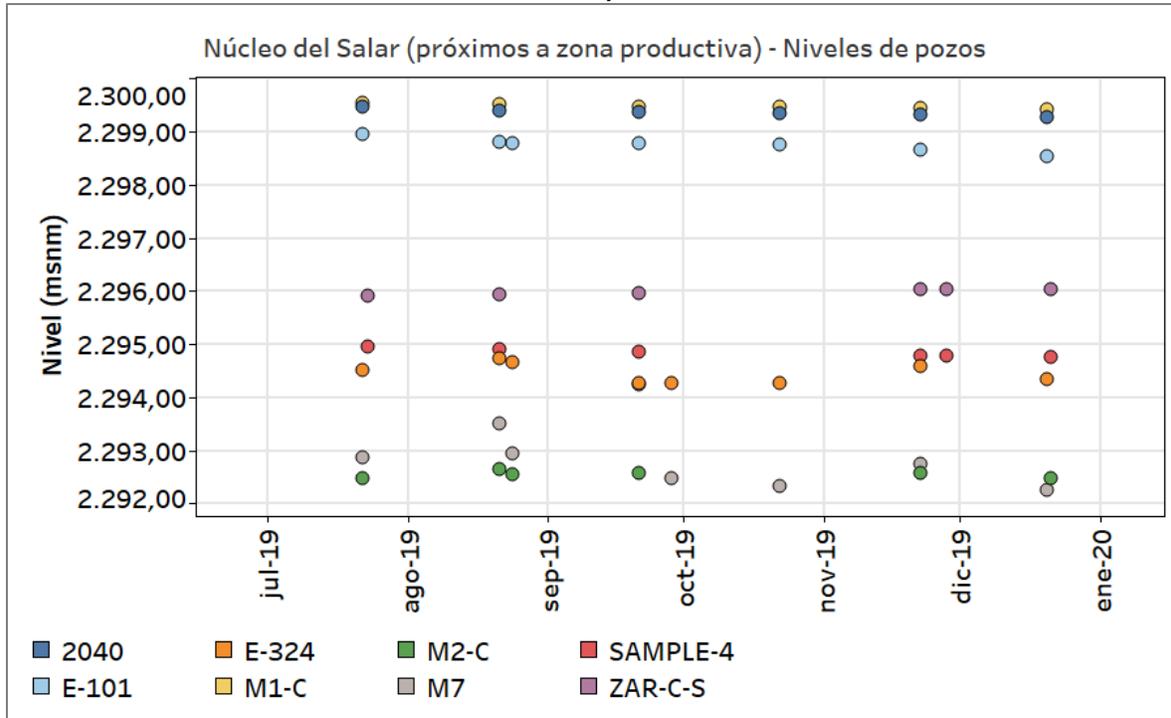
2040		E-101		E-324		M1-C	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
22/07/2019	2.299,461	22/07/2019	2.298,955	22/07/2019	2.294,520	22/07/2019	2.299,543
21/08/2019	2.299,387	21/08/2019	2.298,807	21/08/2019	2.294,733	21/08/2019	2.299,505
21/09/2019	2.299,367	24/08/2019	2.298,775 ⁵²	24/08/2019	2.294,667 ⁵³	21/09/2019	2.299,475
22/10/2019	2.299,354	21/09/2019	2.298,786	21/09/2019	2.294,272	22/10/2019	2.299,462
22/11/2019	2.299,330	22/10/2019	2.298,753	28/09/2019	2.294,262 ⁵³	22/11/2019	2.299,436
20/12/2019	2.299,275	22/11/2019	2.298,664	22/10/2019	2.294,275	20/12/2019	2.299,425
		20/12/2019	2.298,542	22/11/2019	2.294,588 ⁵³		
				20/12/2019	2.294,344		

M2-C		M7		SAMPLE-4		ZAR-C-S	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
22/07/2019	2.292,481	22/07/2019	2.292,858	23/07/2019	2.294,947	23/07/2019	2.295,916
21/08/2019	2.292,634	21/08/2019	2.293,503	21/08/2019	2.294,906	21/08/2019	2.295,940
24/08/2019	2.292,549 ⁵³	24/08/2019	2.292,937 ⁵³	21/09/2019	2.294,859	21/09/2019	2.295,969
21/09/2019	2.292,563	21/09/2019	2.294,239	24/10/2019	S/I	24/10/2019	S/I
23/10/2019	S/I	28/09/2019	2.292,484 ⁵³	22/11/2019	2.294,777	22/11/2019	2.296,030
22/11/2019	2.292,573	22/10/2019	2.292,317	28/11/2019	2.294,770 ⁵³	28/11/2019	2.296,032 ⁵³
21/12/2019	2.292,474	22/11/2019	2.292,737	21/12/2019	2.294,745	21/12/2019	2.296,042
		20/12/2019	2.292,250				

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

⁵² Remedición solicitada por SQM a la ETFA GP Consultores

Figura 5-51: Nivel observado (m s.n.m.) próximo a la zona productiva del núcleo (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

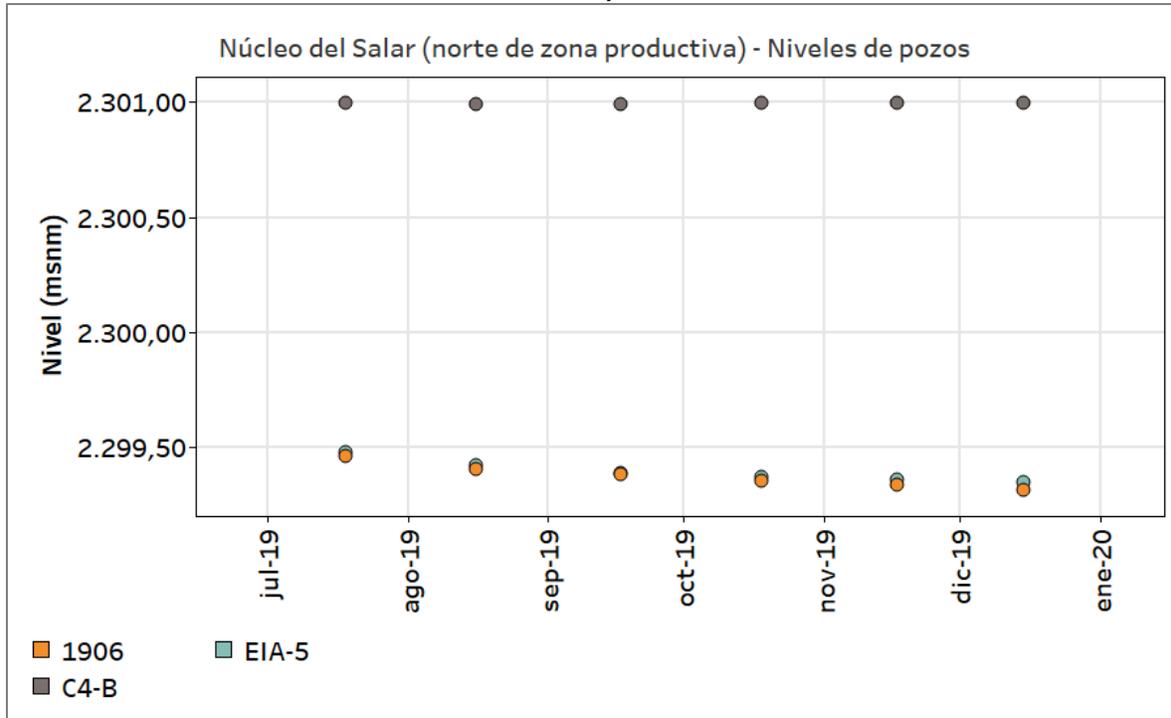
Finalmente, existen tres puntos en el núcleo que si sitúan al norte de la zona productiva. El resultado del monitoreo se muestra en la Tabla 5-55 y en la Figura 5-52. La visita a estos puntos se pudo efectuar con normalidad y se tomaron las medidas mensuales tal y como estaba previsto.

Tabla 5-55: Registro de niveles al norte de la zona productiva del núcleo (WGS-84)

1906		C4-B		EIA-5	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
18/07/2019	2.299,463	18/07/2019	2.300,995	18/07/2019	2.299,476
16/08/2019	2.299,407	16/08/2019	2.300,990	16/08/2019	2.299,419
17/09/2019	2.299,379	17/09/2019	2.300,993	17/09/2019	2.299,389
18/10/2019	2.299,354	18/10/2019	2.300,994	18/10/2019	2.299,372
17/11/2019	2.299,334	17/11/2019	2.300,997	17/11/2019	2.299,361
15/12/2019	2.299,313	15/12/2019	2.300,996	15/12/2019	2.299,345

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-52: Nivel observado (m s.n.m.) al norte de la zona productiva del núcleo (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Meteorología

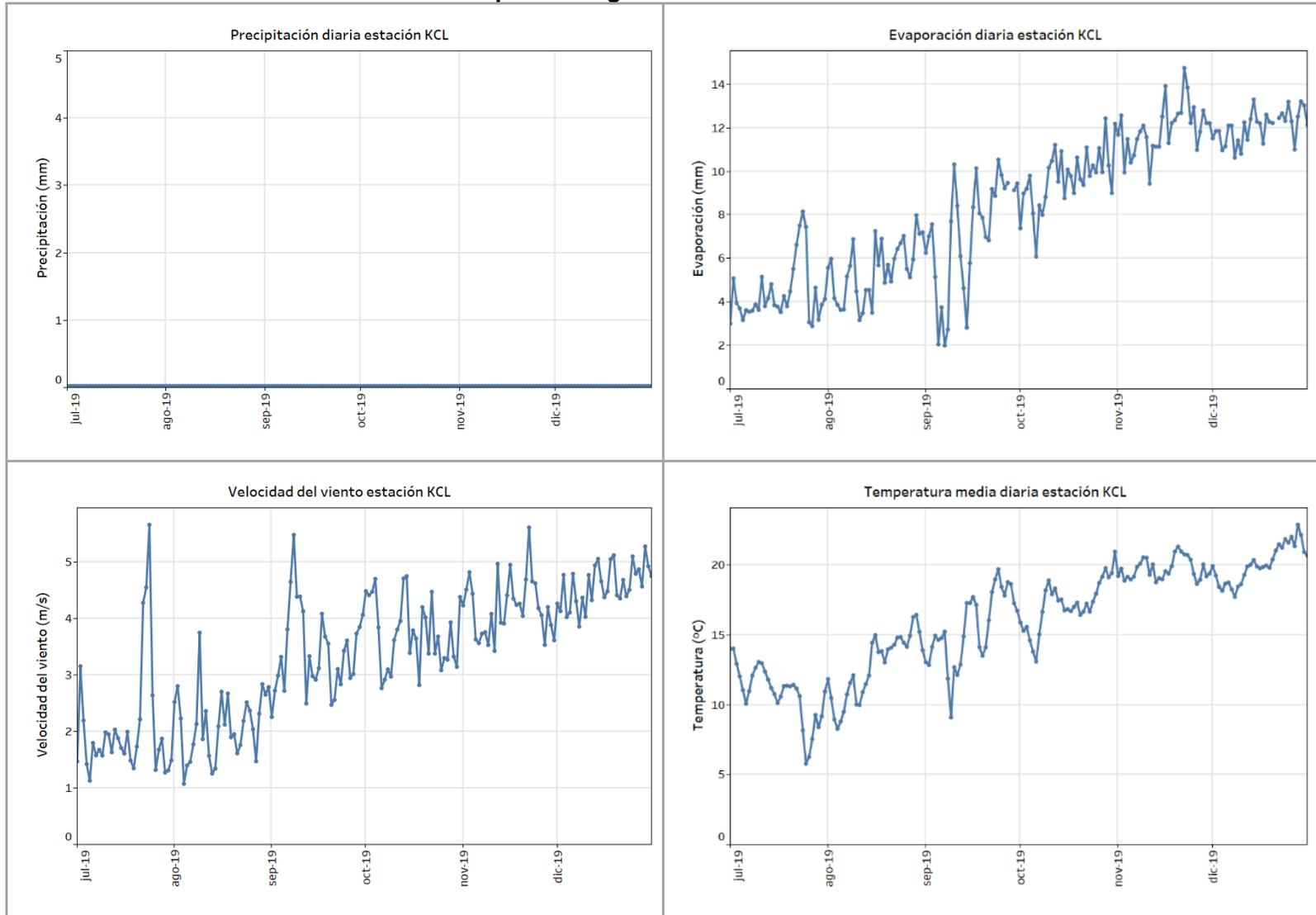
En la Figura 5-53 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica KCL para el período comprendido entre julio y diciembre de 2019, y que forman parte del PSAH: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario. En la Tabla 5-56 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas.

Tabla 5-56: 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	0,00	0,00	0,00
Evaporación	mm/día	2,00	14,75	8,47	3,44
Velocidad del viento	m/s	1.071,07	5,66	3,32	1,15
Temperatura media diaria	°C	5,78	22,65	15,96	3,88

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-53: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2019



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 segundo semestre del año 2019.

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).

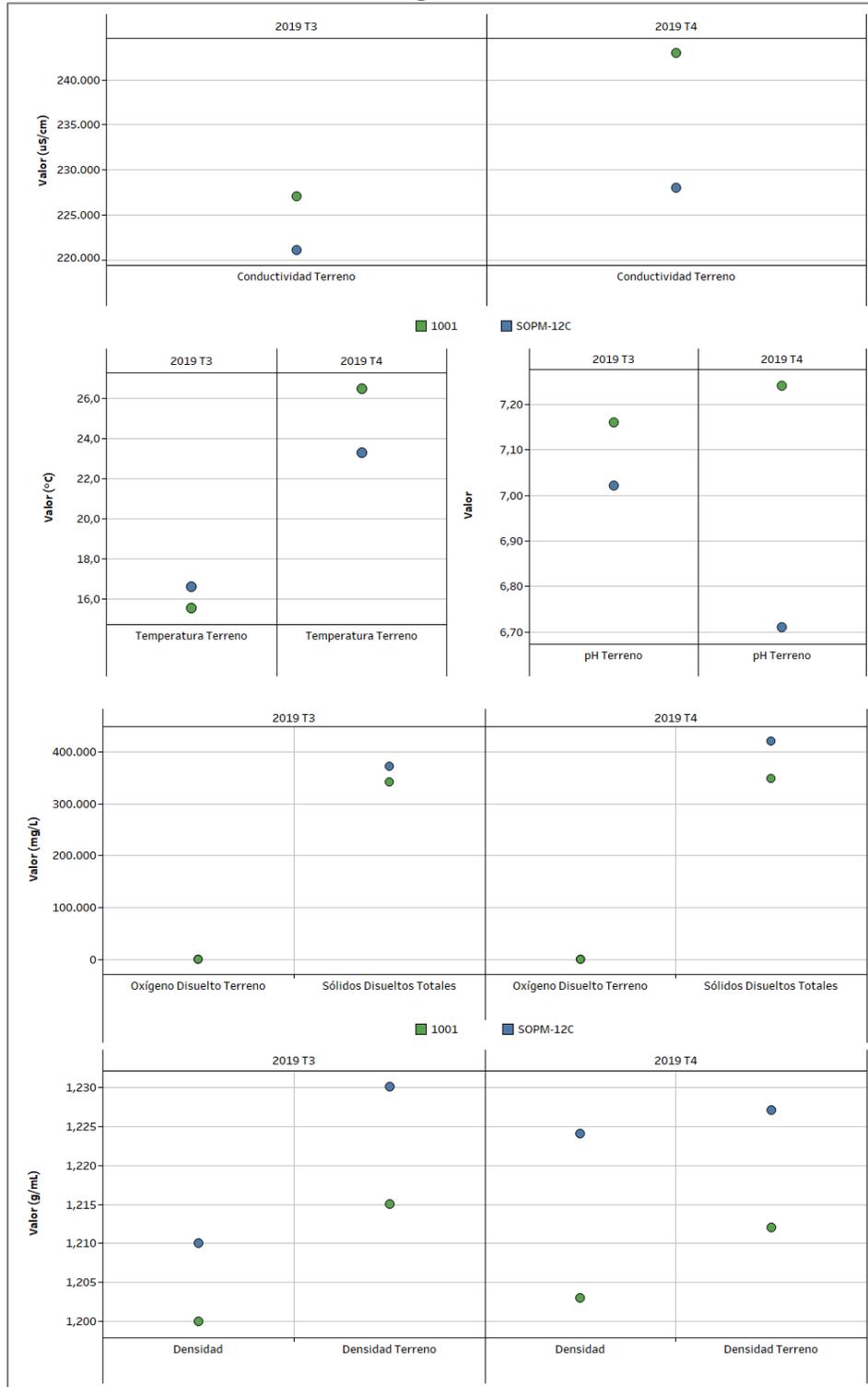
A continuación, en la Tabla 5-57, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos de muestras de salmuera tomadas en terreno (ALS en julio de 2019, GP Consultores en octubre de 2019 y Algoritmos en noviembre de 2019) y analizadas por el laboratorio ALS (julio, octubre y noviembre de 2019), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre del año 2019. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-54. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-57: Resultados calidad del agua del Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Parámetro	Unidad	SOPM-12C		1001	
		24/07/2019	26/11/2019	24/07/2019	27/11/2019
Conductividad Terreno	µS/cm	221.000	228.000	227.000	243.000
Densidad	g/mL	1,210	1,224	1,200	1,203
Densidad Terreno	g/mL	1,230	1,227	1,215	1,212
Oxígeno Disuelto Terreno	mg/L	4,55	5,30	6,47	4,80
pH Terreno	-	7,02	6,71	7,16	7,24
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	371.600	420.000	341.800	348.400
Temperatura Terreno	°C	16,6	23,3	15,5	26,5

Fuente: Elaboración propia

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



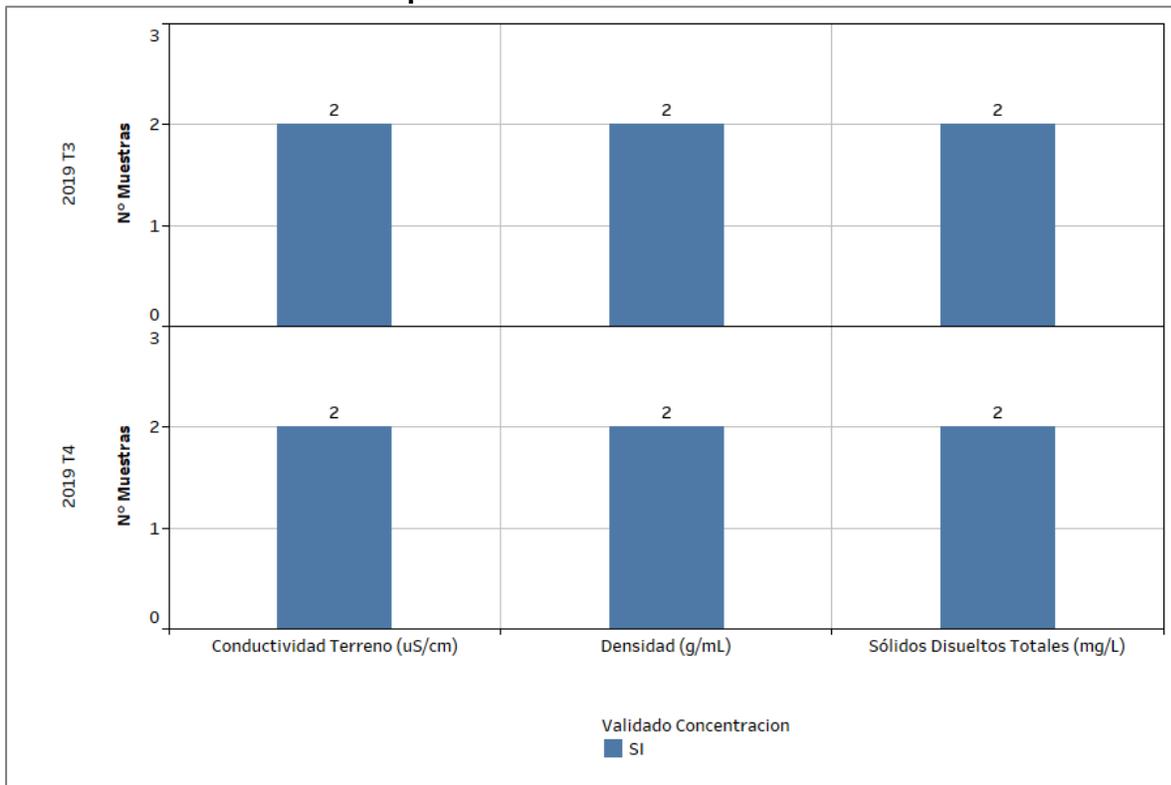
Fuente: Elaboración propia

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

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



Fuente: Elaboración propia

5.1.8. CUÑA SALINA

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico la Cuña Salina considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (1 punto),

conductividad eléctrica (8 puntos) y calidad (1 punto). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2019 se presentan a continuación. Previamente, en la Tabla 5-58 se muestra el resumen de la infraestructura no visitada para este periodo.

Tabla 5-58: Resumen de puntos no visitados en el área de la Cuña salina

Identificación	Tipo	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Motivos
Cuña 1	Pozo							
Cuña 2	Pozo							
Cuña 3	Pozo							
Cuña 4	Pozo							
Cuña 5	Pozo	x	x		x	x	x	RNF- Aguas de Quelana
Cuña 6	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
Cuña 7	Pozo	x	x	x	x	x	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L10-1⁵³	Pozo	x	x	x	x	xx	x	Comunidad de Peine no permite el acceso
L4-3	Pozo				1			Carreteras cortadas por las comunidades

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.

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.

Nivel del agua subterránea

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 puede ser consultado en la sección 5.1.3 y el L10-1 es también del Sistema Peine y ha sido mostrado como parte del monitoreo del Sistema Peine.

De los 7 puntos restantes, se muestra el resultado de los niveles medidos en este segundo semestre de 2019 en la Tabla 5-59 y en la Figura 5-56.

⁵³ Detalle ya fue presentado en el Sistema Peine

El punto Cuña 4 es un pozo que se ha observado ser surgente y no todas las veces que se ha visitado, en este periodo reportado, ha sido posible la medición del nivel. En los meses de agosto y noviembre se pudo medir con flexómetro asumiendo el punto de referencia en el tapapozo.

El punto Cuña 5 se sitúa dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos sector Aguas de Quelana, por lo que el acceso al punto es restringido. Sólo se pudo medir en septiembre a partir del permiso que otorgó CONAF para esa fecha. Los puntos Cuña 6 y Cuña 7 no pudieron visitar en ningún mes del periodo reportado ya que la Comunidad de Peine mantiene cerrada la barrera para el paso del personal de SQM.

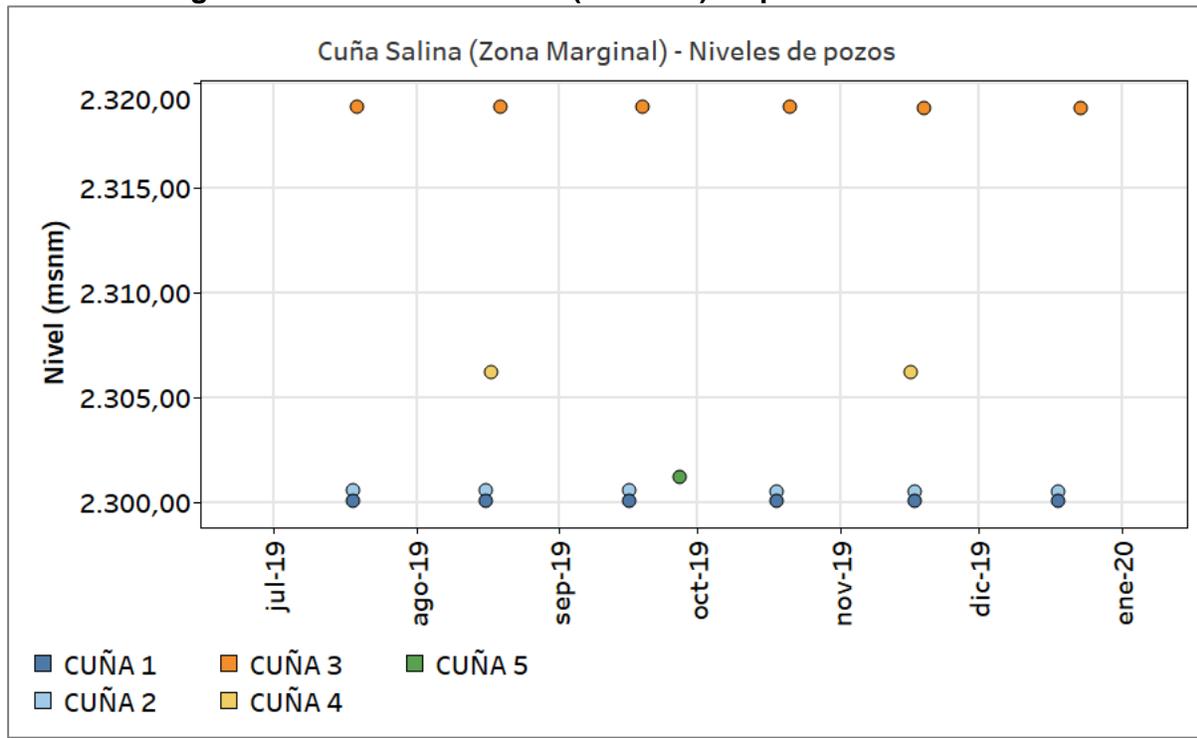
Tabla 5-59: Registra de niveles en pozos de la zona marginal de la Cuña Salina

CUÑA 1		CUÑA 2		CUÑA 3		CUÑA 4	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)						
18/07/2019	2.300,042	18/07/2019	2.300,526	19/07/2019	2.318,869	16/07/2019	S/I
16/08/2019	2.300,047	16/08/2019	2.300,527	19/08/2019	2.318,858	17/08/2019	2.306,170
16/09/2019	2.300,068	16/09/2019	2.300,529	19/09/2019	2.318,852	19/09/2019	S/I
18/10/2019	2.300,062	18/10/2019	2.300,503	21/10/2019	2.318,840	19/10/2019	S/I
17/11/2019	2.300,047	17/11/2019	2.300,483	19/11/2019	2.318,826	16/11/2019	2.306,175
18/12/2019	2.300,028	18/12/2019	2.300,450	23/12/2019	2.318,806	17/12/2019	S/I

CUÑA 5		CUÑA 6		CUÑA 7	
Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)	Fecha	Nivel (m s.n.m.)
19/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I	22/07/2019	S/I
19/08/2019	S/I	22/08/2019	S/I	22/08/2019	S/I
27/09/2019	2.301,166	22/09/2019	S/I	22/09/2019	S/I
19/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I	22/10/2019	S/I
19/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I	22/11/2019	S/I
19/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I	22/12/2019	S/I

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

Figura 5-56: Nivel observado (m s.n.m.) en pozos de la Cuña Salina



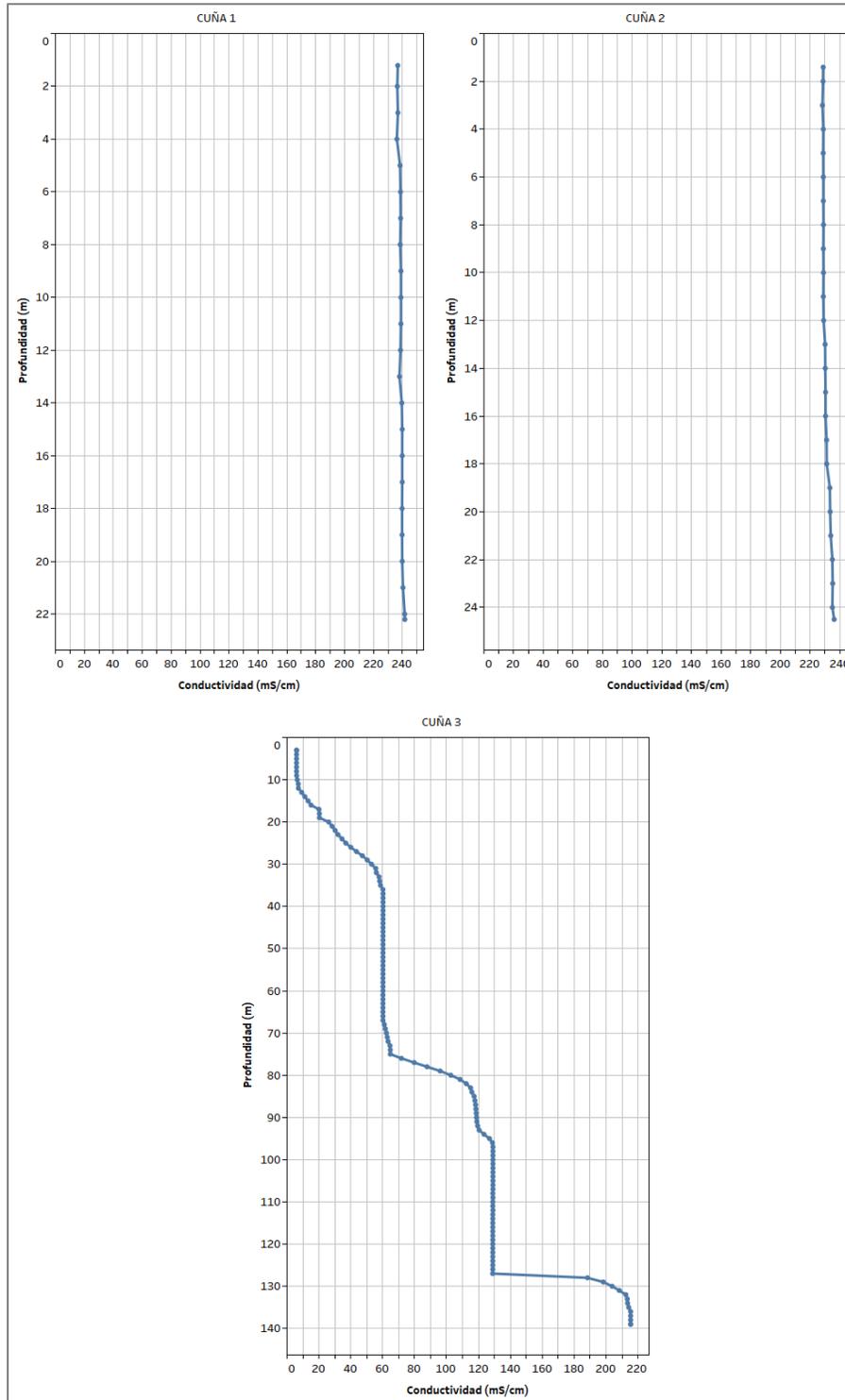
Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

En el segundo semestre de 2019, 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).

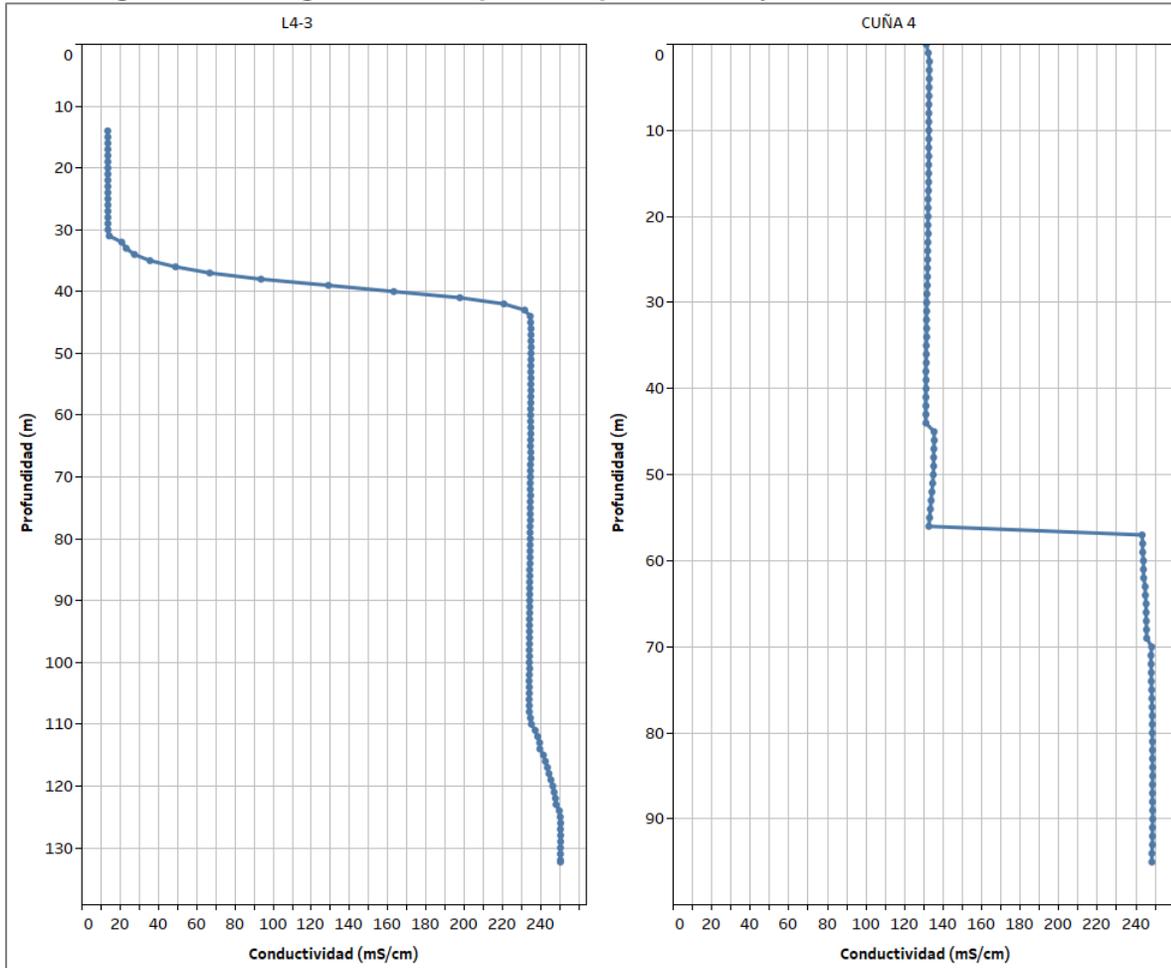
Las mediciones del perfil de CE obtenidas durante el presente período de reporte en los 5 pozos monitoreados se presentan en la Figura 5-57 y Figura 5-58, ordenados de norte a sur para cada perfil cuña. La Figura 5-57 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 y la Figura 5-58 presenta los perfiles de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4. La información tabulada de estos resultados se presenta en la Tabla 5-60, Tabla 5-61, Tabla 5-62 y Tabla 5-63.

Figura 5-57: Registro de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2019



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-58: Registro de CE para los pozos L4-3 y Cuña 4 a diciembre de 2019



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-60: Registro de CE para los pozos Cuña 1 y Cuña 2 a diciembre de 2019

Cuña 1		Cuña 2	
Profundidad (m)	CE (mS/cm)	Profundidad (m)	CE (mS/cm)
1,21	236,7	1,407	228,8
2	236,4	2	228,7
3	236,8	3	228,3
4	236,1	4	228,9
5	238,3	5	228,8
6	238,6	6	228,9
7	238,7	7	228,9
8	238,4	8	229
9	238,9	9	228,9
10	238,9	10	229
11	238,9	11	228,9
12	238,6	12	229,1
13	237,9	13	230,1
14	239,5	14	230,2
15	239,8	15	230,4
16	239,8	16	230,4
17	239,8	17	231,1
18	239,7	18	231,2
19	239,7	19	233,3
20	239,8	20	233,5
21	240,3	21	233,9
22	241,5	22	235
22,205	241,6	23	235,2
		24	235
		24,505	236,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-61: Registro de CE para el pozo Cuña 3 a diciembre de 2019

Prof. (m)	CE (mS/cm)	Prof. (m)	CE (mS/cm)	Prof. (m)	CE (mS/cm)	Prof. (m)	CE (mS/cm)
2,999	6,06	37	60,21	72	63,39	107	129,1
3	5,99	38	60,22	73	64,58	108	129
4	5,99	39	60,21	74	64,77	109	129,1
5	5,98	40	60,21	75	64,79	110	129
6	5,97	41	60,21	76	71,74	111	129
7	5,97	42	60,2	77	79,75	112	129,1
8	5,97	43	60,21	78	87,81	113	129
9	6,07	44	60,19	79	96,01	114	129
10	6,45	45	60,2	80	102,7	115	129
11	7,08	46	60,19	81	108,5	116	129
12	7,16	47	60,2	82	112,4	117	129
13	9,22	48	60,18	83	115,1	118	129
14	11,19	49	60,2	84	115,9	119	129
15	13,23	50	60,2	85	117,3	120	129
16	15,05	51	60,19	86	117,8	121	129
17	20,05	52	60,19	87	118,2	122	129
18	20,29	53	60,19	88	118,4	123	129
19	20,32	54	60,17	89	118,6	124	129
20	26,14	55	60,17	90	118,8	125	129
21	28,25	56	60,18	91	119	126	129
22	30,18	57	60,16	92	119,5	127	128,9
23	31,99	58	60,17	93	120,4	128	188,4
24	34,49	59	60,17	94	123,5	129	198,3
25	36,89	60	60,18	95	126,9	130	203,8
26	40,05	61	60,16	96	128,8	131	208,3
27	43,55	62	60,16	97	129,1	132	212,4
28	47,27	63	60,15	98	129,1	133	213,3
29	50,35	64	60,16	99	129,1	134	213,5
30	52,99	65	60,14	100	129,1	135	214,2
31	55,65	66	60,16	101	129,1	136	215,4
32	56,03	67	60,17	102	129,1	137	215,4
33	57,74	68	61,01	103	129,1	138	215,4
34	58,08	69	61,67	104	129,1	139	215,4
35	58,62	70	62,35	105	129,1	139,012	215,4
36	60,14	71	62,87	106	129,1		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-62: Registro de CE para el pozo L4-3 a diciembre de 2019

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
14	13,5	44	234,5	74	234,5	104	234
15	13,57	45	234,7	75	234,5	105	234
16	13,58	46	234,9	76	234,5	106	233,9
17	13,57	47	234,9	77	234,6	107	234
18	13,57	48	234,9	78	234,4	108	234
19	13,57	49	235	79	234,4	109	234,6
20	13,57	50	234,9	80	234,5	110	235,1
21	13,58	51	234,9	81	234,4	111	237,1
22	13,58	52	234,8	82	234,4	112	238,4
23	13,58	53	234,8	83	234,4	113	239,4
24	13,58	54	234,9	84	234,4	114	239,5
25	13,59	55	234,8	85	234,2	115	241,4
26	13,59	56	234,9	86	234,3	116	242,4
27	13,59	57	234,8	87	234,2	117	243,5
28	13,59	58	234,8	88	234,2	118	244,3
29	13,6	59	234,7	89	234,2	119	245,3
30	13,63	60	234,7	90	234,2	120	246,3
31	14,28	61	234,7	91	234,2	121	247
32	20,81	62	234,8	92	234,2	122	247,7
33	23,16	63	234,8	93	234,1	123	248
34	27,46	64	234,7	94	234,1	124	249,7
35	35,62	65	234,6	95	234,1	125	250,2
36	48,97	66	234,8	96	234,1	126	250,4
37	66,88	67	234,9	97	234,1	127	250,3
38	93,67	68	234,6	98	234	128	250,4
39	128,9	69	234,6	99	234,1	129	250,4
40	163,1	70	234,6	100	234	130	250,3
41	197,7	71	234,5	101	234,2	131	250,3
42	220,7	72	234,5	102	234	132	250,3
43	231,6	73	234,7	103	233,9	132,3	250,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-63: Registro de CE para el pozo Cuña 4 a diciembre de 2019

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
0	131,3	25	132	50	134,9	75	248,2
1	132,3	26	131,9	51	134,6	76	248,3
2	132,9	27	131,9	52	134,2	77	248,4
3	132,8	28	131,8	53	133,8	78	248,5
4	132,8	29	131,6	54	133,4	79	248,5
5	132,7	30	131,5	55	133	80	248,5
6	132,7	31	131,5	56	132,6	81	248,6
7	132,6	32	131,4	57	243,2	82	248,6
8	132,6	33	131,5	58	243,5	83	248,6
9	132,6	34	131,5	59	243,5	84	248,7
10	132,6	35	131,3	60	243,9	85	248,7
11	132,6	36	131,3	61	243,9	86	248,6
12	132,5	37	131,3	62	244	87	248,6
13	132,6	38	131,1	63	244,8	88	248,6
14	132,5	39	131,2	64	244,9	89	248,7
15	132,5	40	131,2	65	245,3	90	248,7
16	132,5	41	131,1	66	245,3	91	248,6
17	132,4	42	131,1	67	245,4	92	248,6
18	132,2	43	131,1	68	245,5	93	248,6
19	132,2	44	131,1	69	245,6	94	248,3
20	132,2	45	135,3	70	248,2	95	248,3
21	132,1	46	135,4	71	247,8		
22	132,3	47	135,2	72	247,9		
23	132,1	48	135,1	73	248		
24	132	49	135,1	74	248		

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 5-64).

Tabla 5-64: 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 segundo semestre de 2019 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 5-65 se presenta un resumen del estado en que se encuentran todos los indicadores para este segundo semestre de 2019. 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 presenta en el Capítulo 6 del presente informe (capítulo de discusión).

Tabla 5-65: Estado del Plan de Contingencias

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RCA 226/2006	Soncor	Soncor	L1-5	●	●	●	●	●	●
			L1-4	●	●	●	●	●	●
			L7-4	●	●	●	●	●	●
			L1-G4 REGLILLA	●	●	●	●	●	●
	Aguas de Quelana	Aguas de Quelana	L5-8	●	●	●	●	●	●
			L4-8	●	●	●	●	●	●
			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	●	●	●	●	●	●
			L7-13	●	●	●	●	●	●
	Alerta Temprana	L2-25	●	●	●	●	●	●	
		L3-11	●	●	●	●	●	●	
		L4-3	●	●	●	●	●	●	
		L9-1	●	●	●	●	●	●	

- Sin fases activadas
- Fase I activada
- Fase II activada

* Información de los indicadores de estado PN-05B y PN-08A extraída del Informe Anual N°4 del PSAH del Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema e Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama", del titular ALBEMARLE. Documento obtenido desde 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 la Acción 21 del Programa de Cumplimiento propuesto en el proceso F-041-2016

Compromiso	Sistema	Subsistema	Indicador de Estado	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
PdC presentado en proceso SMA F-041-2016	N.A.	Alerta Temprana	1028	●	●	●	●	●	●
			L10-11	●	●	●	●	●	●
			L10-4	●	●	●	●	●	●
			PN-05B*	●	●	●	●	●	●
			PN-08A*	●	●	●	●	●	●
Pozos adicionales	N.A.	Brea-Atriplex	L2-25	●	●	●	●	●	●
			L7-14	●	●	●	●	●	●
			L4-17	●	●	●	●	●	●
		Alerta Temprana	L9-2	●	●	●	●	●	●
			L2-26	●	●	●	●	●	●
			L3-15	●	●	●	●	●	●

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 6 indicadores se tiene el compromiso que se realice de forma diaria, de acuerdo con lo comprometido en la Acción 6 del PdC. Adicionalmente al monitoreo manual, el titular registró mediciones continuas en el piezómetro L7-4, según lo comprometido en la RCA 226/2006.

Los resultados del monitoreo de nivel en estos indicadores, junto con los umbrales correspondientes se presentan de forma numérica (Tabla 5-66) y gráfica (Figura 5-59, Figura 5-60, Figura 5-61 y Figura 5-62); 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 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 ninguna de las 2 fases. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-66: 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
jul-19	2.299,665	2.299,705
ago-19	2.299,632	2.299,663
sep-19	2.299,615	2.299,631
oct-19	2.299,598	2.299,616
nov-19	2.299,579	2.299,598
dic-19	2.299,556	2.299,578

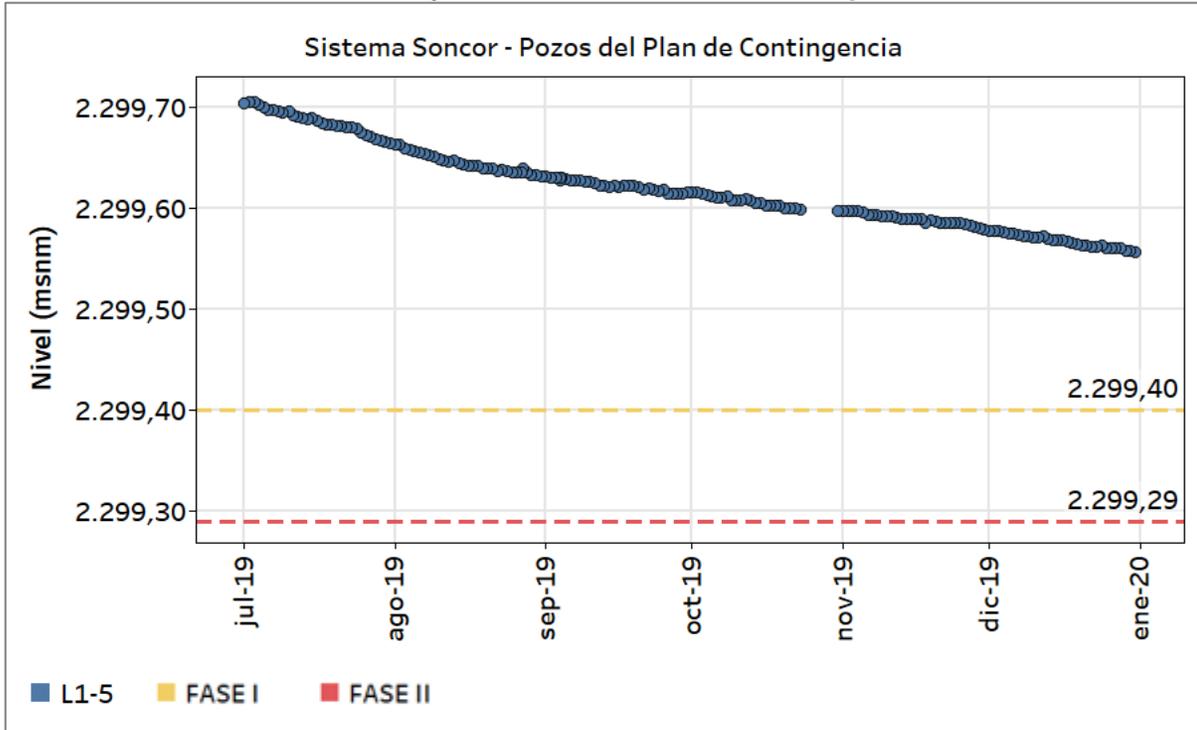
L7-4		
Umbral Fase I:		2.299,40
Umbral Fase II:		2.299,29
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
jul-19	S/I	S/I
ago-19	2.302,293	2.302,293
sep-19	2.302,291	2.302,291
oct-19	S/I	S/I
nov-19	S/I	S/I
dic-19	S/I	S/I

L1-G4 Reglilla		
Umbral Fase I:		2.299,46
Umbral Fase II:		2.299,30
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
jul-19	S/I	S/I
ago-19	2.299,602	2.299,602
sep-19	2.299,591	2.299,591
oct-19	2.299,557	2.299,557
nov-19	2.299,527	2.299,541
dic-19	2.299,508	2.299,527

L1-4		
Umbral Fase I:		2.299,46
Umbral Fase II:		2.299,30
Mes	Nivel (m s.n.m.)	
	mínimo	máximo
jul-19	2.299,928	2.299,954
ago-19	2.299,923	2.299,935
sep-19	2.299,931	2.299,956
oct-19	2.299,926	2.299,947
nov-19	2.299,903	2.299,927
dic-19	2.299,884	2.299,903

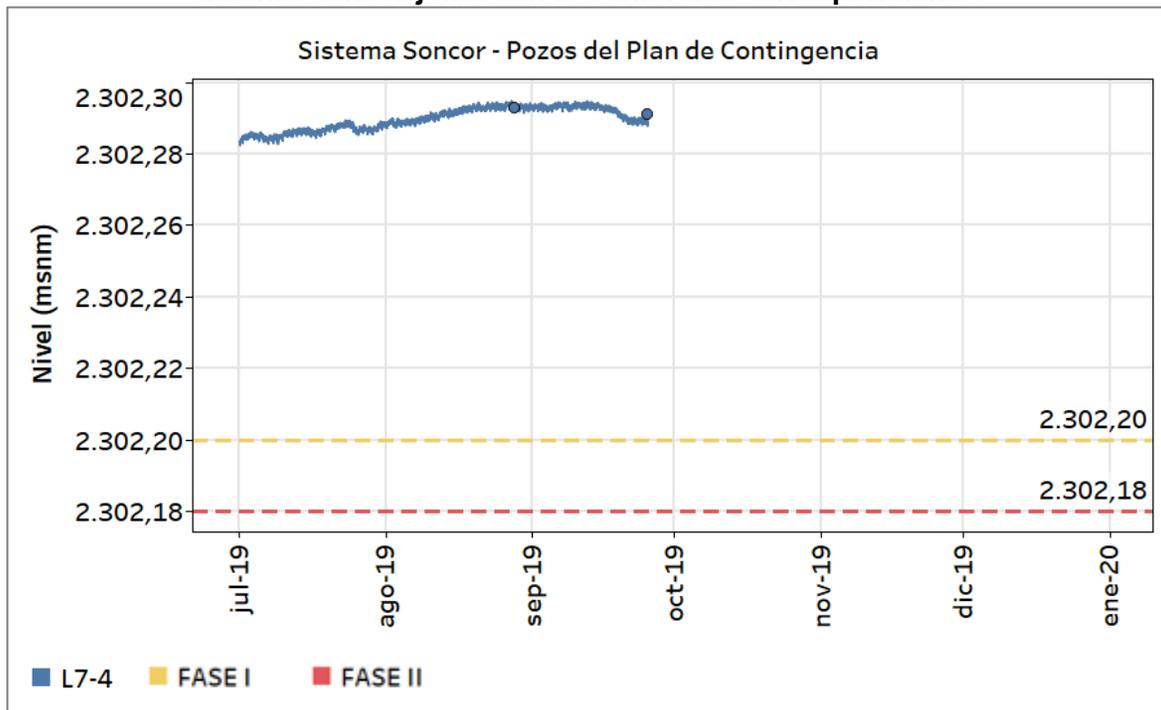
Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información.

Figura 5-59: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L1-5 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



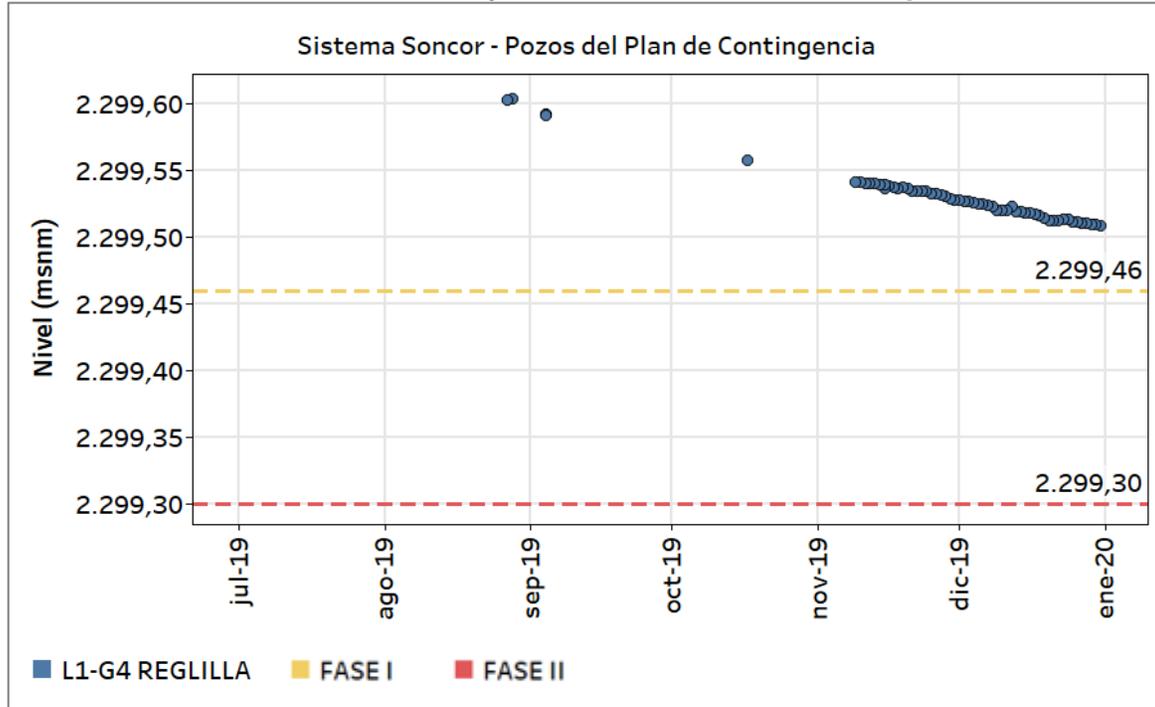
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-60: Niveles observados (m s.n.m.) en indicadores de estado L7-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



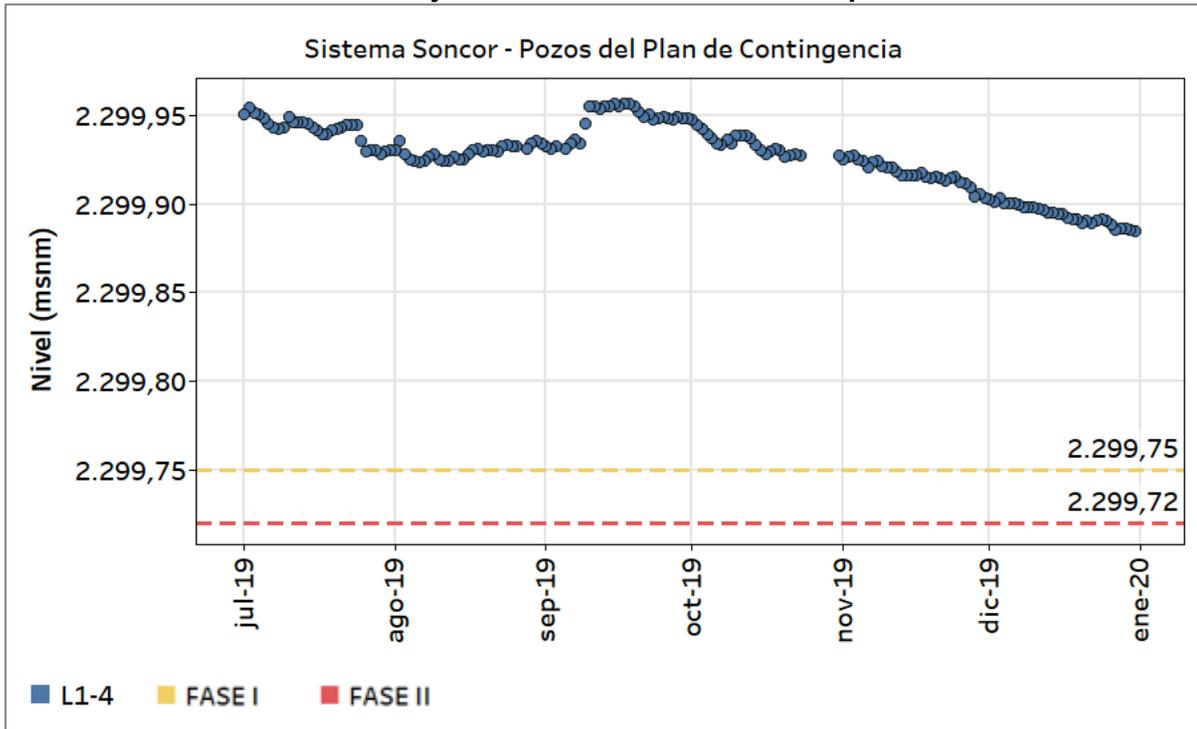
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-61: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L1-G4 Reglilla del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-62: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L1-4 del PC del Sistema Soncor junto con los umbrales correspondientes



Fuente: Elaboración propia.

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 tuvo restricción de acceso, según lo comprometido en la Acción 6 del PdC.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores, junto con los umbrales correspondientes, se presentan de forma numérica (Tabla 5-67) y gráfica (Figura 5-6). 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 periodo de monitoreo. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

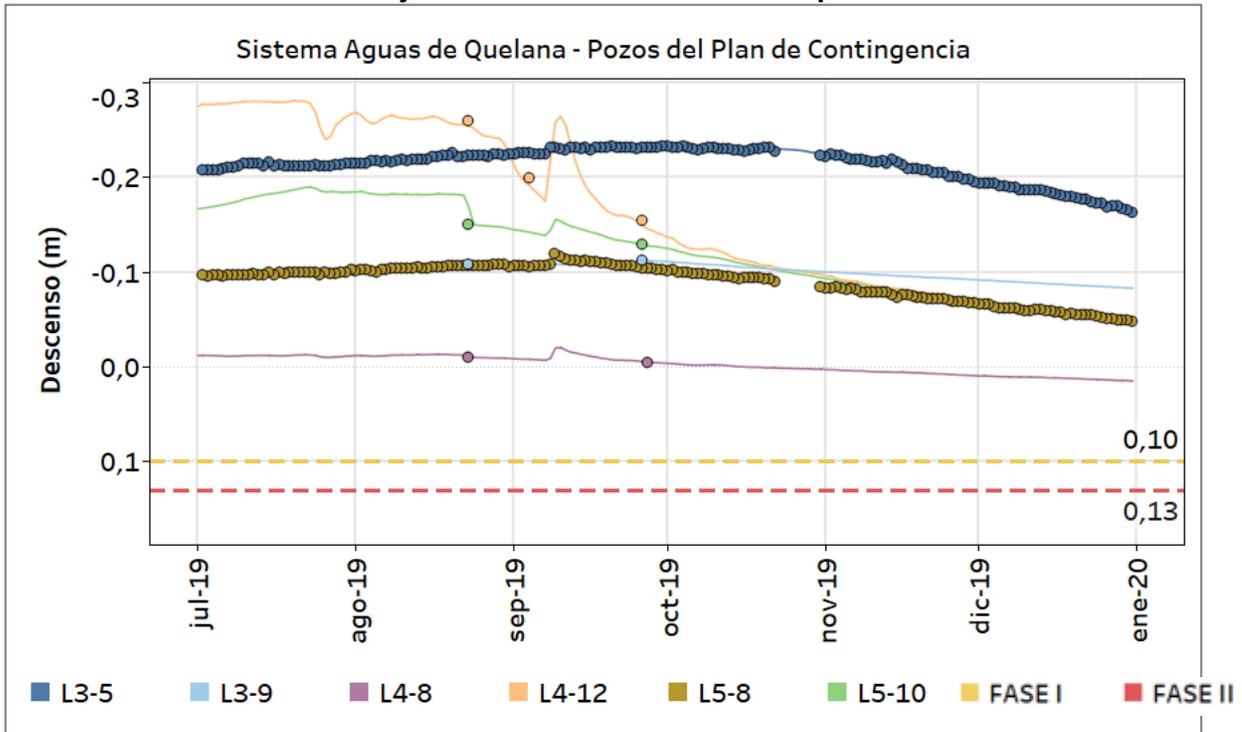
Tabla 5-67: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC de Aguas de Quelana junto con los umbrales correspondientes

L3-5			L3-9			L4-8		
Umbral Fase I:		0,10	Umbral Fase I:		0,10	Umbral Fase I:		0,10
Umbral Fase II:		0,13	Umbral Fase II:		0,13	Umbral Fase II:		0,13
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
Jul - 2019	-0,22	-0,21	Jul - 2019	S/I	S/I	Jul - 2019	S/I	S/I
Ago - 2019	-0,23	-0,21	Ago - 2019	-0,11	-0,11	Ago - 2019	-0,01	-0,01
Sep - 2019	-0,23	-0,23	Sep - 2019	-0,11	-0,11	Sep - 2019	0,00	0,00
Oct - 2019	-0,23	-0,22	Oct - 2019	S/I	S/I	Oct - 2019	S/I	S/I
Nov - 2019	-0,23	-0,20	Nov - 2019	S/I	S/I	Nov - 2019	S/I	S/I
Dic - 2019	-0,19	-0,17	Dic - 2019	S/I	S/I	Dic - 2019	S/I	S/I

L4-12			L5-8			L5-10		
Umbral Fase I:		0,10	Umbral Fase I:		0,10	Umbral Fase I:		0,10
Umbral Fase II:		0,13	Umbral Fase II:		0,13	Umbral Fase II:		0,13
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
Jul - 2019	S/I	S/I	Jul - 2019	-0,10	-0,10	Jul - 2019	S/I	S/I
Ago - 2019	-0,26	-0,26	Ago - 2019	-0,11	-0,10	Ago - 2019	-0,15	-0,15
Sep - 2019	-0,20	-0,15	Sep - 2019	-0,12	-0,10	Sep - 2019	-0,13	-0,13
Oct - 2019	S/I	S/I	Oct - 2019	-0,10	-0,08	Oct - 2019	S/I	S/I
Nov - 2019	S/I	S/I	Nov - 2019	-0,08	-0,07	Nov - 2019	S/I	S/I
Dic - 2019	S/I	S/I	Dic - 2019	-0,07	-0,05	Dic - 2019	S/I	S/I

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

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



Fuente: Elaboración propia

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 y L3-5, L4-10, L1-17 y L2-27. La frecuencia de medición comprometida en estos 6 indicadores es diaria, de acuerdo con la Acción 6 del PdC. Adicionalmente al monitoreo manual, se cuenta con las mediciones continuas en el piezómetro L3-5, según lo comprometido en la RCA N°226/2006.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-68) y gráfica (Fuente: Elaboración propia. S/I: Sin Información).

Figura 5-64). 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)

De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes a ninguna de las 2 fases. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

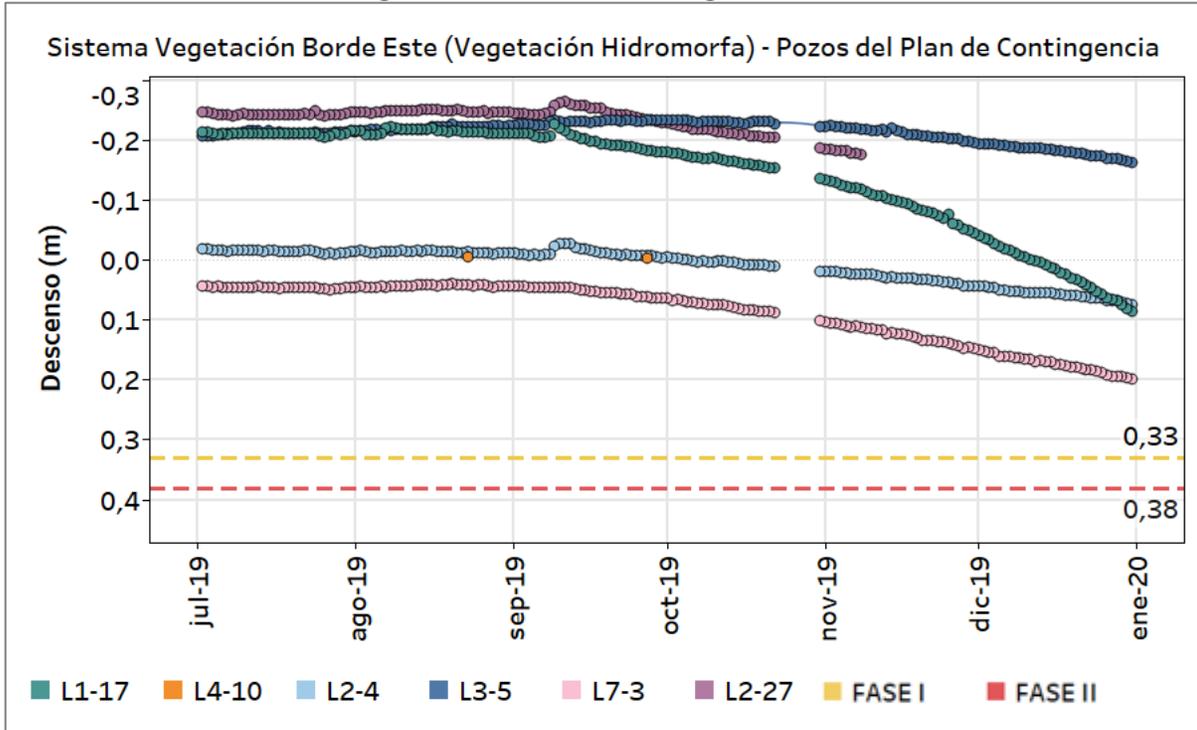
Tabla 5-68: Descensos observados (m) en los indicadores de estado del PC del Sistema Vegetación Borde Este Vegetación Hidromorfa

L7-3			L2-4			L3-5		
Umbral Fase I:		0,33	Umbral Fase I:		0,33	Umbral Fase I:		0,33
Umbral Fase II:		0,38	Umbral Fase II:		0,38	Umbral Fase II:		0,38
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
Jul - 2019	0,04	0,05	Jul - 2019	-0,02	-0,01	Jul - 2019	-0,22	-0,21
Ago - 2019	0,04	0,05	Ago - 2019	-0,02	-0,01	Ago - 2019	-0,23	-0,21
Sep - 2019	0,04	0,07	Sep - 2019	-0,03	-0,00	Sep - 2019	-0,23	-0,23
Oct - 2019	0,06	0,10	Oct - 2019	0,00	0,02	Oct - 2019	-0,23	-0,22
Nov - 2019	0,10	0,15	Nov - 2019	0,02	0,04	Nov - 2019	-0,23	-0,205
Dic - 2019	0,15	0,20	Dic - 2019	0,04	0,07	Dic - 2019	-0,19	-0,17

L4-10			L1-17			L2-27		
Umbral Fase I:		0,33	Umbral Fase I:		0,33	Umbral Fase I:		0,33
Umbral Fase II:		0,38	Umbral Fase II:		0,38	Umbral Fase II:		0,38
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
Jul - 2019	S/I	S/I	Jul - 2019	-0,22	-0,20	Jul - 2019	-0,25	-0,24
Ago - 2019	-0,01	-0,01	Ago - 2019	-0,22	-0,21	Ago - 2019	-0,25	-0,24
Sep - 2019	0,00	0,00	Sep - 2019	-0,23	-0,18	Sep - 2019	-0,26	-0,23
Oct - 2019	S/I	S/I	Oct - 2019	-0,18	-0,14	Oct - 2019	-0,23	-0,19
Nov - 2019	S/I	S/I	Nov - 2019	-0,13	-0,05	Nov - 2019	-0,18	-0,18
Dic - 2019	S/I	S/I	Dic - 2019	-0,04	0,08	Dic - 2019	S/I	S/I

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

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



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE: VEGETACIÓN BREA-ATRIPLEX.

Los indicadores de estado que conforman el PC del Sistema Brea-Atriplex son los piezómetros L1-3, L2-7, L2-28, L3-3, L4-7, L7-6 y L9-1. La frecuencia de medición en estos 7 indicadores está definida como diaria, de acuerdo con lo comprometido en la Acción 6 del PdC. Adicionalmente al monitoreo manual, el titular registra mediciones continuas en el piezómetro L4-7, según lo comprometido en la RCA N° 226/2006.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-69) y gráfica (Figura 5-65), donde numéricamente 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, 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 Hidromorfa, tienen como referencia para la activación de Fase I un descenso máximo de 0,50 m, mientras que para la Fase II, el

descenso máximo fijado es de 100 cm. Lo anterior es respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (mayo de 2007 para L3-3, L9-1, L1-3 y L2-28, septiembre de 2007 para L2-7 y L4-7 y noviembre de 2007 para L7-6).

De la información presentada se concluye que, el pozo L7-6 se ha mantenido durante todo este periodo en Fase I, situación que se viene dando desde el periodo anterior. El pozo L1-3 superó el umbral de Fase I el día 4 de noviembre (de 2019) y desde entonces se ha mantenido con esta fase activada. Lo mismo ha ocurrido con el L2-7, que sobrepasó la Fase I el día 22 de diciembre (de 2019) y también se ha mantenido así hasta el fin del periodo reportado. Las cartas de comunicación conforme las activaciones antes descritas se encuentran en el Anexo 5.2.

En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

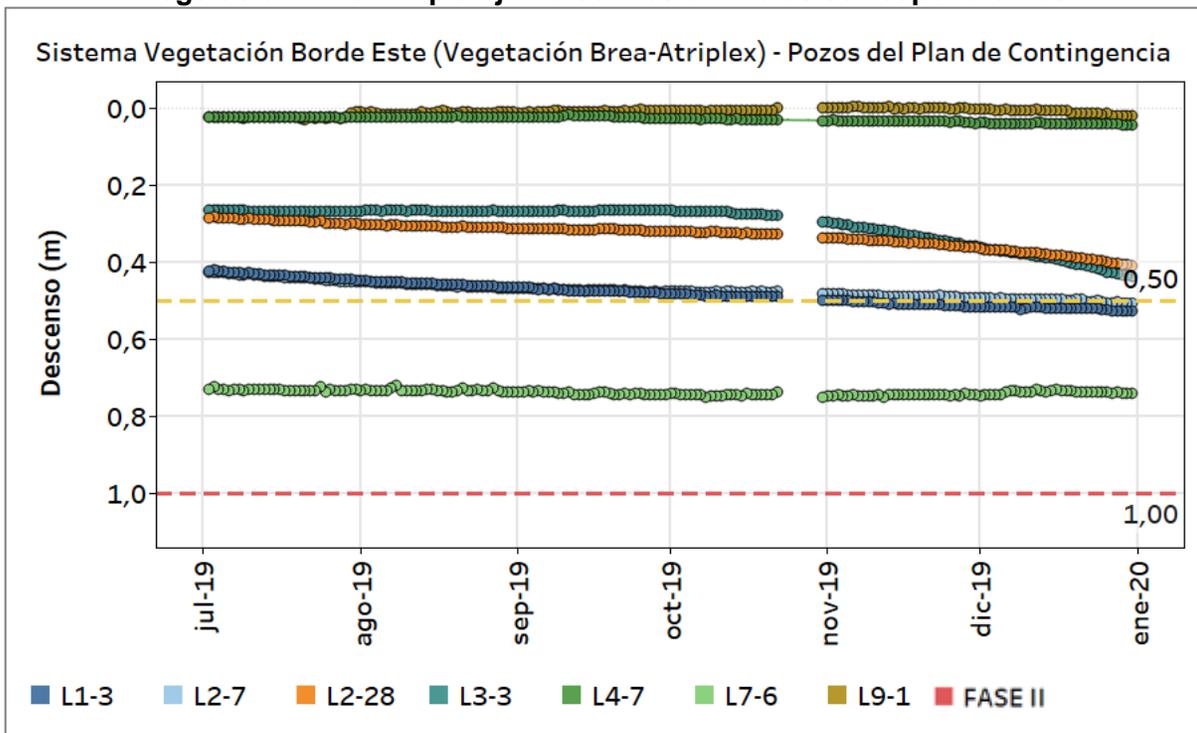
Tabla 5-69: Descenso observado (m) en los pozos del PC del Sistema Borde Este Vegetación Brea-Atriplex junto con los umbrales correspondientes

L7-6			L2-7			L3-3			L9-1		
Umbral Fase I:		0,50									
Umbral Fase II:		1,00									
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	Mín.	Máx.									
Jul - 19	0,73	0,74	Jul - 19	0,43	0,45	Jul - 19	0,26	0,27	Jul - 19	0,01	0,03
Ago - 19	0,72	0,74	Ago - 19	0,45	0,47	Ago - 19	0,27	0,27	Ago - 19	0,01	0,02
Sep - 19	0,74	0,75	Sep - 19	0,47	0,48	Sep - 19	0,26	0,27	Sep - 19	0,00	0,02
Oct - 19	0,74	0,75	Oct - 19	0,48	0,48	Oct - 19	0,27	0,30	Oct - 19	0,00	0,01
Nov - 19	0,74	0,75	Nov - 19	0,48	0,49	Nov - 19	0,30	0,36	Nov - 19	0,00	0,00
Dic - 19	0,73	0,75	Dic - 19	0,49	0,51	Dic - 19	0,36	0,44	Dic - 19	0,00	0,02

L1-3			L2-28			L4-7		
Umbral Fase I:		0,50	Umbral Fase I:		0,50	Umbral Fase I:		0,50
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.
Jul - 19	0,42	0,45	Jul - 19	0,28	0,30	Jul - 19	0,02	0,03
Ago - 19	0,45	0,47	Ago - 19	0,30	0,31	Ago - 19	0,02	0,02
Sep - 19	0,47	0,48	Sep - 19	0,31	0,32	Sep - 19	0,02	0,03
Oct - 19	0,48	0,50	Oct - 19	0,32	0,34	Oct - 19	0,02	0,03
Nov - 19	0,50	0,52	Nov - 19	0,34	0,36	Nov - 19	0,03	0,04
Dic - 19	0,52	0,53	Dic - 19	0,37	0,41	Dic - 19	0,04	0,04

Fuente: Elaboración propia. En sombreado amarillo y negrita se señalan aquellos valores que superan los umbrales del PC.

Figura 5-65: Descenso observado (m) en los pozos del PC del Sistema Borde Este Vegetación Brea-Atriplex junto con los umbrales correspondientes



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 la Acción 6 del PdC.

De acuerdo con lo establecido en la evaluación ambiental del Proyecto, los pozos de monitoreo que constituyen el Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este: Zona Alerta Temprana sólo poseen umbrales de activación de Fase II, límites fijados con el objeto de asegurar un descenso máximo de 1 m en la zona de conexión vegetación-acuífero. Así, el umbral de descenso para cada punto de Alerta Temprana, respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo (mayo de 2007), depende de la ubicación específica de cada indicador de estado, variando entre 0,82 y 1,25 m.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-70) y gráfica (Figura 5-66, Figura 5-67, Figura 5-68 y Figura 5-69), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos

obtenidos a partir de mediciones manuales 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.

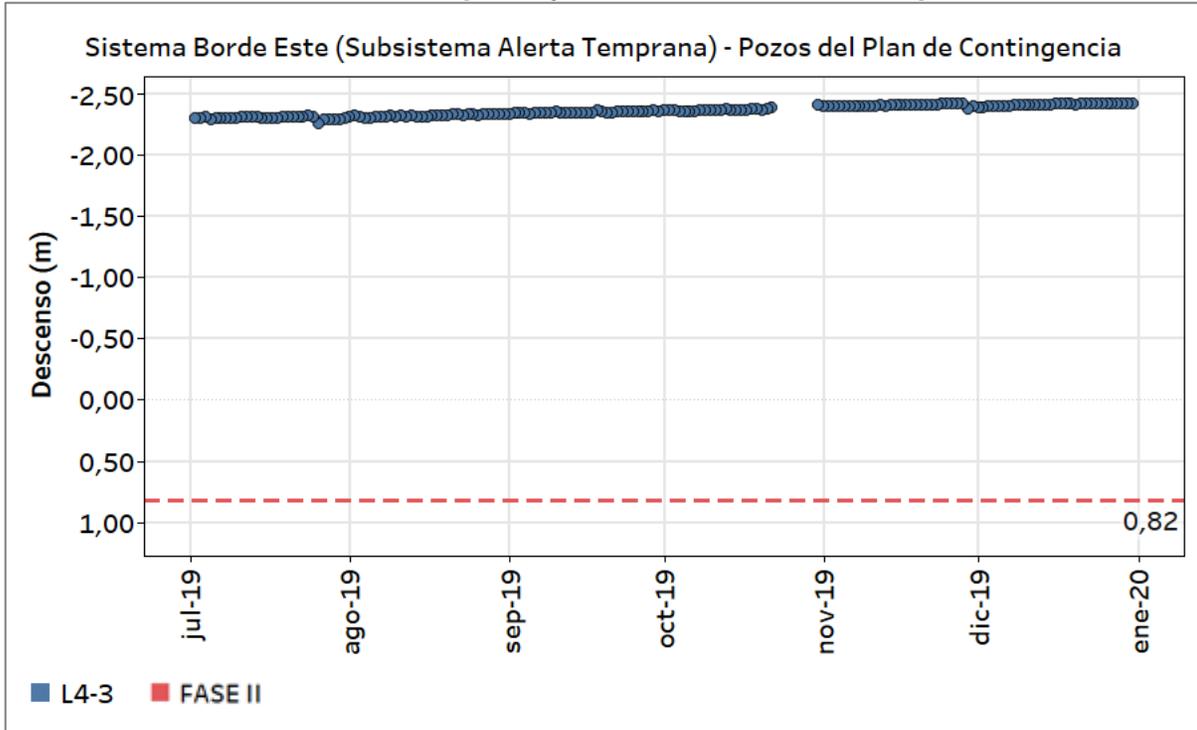
Tabla 5-70: Descensos observados (m) en indicadores de estado del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con los umbrales correspondientes

L4-3			L2-25			L7-13		
Umbral Fase II:		0,82	Umbral Fase II:		0,88	Umbral Fase II:		1,25
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	-2,32	-2,25	jul-19	-0,06	-0,06	jul-19	0,49	0,5
ago-19	-2,33	-2,3	ago-19	-0,06	-0,06	ago-19	0,5	0,51
sep-19	-2,36	-2,33	sep-19	-0,06	-0,06	sep-19	0,51	0,52
oct-19	-2,4	-2,35	oct-19	-0,06	-0,06	oct-19	0,52	0,53
nov-19	-2,42	-2,38	nov-19	-0,06	-0,05	nov-19	0,52	0,53
dic-19	-2,42	-2,39	dic-19	-0,05	-0,05	dic-19	0,52	0,53

L3-11			L9-1		
Umbral Fase II:		0,86	Umbral Fase II:		0,86
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mínimo	máximo		mínimo	máximo
jul-19	S/I	S/I	jul-19	0,01	0,03
ago-19	-0,08	-0,08	ago-19	0,01	0,02
sep-19	-0,09	-0,09	sep-19	0	0,02
oct-19	S/I	S/I	oct-19	0	0,01
nov-19	S/I	S/I	nov-19	0	0
dic-19	S/I	S/I	dic-19	0	0,02

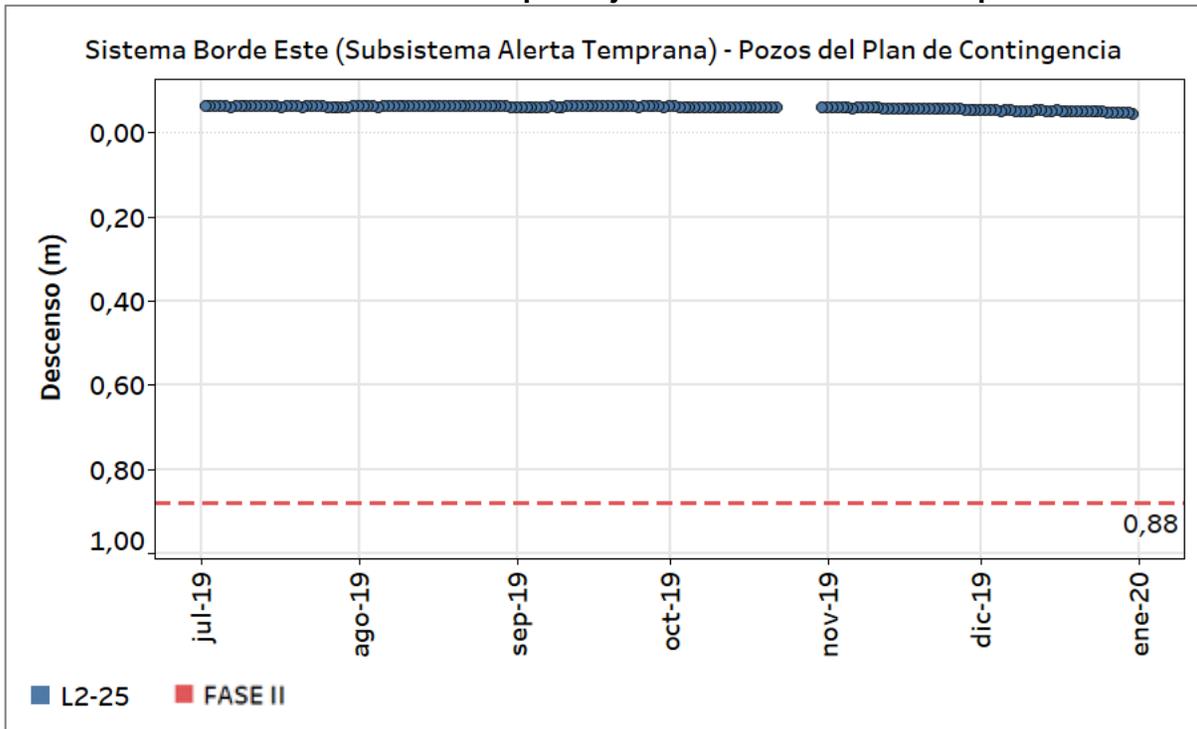
Fuente: Elaboración propia.

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



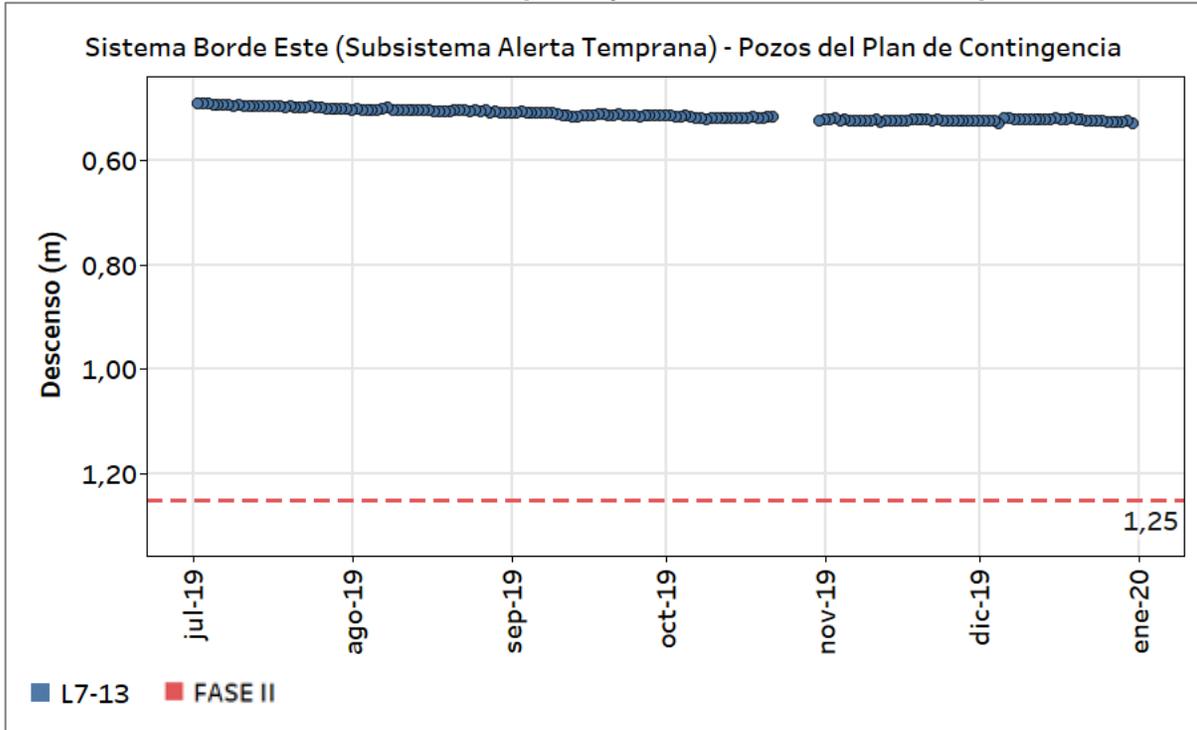
Fuente: Elaboración propia.

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



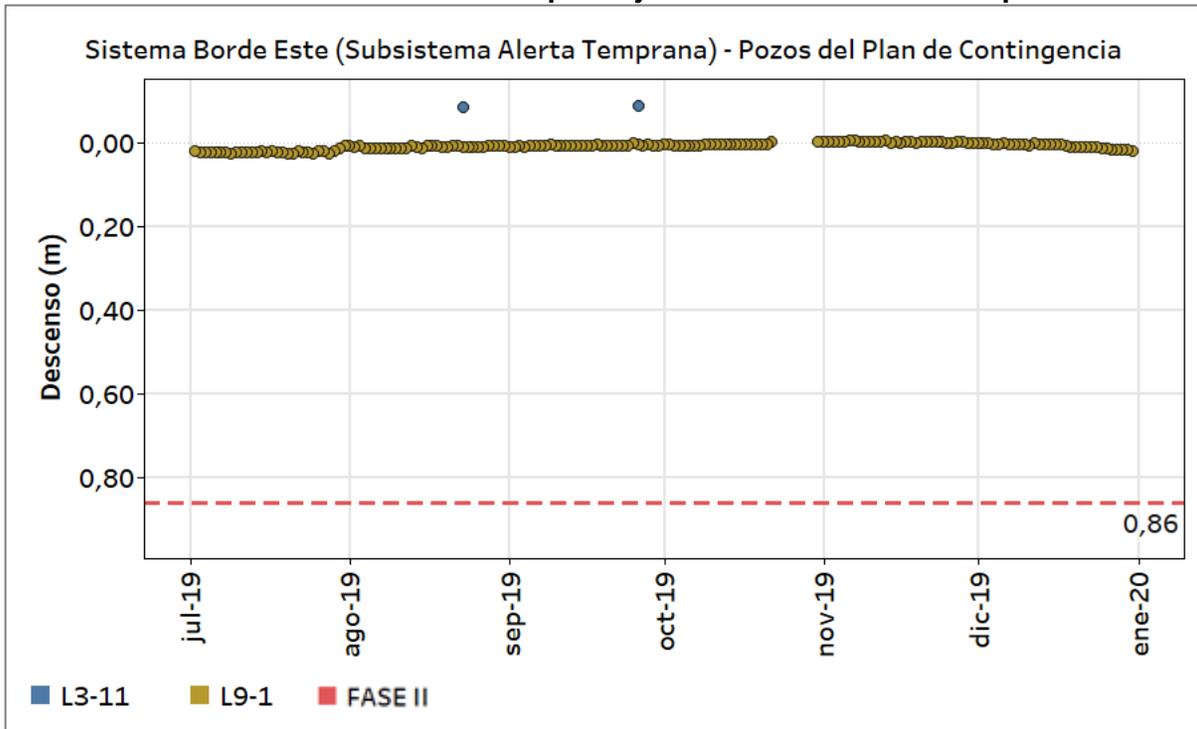
Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-69: Descensos observados (m) en los indicadores de estado L3-11 y L9-1 del PC Sistema Borde Este Alerta Temprana junto con el umbral correspondiente



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6. SISTEMA PEINE

Los indicadores de estado que representan el Sistema de Peine están definidos en el marco del procedimiento administrativo Rol F-041-2016 de la SMA; como ya 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 acciones 19 y 20 del PdC, tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA N°226/2006 (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 N°. 21/2016 del proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, del titular Albemarle (ex Rockwood) ⁵⁴. Las especificaciones y fundamentos técnicos de estos indicadores, umbrales y medidas de control aplicables al sistema Peine se presentan en los anexos 4.1, 4.2 y 4.3 del PdC propuesto a la SMA, los que se adjuntan en el Anexo 16 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 la acción 6 del PdC, 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 5-71) y gráfica (Figura 5-70, Figura 5-71 y Figura 5-72). Numéricamente se indican los registros manuales mensuales máximos y mínimos, y gráficamente se presentan las mediciones

⁵⁴ 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, que disponen la continuidad a estas acciones, en los términos que se explican en la sección 4.7.

manuales diarias. Todos los niveles de agua se expresan en m s.n.m. y datum WGS-84 considerando elipsoide de referencia GRS80.

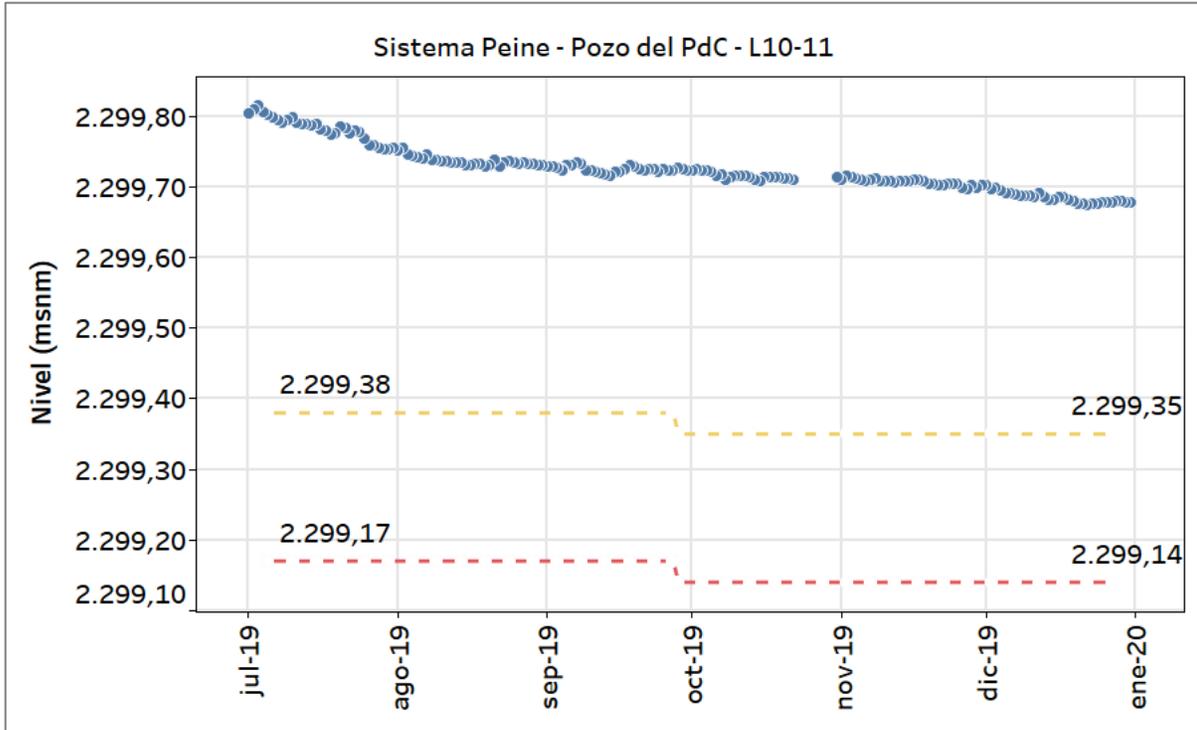
De la información presentada se concluye que, durante el periodo reportado, en ninguno de los indicadores de estado se superaron los umbrales correspondientes a ambas fases. En la sección 6.3 del presente informe se realiza un análisis más detallado del estado del PC.

Tabla 5-71: 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.)			Umbral Fase I (m s.n.m.)			Umbral Fase I (m s.n.m.)		
01-jul – 28-sept:		2.299,76	01-jul – 28-sept:		2.299,43	01-jul – 28-sept:		2.299,38
29 sept – 31-dic:		2.299,73	29 sept – 31-dic:		2.299,40	29 sept – 31-dic:		2.299,35
Umbral Fase II (m s.n.m.)			Umbral Fase II (m s.n.m.)			Umbral Fase II (m s.n.m.)		
01-jul – 28-sept:		2.299,58	01-jul – 28-sept:		2.299,25	01-jul – 28-sept:		2.299,17
29 sept – 31-dic:		2.299,55	29 sept – 31-dic:		2.299,22	29 sept – 31-dic:		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
jul-19	2.300,252	2.300,212	jul-19	2.299,846	2.299,908	jul-19	2.299,752	2.299,814
ago-19	2.300,209	2.300,181	ago-19	2.299,821	2.299,849	ago-19	2.299,729	2.299,755
sep-19	2.300,185	2.300,167	sep-19	2.299,810	2.299,827	sep-19	2.299,716	2.299,733
oct-19	2.300,171	2.300,155	oct-19	2.299,798	2.299,813	oct-19	2.299,708	2.299,724
nov-19	2.300,155	2.300,141	nov-19	2.299,779	2.299,806	nov-19	2.299,697	2.299,715
dic-19	2.300,144	2.300,126	dic-19	2.299,757	2.299,784	dic-19	2.299,674	2.299,701

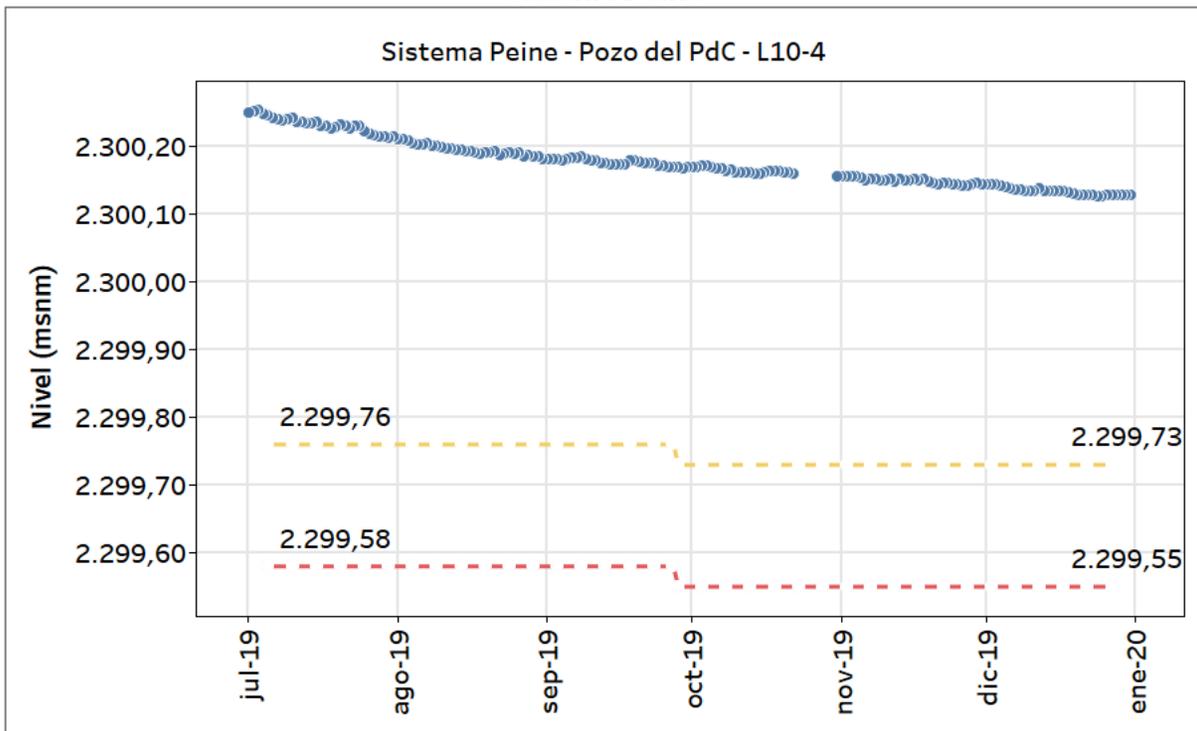
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-70: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-11 del Sistema Peine



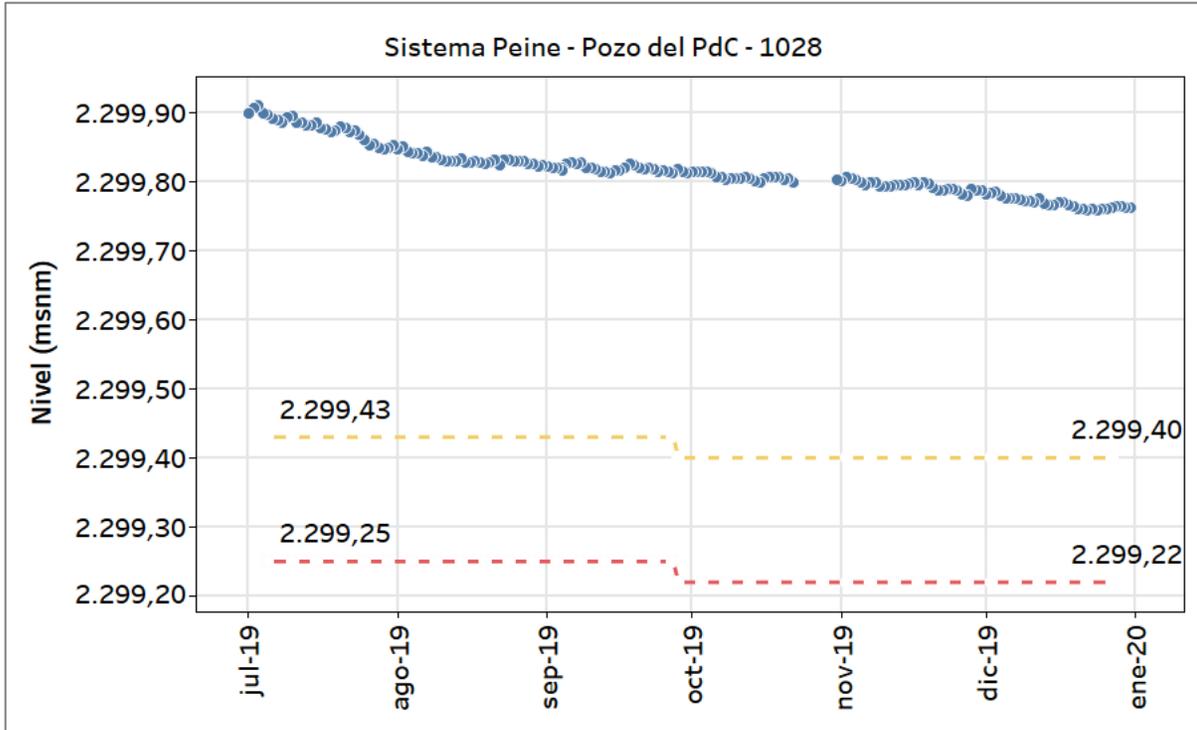
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-71: Niveles observados (m s.n.m.) en el indicador de estado L10-4 del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-72: 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 5-72⁵⁵.

⁵⁵ 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 5-72: 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 N°226/2006. De esta manera, los indicadores de estado adicionales que forman parte del Subsistema Vegetación Brea-Atriplex tienen como referencia para la activación de Fase I un descenso máximo de 0,50 m, mientras que para la Fase II, el descenso máximo es de 1,00 m. Los límites anteriores están definidos respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control. Por su parte, los indicadores de estado adicionales para el Subsistema Zona Alerta Temprana sólo poseen umbrales de activación de Fase II, límites fijados con el objeto de asegurar que no se generen descensos superiores a 1 m en la zona de conexión vegetación-acuífero, estableciéndose umbrales de 0,78 m para el pozo L2-26 y 0,85 m para el pozo L3-15.

Los resultados del monitoreo en el periodo reportado en estos indicadores se presentan de forma numérica (Tabla 5-73) y gráfica (Figura 5-73, Figura 5-74 y Figura 5-75), donde numéricamente se muestran los valores de descensos mensuales máximos y mínimos obtenidos a partir de mediciones manuales diarias 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.

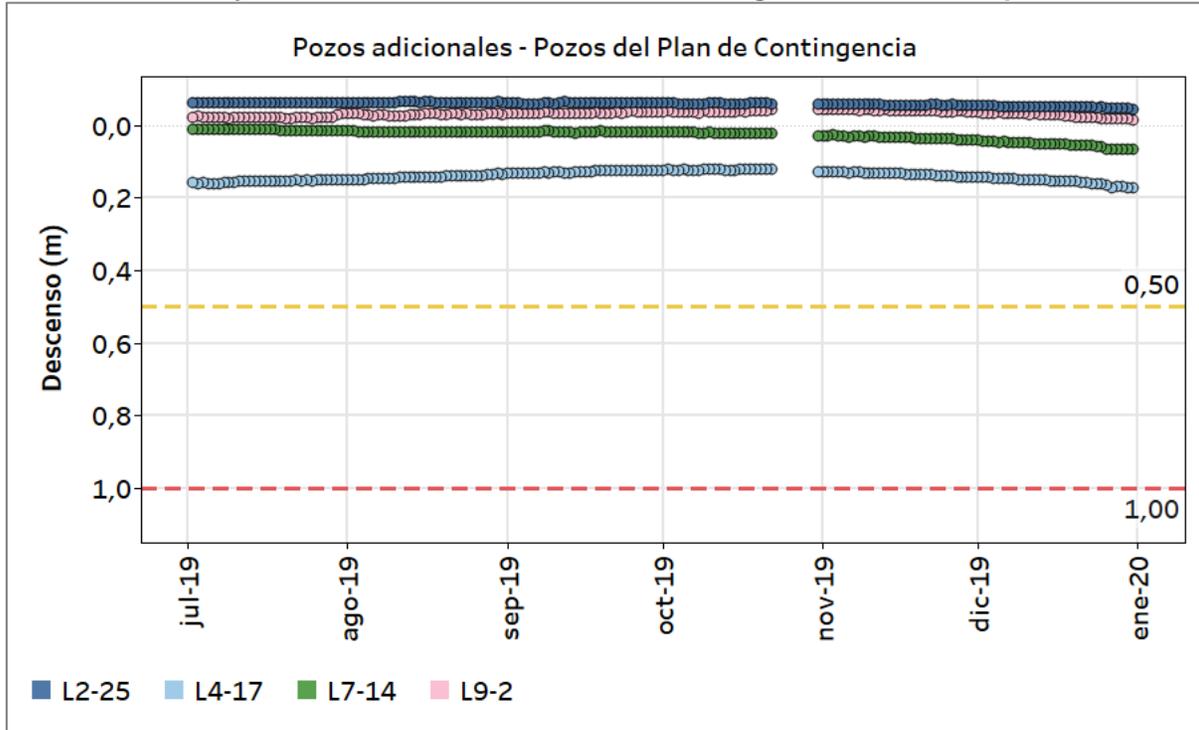
Tabla 5-73: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia del PC Sistema Borde Este

L2-25			L4-17			L7-14			L9-2		
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
jul-19	-0,06	-0,06	jul-19	0,15	0,16	jul-19	0,01	0,02	jul-19	-0,03	-0,02
ago-19	-0,06	-0,06	ago-19	0,13	0,15	ago-19	0,02	0,02	ago-19	-0,03	-0,03
sep-19	-0,06	-0,06	sep-19	0,13	0,13	sep-19	0,02	0,02	sep-19	-0,04	-0,03
oct-19	-0,06	-0,06	oct-19	0,12	0,13	oct-19	0,02	0,03	oct-19	-0,04	-0,03
nov-19	-0,06	-0,05	nov-19	0,13	0,14	nov-19	0,03	0,04	nov-19	-0,04	-0,04
dic-19	-0,05	-0,05	dic-19	0,14	0,17	dic-19	0,04	0,07	dic-19	-0,04	-0,02

L2-26			L3-15		
Umbral Fase II:		0,78	Umbral Fase II:		0,85
Mes	Descenso (m)		Mes	Descenso (m)	
	mín	máx		mín	máx
jul-19	0,39	0,42	jul-19	0,66	0,67
ago-19	0,42	0,43	ago-19	0,66	0,67
sep-19	0,43	0,44	sep-19	0,66	0,67
oct-19	0,44	0,45	oct-19	0,66	0,67
nov-19	0,44	0,46	nov-19	0,67	0,68
dic-19	0,45	0,47	dic-19	0,68	0,70

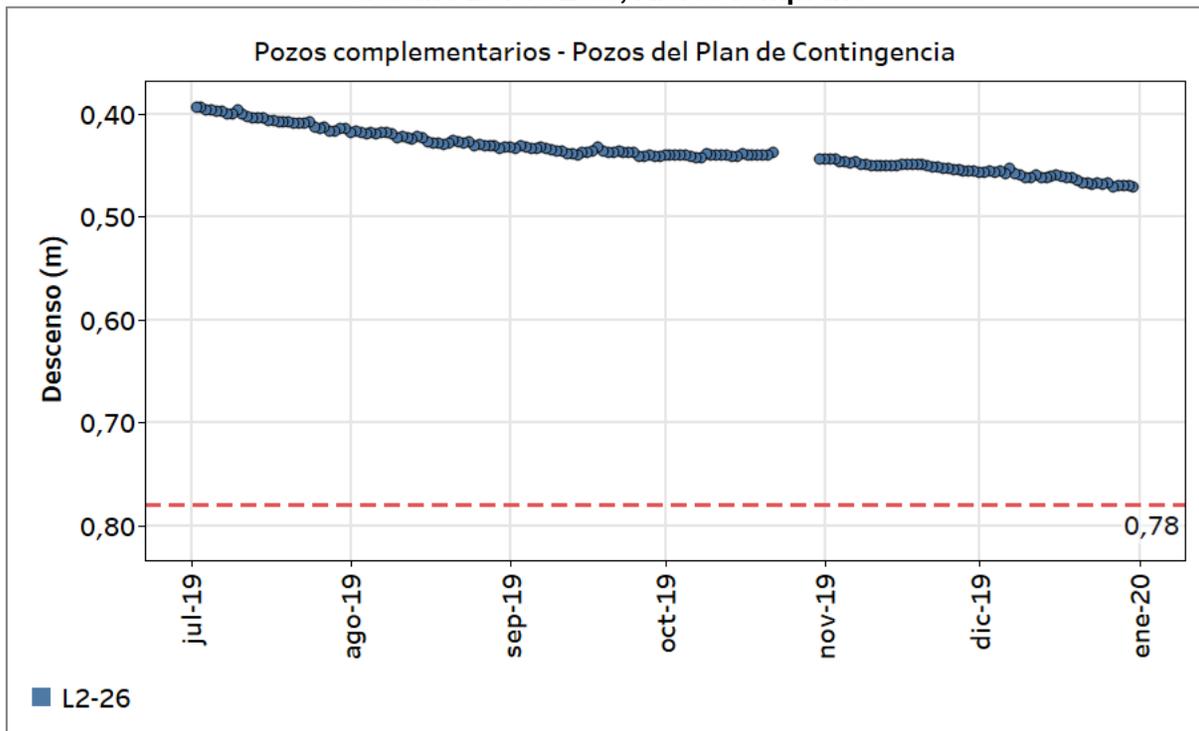
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-73: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2 del PC Sistema Borde Este, Vegetación Brea Atriplex



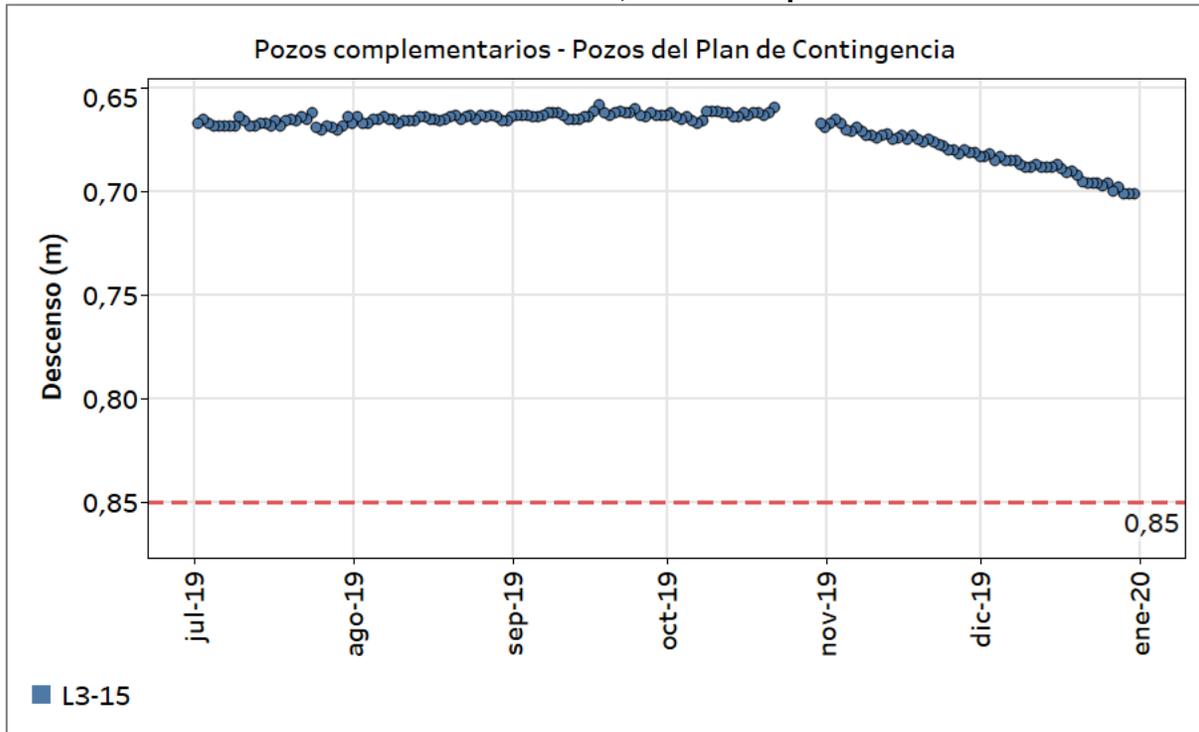
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-74: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L2-26 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-75: Descenso observado (m) pozos adicionales de contingencia L3-15 del PC Sistema Borde Este, Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se analizan y discuten los resultados de las mediciones y análisis del PSAH, incluyendo tanto los registros obtenidos en el último semestre, como las tendencias históricas y regionales para cada uno de los sistemas y sectores objeto de seguimiento. 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 de la cuenca del Salar y los posibles cambios que se estén efectuando. En un segundo apartado se profundiza en el patrón de comportamiento los indicadores asociados al Plan de Contingencia del Proyecto y de los puntos de control definidos para el Sistema Peine (de acuerdo a las acciones 19, 20 y 21 del Programa de Cumplimiento presentado a la SMA), en relación al marco hidrogeológico descrito en el anterior apartado, que permite analizar la tendencia de los indicadores en relación a los umbrales establecidos.

Previo a la exposición del análisis e interpretación de los resultados, se expone el resultado que se ha generado de la aplicación de los procesos de validación (descritos en el apartado 4.4.8) de los registros históricos. En el siguiente apartado se destacan varios aspectos que se consideran relevantes y que han resultado de este análisis.

6.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE CALIDAD HISTÓRICOS

Se ha realizado una revisión de los datos históricos, a partir de aplicar las diferentes herramientas de validación que se han empezado a implementar en el presente reporte y que se describen con detalle en el apartado 4.4.8.

A continuación, se hace hincapié en dos aspectos que se quiere poner de manifiesto en esta instancia, ya que se revisa la validación de los datos reportados con anterioridad.

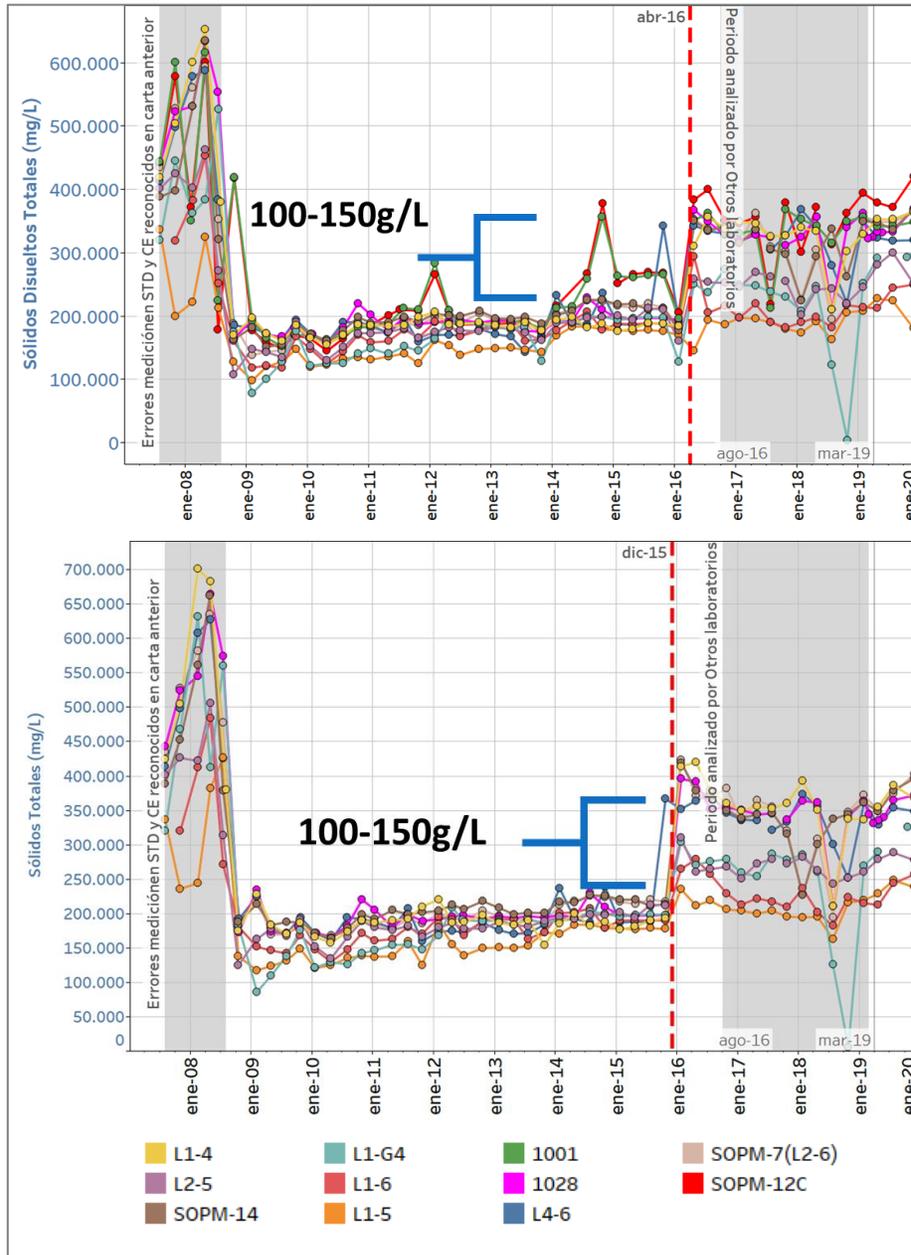
6.1.1. RELACIÓN CE-STD-DENSIDAD

Del análisis histórico de los sólidos totales disueltos (STD) y sólidos totales (ST) se quiere hacer especial mención a un cambio brusco en los valores que se produce entre abril de 2016 y en diciembre 2016 (ver Figura 6-1) en varios puntos de salmuera (Figura 6-3). Este cambio

fue declarado en el informe PSAH N°25, proponiendo realizar un estudio de la causa de este cambio. Este informe da cuenta de esta anomalía.

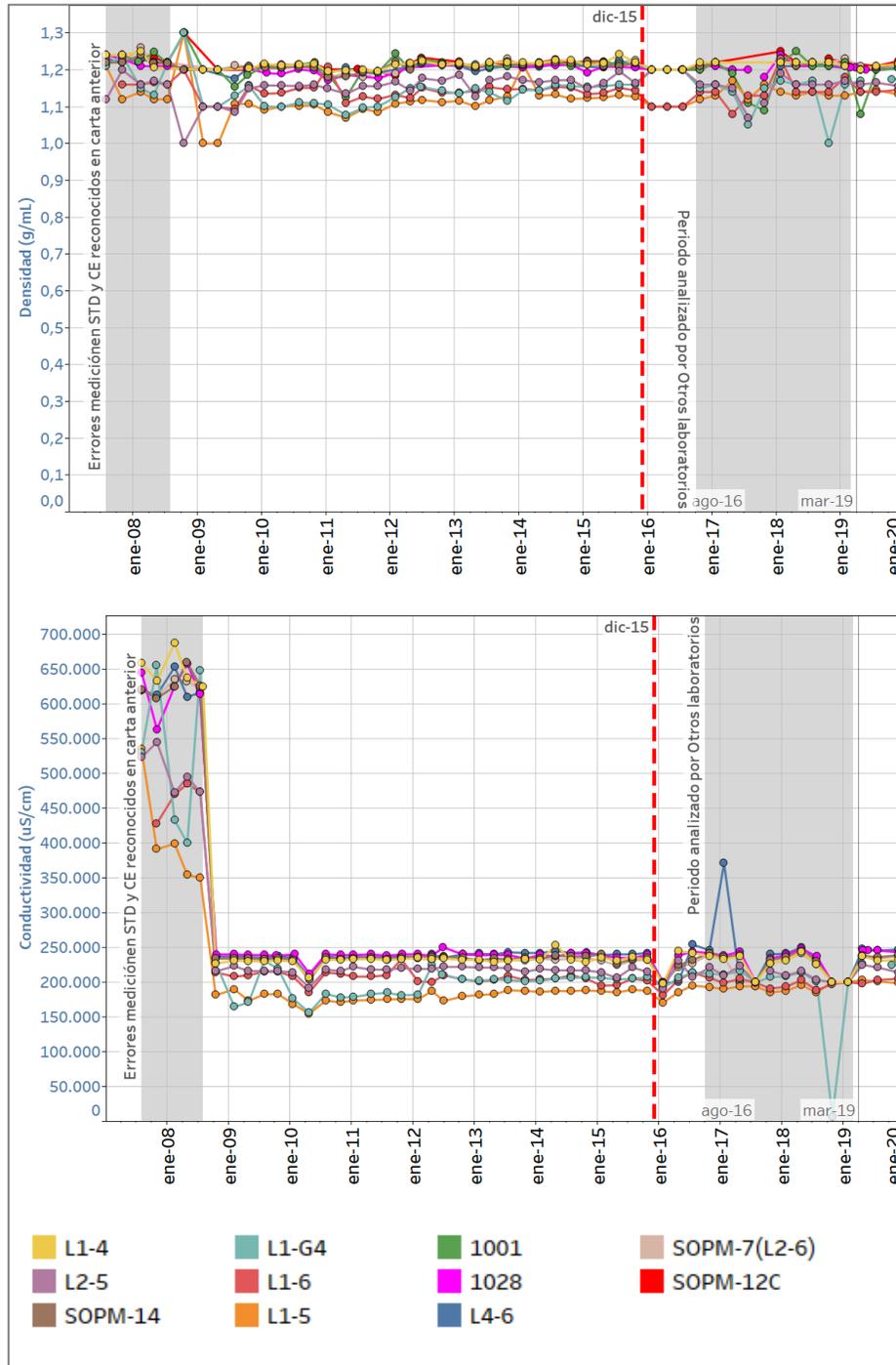
En la Figura 6-1 puede verse que se trata de incrementos de entre 100 y 150 g/L de STD y ST, esto representa un aumento entre el 50-75% en masa respecto de los valores anteriores. El hecho de que ni la conductividad ni la densidad hayan mostrado un aumento en el mismo periodo (ver Figura 6-2), tampoco que se haya observado una tendencia al ascenso para ninguno de los cuatro parámetros, ni antes ni después del incremento brusco y que todos los puntos corresponden a salmuera ($CE > 200.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ y densidad $> 1,2\text{g}/\text{cc}^3$), ha llevado a tener que incluir más factores que puedan dar explicación a ese comportamiento de estos analitos. Por este motivo es que le pidió a la consultora SRK Consulting Chile SpA que llevara a cabo un análisis integral de estos parámetros para llegar a una conclusión sobre los motivos que hayan podido desencadenar esta desviación. En el anexo 10.3 se presenta el informe resultante del estudio, donde se concluye que el cambio en los valores analizados a no puede ser atribuido a un cambio en las características químicas de la salmuera ya que no concuerda con el comportamiento de los otros parámetros relacionados (salinidad y conductividad eléctrica), que deberían mostrar variaciones proporcionales. Además, se tiene un incremento brusco de la masa en torno a un 50%, lo cual no resulta esperable en un ambiente natural sin tendencias previas ni posteriores. Los valores representativos de la salmuera han tenido que encontrarse siempre en valores similares a los posteriores a 2016, coincidiendo distintos laboratorios en sus resultados con valores similares. Sobre los resultados anteriores, no se ha podido determinar con precisión el error que causaba esos bajos valores, pero se sospecha que las causas pueden estar en algún error analítico. De cara al informe 27 continuará investigando la causa de los valores analizados en el periodo pre 2016.

Figura 6-1: Resultados históricos del análisis de STD y ST para los puntos de salmuera



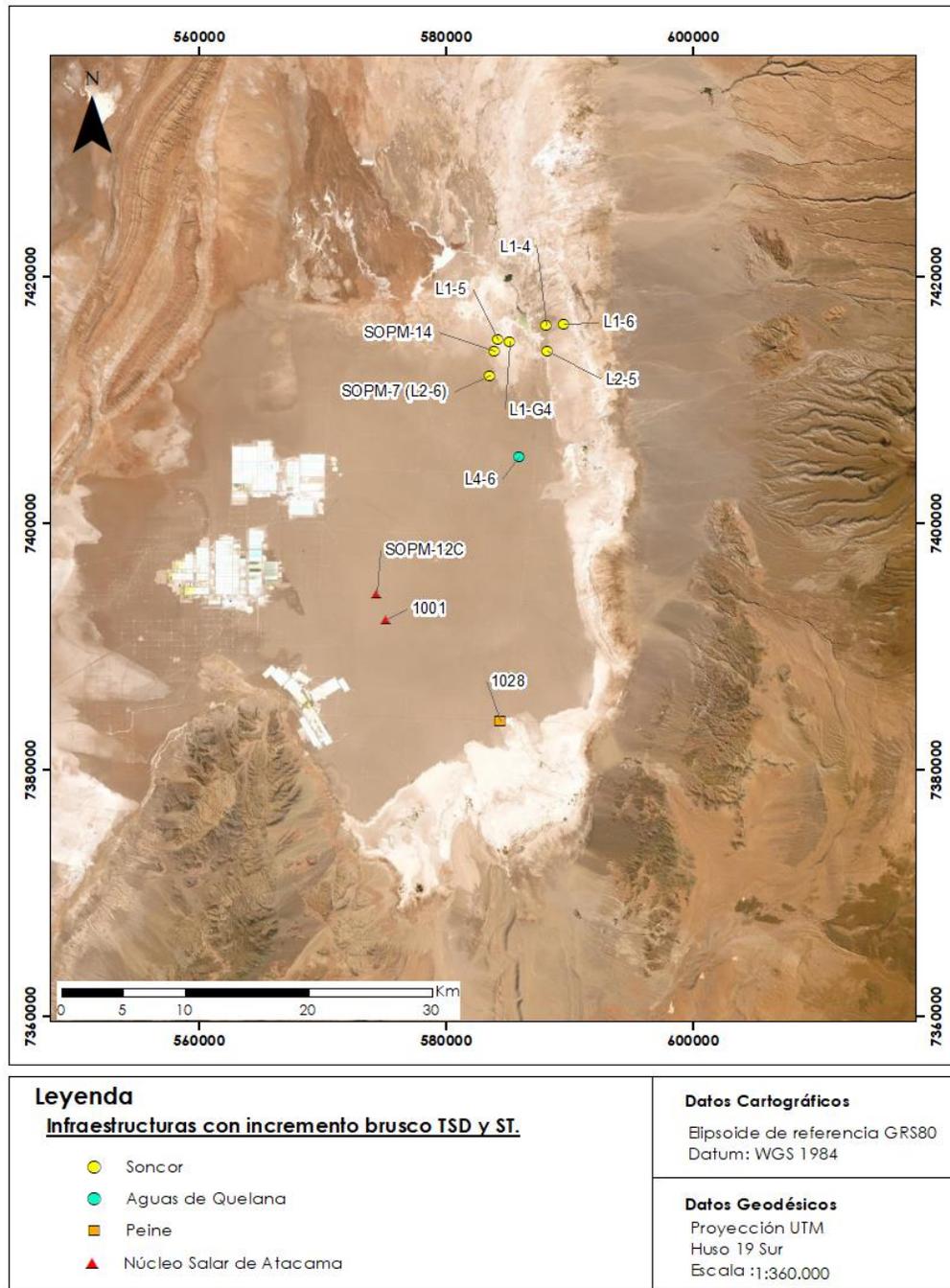
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-2: Resultados históricos del análisis de CE y densidad para los puntos de salmuera



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-3: Mapa de distribución de los puntos de salmuera con monitoreo de CE, STD, ST y densidad



Fuente: Elaboración propia.

6.1.2. NITRÓGENO-NITRATO Y FÓSFORO-FOSFATO

En la revisión de los resultados de calidad de los anteriores informes del PSAH, a raíz de aplicar los distintos procesos de validación, se ha observado que en algunos casos se han

confundido los términos usados de nitrógeno nitrato (N- NO₃) con nitrato (NO₃) y/o fósforo fosfato con fosfato para los puntos de las lagunas muestreadas en el marco del antiguo convenio de CONAF y en algún caso para L4-10. Para esta revisión se han consultados los certificados de laboratorio existentes.

Para los puntos correspondientes al convenio CONAF y respecto del nitrato, previo a 2007 no se dispone de los certificados de laboratorio, por lo que se ha mantenido el nombre del analito que aparece en los informes de CONAF “Monitoreo del Hábitat y poblaciones de avifauna del Salar de Atacama”. Desde 2007 a 2017 se ha podido constatar en los informes del laboratorio UCN que lo analizado corresponde a nitrógeno nitrato (N-NO₃) y no a nitrato (NO₃) como se menciona en los informes del PSAH correspondientes. Lo mismo sucede desde 2017 a la actualidad; en este periodo han participado además otros laboratorios, y salvo en agosto de 2017, lo analizado por él laboratorio ha sido nitrógeno nitrato (N-NO₃).

Para los puntos correspondientes al ex convenio CONAF y respecto del fosfato, hasta 2007 se ha mantenido el nombre del analito que aparece en los informes de CONAF “Monitoreo del Hábitat y poblaciones de avifauna del Salar de Atacama”, que fue fosfato (PO₄) y así se reportó en los informes del PSAH. Entre 2007 y 2018 los laboratorios (SGS en 2018 y UCN el resto) midieron el fósforo fosfato (P-PO₄) mientras que en los informes de PSAH se estaba reportando como fosfato (PO₄). Por último, en 2019, en abril y junio el laboratorio analizó P-PO₄ y en el resto de las campañas se analizó como PO₄, aunque en los informes del PSAH siempre se han reportado todos los resultados como si fueran fosfato (PO₄).

Para el punto L4-10, se ha comprobado que siempre se ha analizado nitrato como nitrógeno (N-NO₃), con la excepción de las campañas de octubre de 2016, 2017(completo), 2018 (completo) y febrero de 2019. Por último, todos los fosfatos analizados corresponden a P-PO₄, con la excepción de julio de 2008, octubre de 2018 y febrero de 2019, que se analizaron como fosfato (PO₄).

Un resumen de los analitos de lo descrito anteriormente se muestra entre la Tabla 6-1 y Tabla 6-4.

Tabla 6-1 Analitos medidos N- NO₃ o NO₃ en muestras de lagunas

Analitos medidos según fechas de informes				
Rango de fechas	anterior a 2007	2007 a mayo 2017	Agosto 17	Octubre 2017 - Octubre 2019
Analito medido	NO ₃ ⁵⁶	N NO ₃	NO ₃	N NO ₃

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-2 Analitos medidos P- PO₄ o PO₄ en muestras de lagunas

Analitos medidos según fechas de informes				
Rango de fechas	anterior a 2007	Febrero 2007 a Octubre 2018	Abril y Junio 2019	Febrero, Septiembre y Octubre 2019
Analito medido	PO ₄ ⁵⁶	P-PO ₄	P-PO ₄	PO ₄

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-3 Analitos medidos N- NO₃ o NO₃ en muestras de L4-10

Analitos medidos según fechas de informes			
Rango de fechas	2007-Julio 2016	Octubre 2016 a febrero 2019	Abril 2019 a Noviembre 2019
Analito medido	N-NO ₃	NO ₃	N-NO ₃

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-4 Analitos medidos P- PO₄ o PO₄ en muestras de L4-10

Analitos medidos según fechas de informes		
Rango de fechas	Toda la serie, salvo excepciones a la derecha	Julio 2008, Octubre 2018, Febrero 2019
Analito medido	P-PO ₄	PO ₄

Fuente: Elaboración propia

Estas correcciones tienen la implicancia de que se muestren variaciones en los gráficos históricos presentados en este reporte (capítulo 6), con respecto los anteriores informes del PSAH. En todo caso, se aclara que ninguno de los analitos (fosfatos o nitratos), representan parámetros críticos para definir la calidad del agua al encontrarse en concentraciones relativamente bajas en comparación al resto de parámetros, por lo que de esta corrección no se invalidan los análisis ni las conclusiones efectuadas en cada reporte entregado a la autoridad.

⁵⁶ Según lo reportado en los distintos informes de CONAF, "Informe Monitoreo del hábitat y poblaciones de avifauna del Salar de Atacama".

Además de estas correcciones, en los casos que se ha medido un parámetro y se está graficando el otro se aplica la transformación para poder tener continuidad en el gráfico.

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 afloros) para todos los sistemas y sectores objeto de seguimiento.

El objetivo principal por tanto es, primero conocer las dinámicas hidrológicas e hidrogeológicas que existen en los sistemas objeto de protección a nivel histórico, de manera que, el segundo objetivo es el de poder analizar si los nuevos datos medidos para el presente semestre de reporte muestran desviaciones respecto esta dinámica. Por este motivo, en este informe se han agrupado los puntos de control a partir de una visión integral del sistema hídrico.

De esta forma, se aborda 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 (6.3. Análisis del Plan de Contingencias) se aborda un análisis más preciso sobre las tendencias de los indicadores de estado del Plan de Contingencia sobre 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 el 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 o ascenso de un promedio de 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 de los 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 (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.
- 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 líneas 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.

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, para 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 descriptivo de la extracción.

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 de agua subterránea y superficial

El objetivo principal de los pozos ubicados en el Sistema Soncor es observar el eventual efecto de la explotación de salmuera en el núcleo sobre los sistemas lagunares de Chaxa, Barros Negros y Puillar, así como el efecto de las operaciones de los pozos de agua industrial Mullay-1 y Allana.

Pozos en zona aluvial

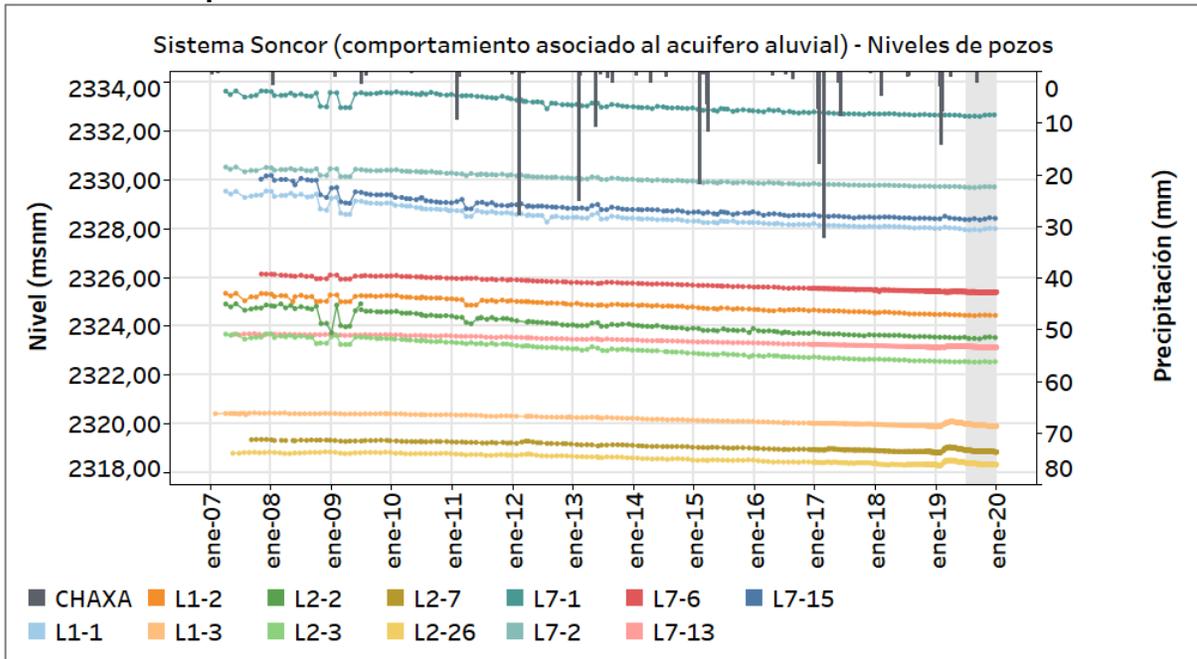
El primer grupo de pozos que se analiza para el sistema Soncor son los que se encuentran sobre el acuífero aluvial. Se caracterizan todos por presentar una tendencia histórica al descenso, incluso antes del inicio de la operación de los pozos de extracción de agua industrial del sector (como por ejemplo 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 6-4 se muestran los niveles medidos para estos puntos. Como puede observarse, entre este grupo existe 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 6-5. El sombreado gris de la figura indica el segundo semestre de 2019, que es el actual periodo reportado.

Se observa que los puntos L1-3, L2-7, L2-26 y L7-13 muestran una recuperación de la tasa de descenso una vez registrado un ascenso 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 próximos a la zona marginal, que reciben de forma indirecta la recarga que produjo la lluvia sobre el acuífero aluvial.

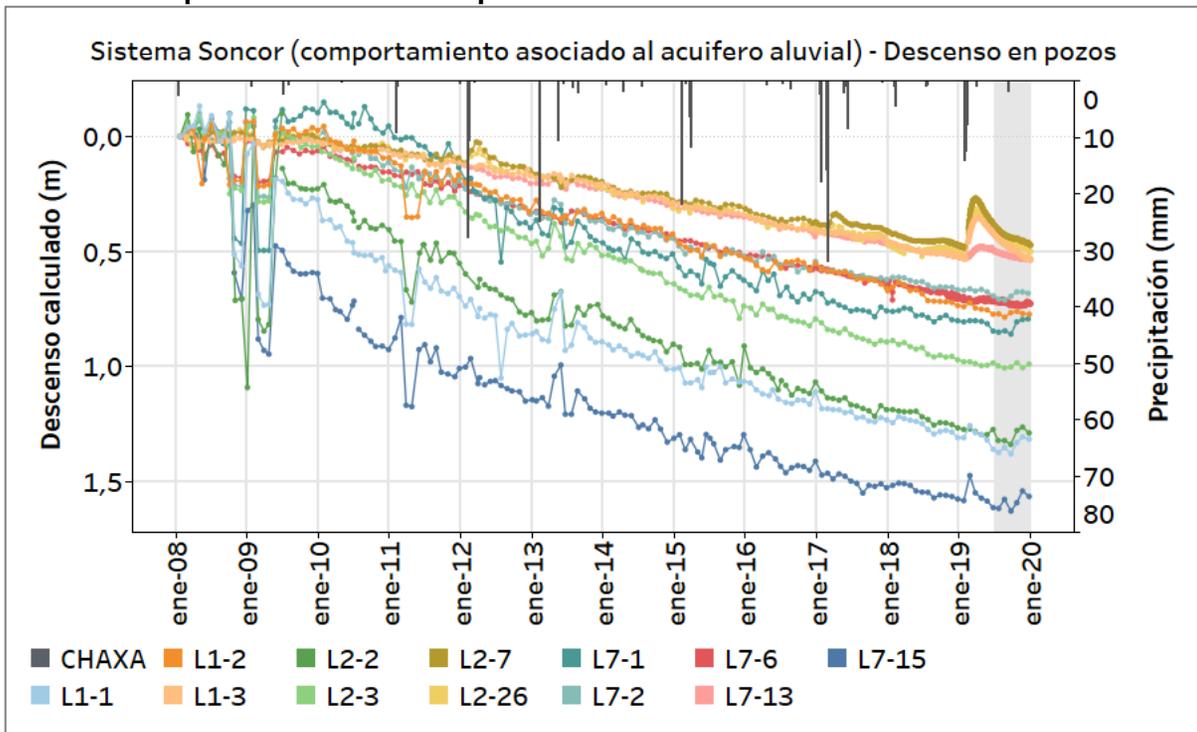
El resto de los puntos (L1-1, L1-2, L2-2, L2-3, L7-1, L7-2, L7-6 y L7-15) presentan para este segundo semestre de 2019 una disminución de la tasa de descenso para, o bien estabilizarse (L2-3 y L7-6) o bien para incluso para recuperar nivel (el resto). Esto podría ser debido a la detención del pozo de agua industrial Camar-2, pero en todo caso, se debería analizar con más detalle incluyendo otros factores que puedan estar involucrados. En este sentido, los niveles medidos en los pozos de agua industrial se muestran en la Figura 6-6.

Figura 6-4: Niveles medidos a partir de 2007 en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Soncor



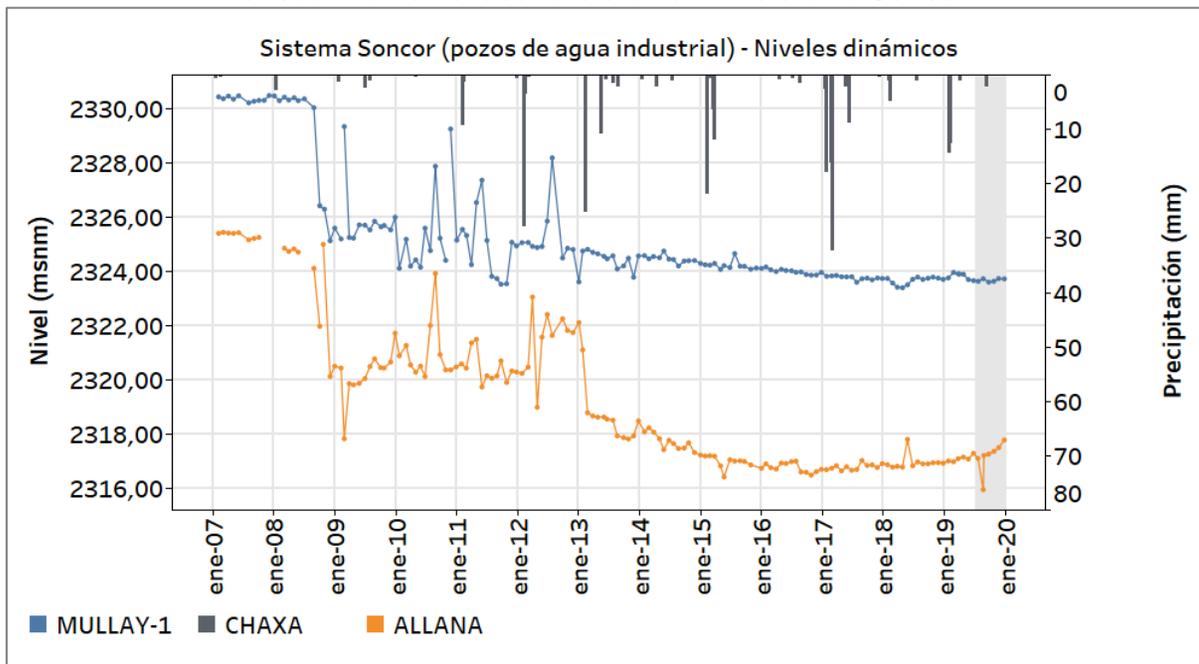
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-5: Descensos calculados a partir de 2008 de los puntos del sistema Soncor que muestran un comportamiento asociado al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-6: Niveles medidos desde 2007 en los pozos de agua industrial que se encuentran en el acuífero aluvial del sistema Soncor



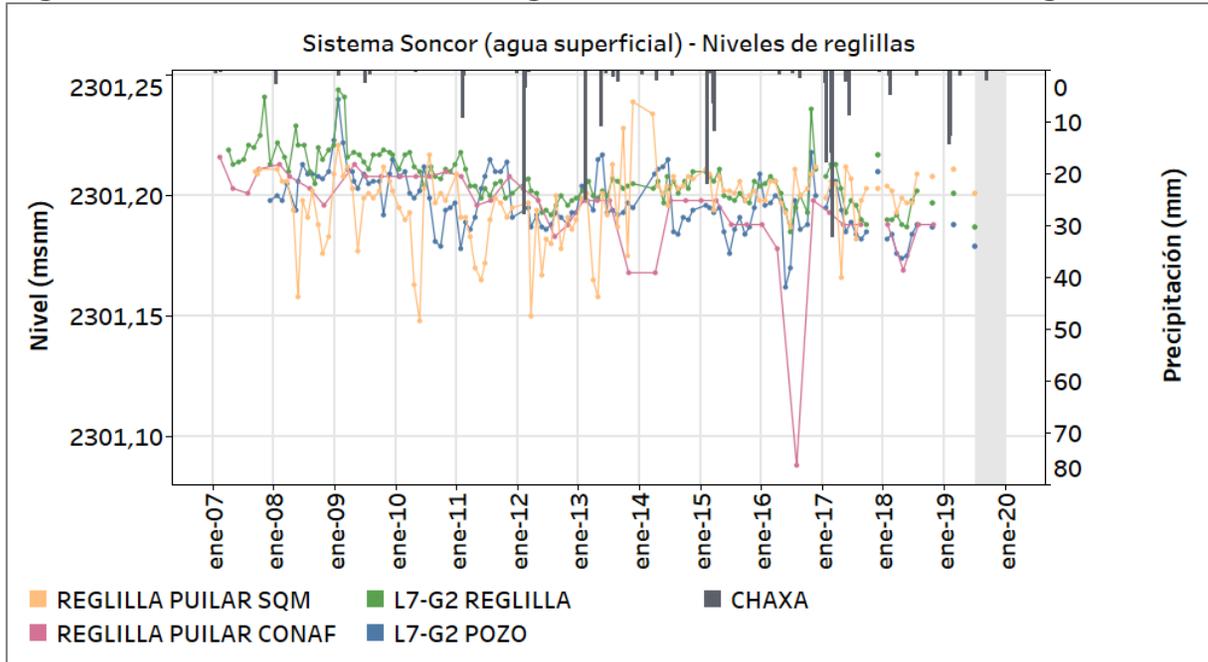
Fuente: Elaboración propia

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. 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).

A continuación, se muestran los niveles medidos para este tipo de puntos. Se han graficado agrupando los puntos de medida cercanos y que representan un cuerpo de agua. En la Figura 6-7 se muestran los puntos de medición en el entorno de la laguna Puillar: Reglilla Puillar SQM y CONAF y el L7-G2 Reglilla y Pozo. Como ya se he detallado en el capítulo de resultados (sección 5.1.1) no hay medidas nuevas para este segundo semestre de 2019, por lo que no se tiene información que permita extraer conclusiones actualizadas del comportamiento de estos niveles.

Figura 6-7: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de la laguna Puilar

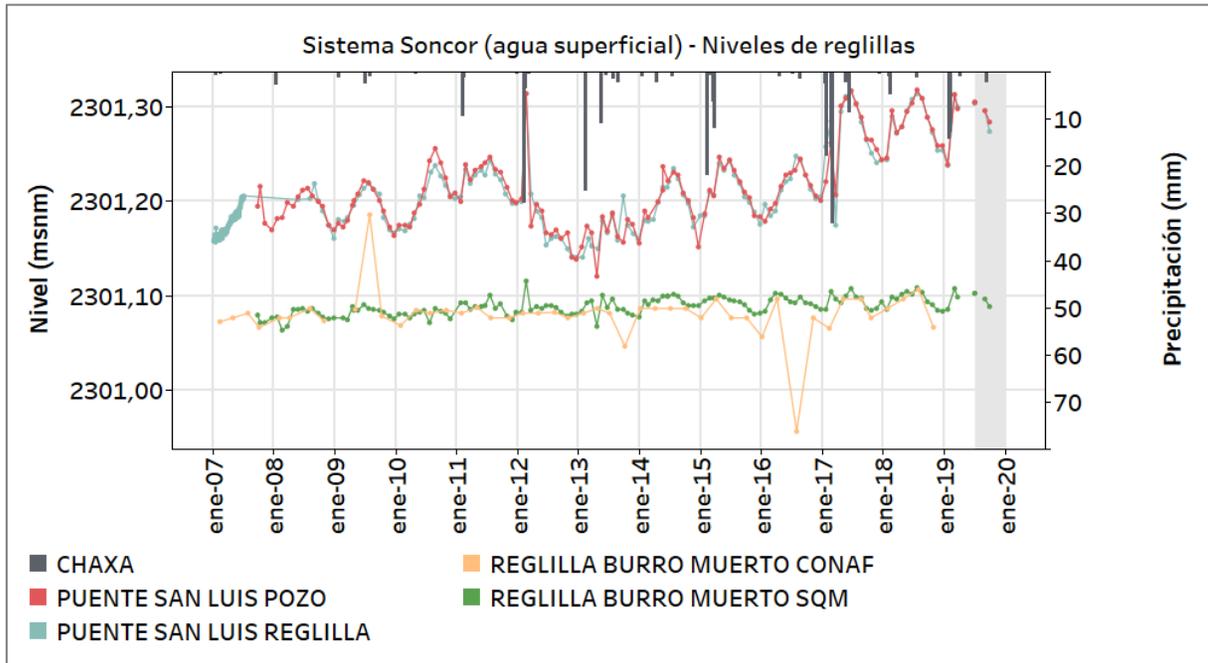


Fuente: Elaboración propia

Se centra a continuación el análisis en el sistema de canales y lagunas que alimentan finalmente la laguna de Barros Negros. Empezando en los puntos ubicados más aguas arriba se muestran en la Figura 6-8 los niveles de Puentes 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 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.

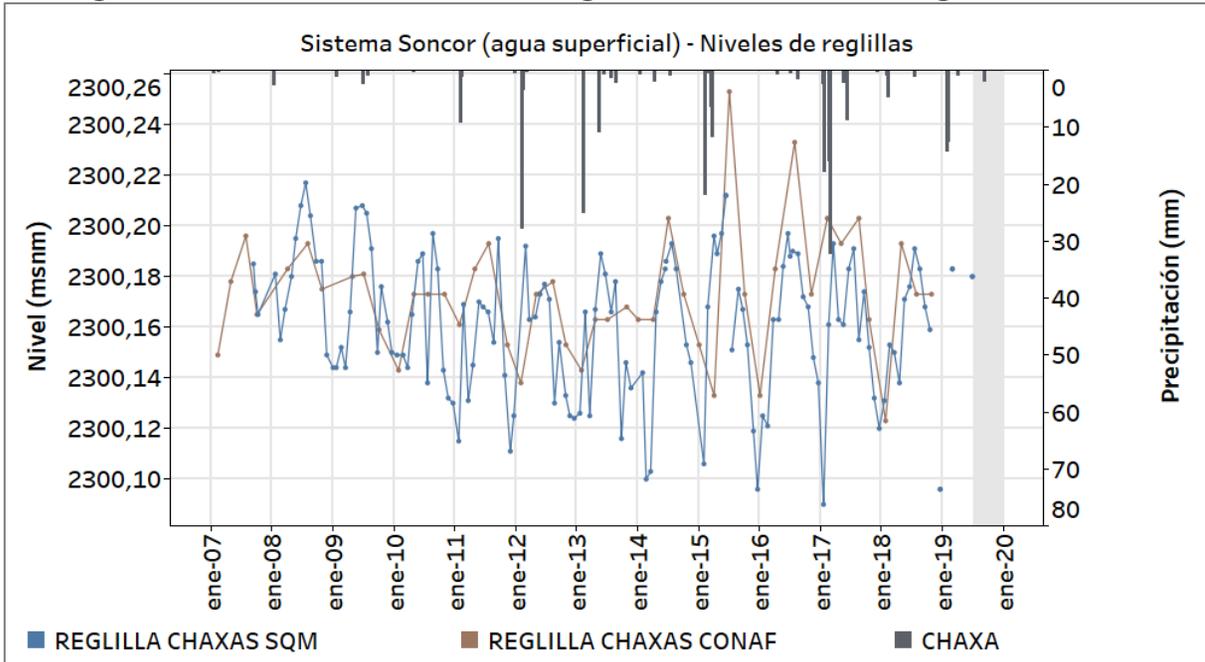
Figura 6-8: Niveles medidos en las reglillas ubicadas en el entorno de medición del aforo Puesto San Luís



Fuente: Elaboración propia

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 6-9. 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 2010, el nivel tenía una cota promedio de 2.300,17 m s.n.m y una oscilación estacional de unos 6 cm. Pasado 2010 aproximadamente, el nivel promedio desciende unos 2 cm (2.300,15 m s.n.m) y aumenta la oscilación hasta unos 9 cm de promedio. Para el semestre reportado en este informe (segundo de 2019) no existen nuevas mediciones que contrastar.

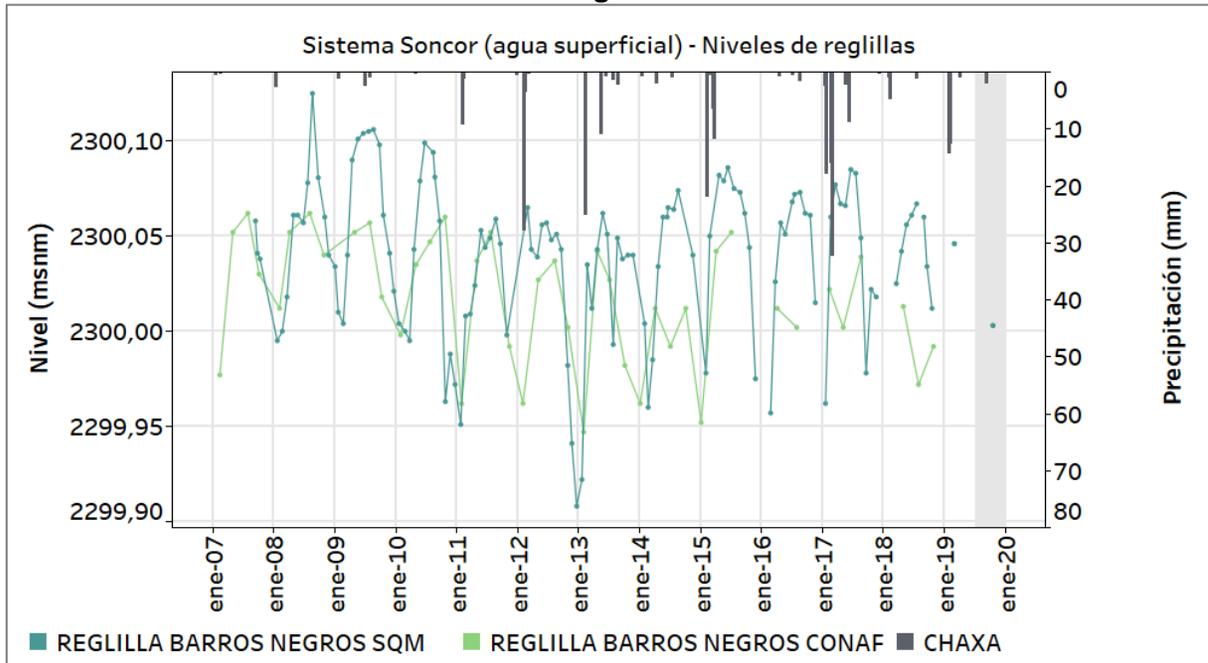
Figura 6-9: Niveles medidos en las reglillas en la salida de la laguna de Chaxa



Fuente: Elaboración propia

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 medidos se muestran en la Figura 6-10. Se observa un comportamiento análogo al de la laguna de Chaxa, donde previo al año 2011 la cota promedio de 2.300,05 m s.n.m. y pasada esta fecha, la cota desciende unos 3 cm (2.300,05 m s.n.m.). Para este segundo semestre de 2019 sólo se dispone de una medida que, a pesar de no disponer de una serie continua desde 2018, es un valor que está dentro del rango de oscilación estacional esperada.

Figura 6-10: Niveles medidos en las reglillas del cuerpo principal de la laguna Barros Negros



Fuente: Elaboración propia

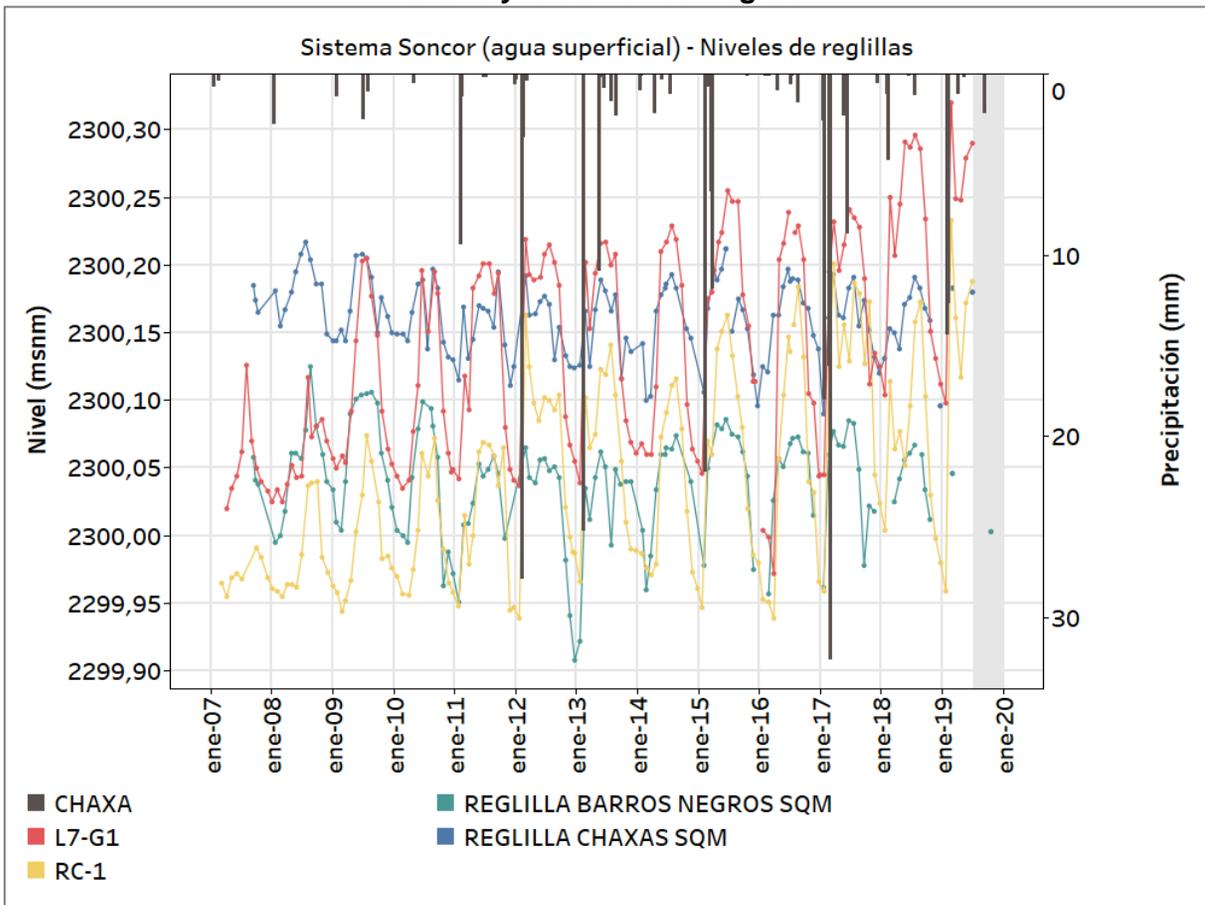
Para última instancia, se centra el análisis en el canal de Burro Muerto, que conecta la laguna de Chaxa con la de Barros Negros. En este tramo fluvial se encuentra la reglilla L7-G1. En la Figura 6-11 se muestran los niveles medidos en este punto, junto con las reglillas de Chaxa y Barros Negros, que aunque ya se han mostrado se pueden extraer algunas conclusiones en esta comparativa. Como podrá 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, está midiendo 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 6-11, 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. Esta diferencia de gradiente es la esperada puesto que se trata de un curso de agua.
- El punto el punto L7-G1, que se encuentra 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 a 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.

Apenas se dispone de mediciones nuevas, para este segundo semestre de 2019, con las que se pueda revisar la tendencia actual de los comportamientos descritos en estos cuerpos de agua.

Figura 6-11: Niveles medidos en las reglillas que se encuentran entre la laguna de Chaxa y la de Barros Negros



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 Soncor. 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 6-12 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 6-13, que muestra los descensos calculados desde 2008 a partir de los niveles medidos.

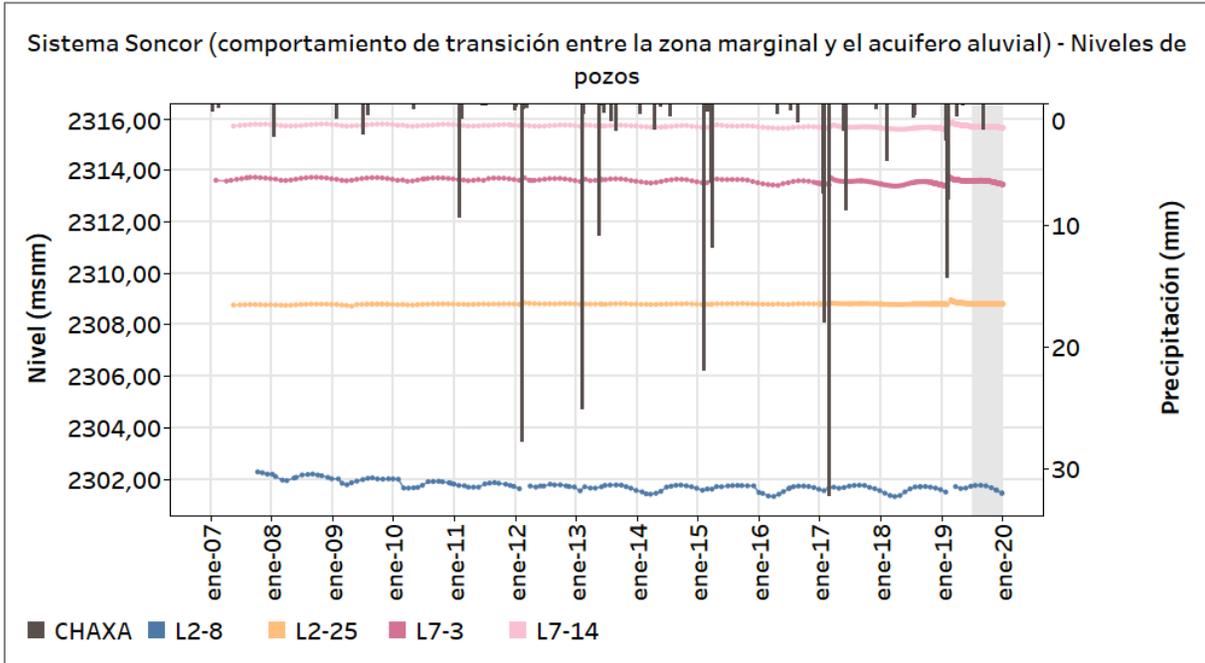
Como se observa en la Figura 6-13, todos los puntos (a excepción del L2-25) muestran una tendencia de descenso; la mayor pendiente la registra el L2-8 con una tasa promedio para el periodo (2008-2019) de 3,56 cm/año y por tanto es menor que la registrada en los puntos del acuífero aluvial (que era de entre 5,5 y 10 cm/año). Los puntos L7-3 y L7-14 muestran una tasa promedio de 1 cm/año y 0,49 cm/año respectivamente.

Los puntos L7-3 y L7-14 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 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, y que en el punto L2-8 se observa un cambio en la tendencia a partir de 2015 aproximadamente; previo a esta fecha, la tendencia era de descenso, pero luego se estabiliza.

En el punto L2-25 muestra un comportamiento con una oscilación menos clara que los puntos descritos anteriormente y con una tasa de ascenso promedio de 0,39 cm/año. Se observa también que muestra una respuesta inmediata a los eventos de lluvia, destacando el registrado en febrero de 2019.

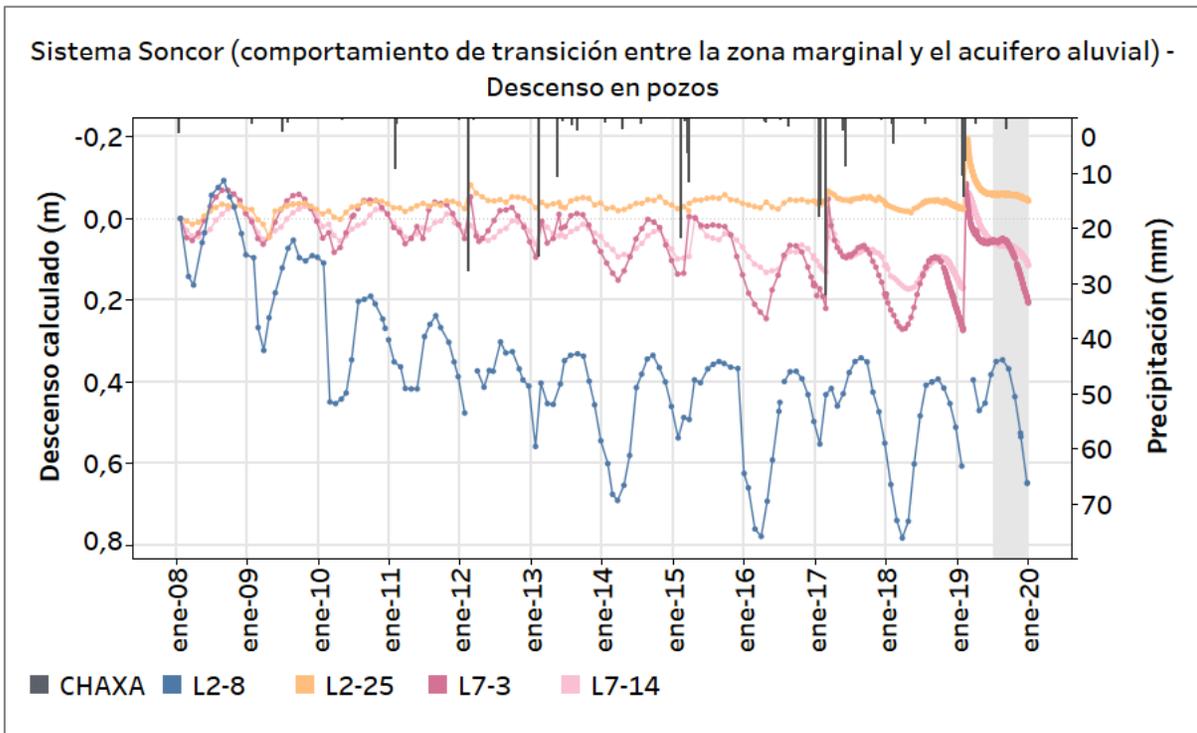
Las medidas tomadas en el segundo semestre de 2019 confirman las tendencias y comportamientos descritos anteriormente, por lo que no se observa ningún cambio en las tendencias históricas.

Figura 6-12: Niveles medidos en los pozos ubicados en la zona más marginal más cercanos al acuífero aluvial



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-13: Descensos calculados en los pozos ubicados en la zona más marginal más cercanos al acuífero aluvial



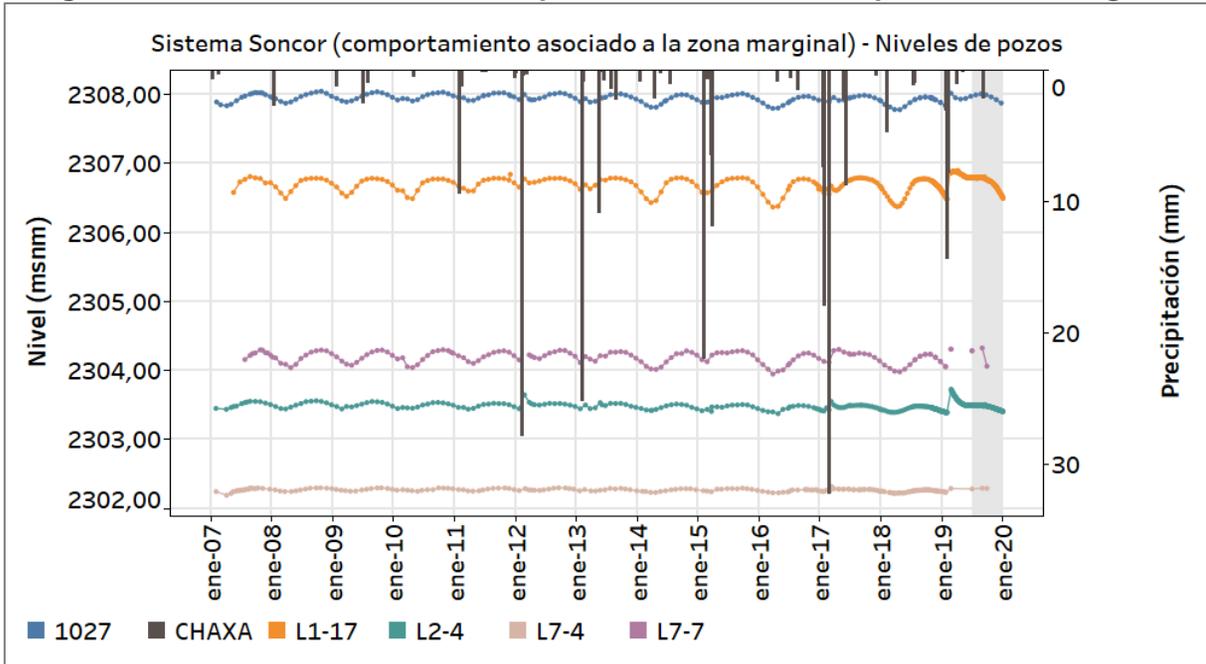
Fuente: Elaboración propia

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 esperado en la zona marginal. Se caracterizan por mostrar una tasa de descenso casi nula y una fuerte estacionalidad. En la Figura 6-14 se muestran los niveles medidos, pero como existen diferencias de cota entre ellos que no permite distinguir el comportamiento a describir, se muestra también la Figura 6-15 que son los descensos calculados desde 2008 para los mismos puntos.

Se trata de los puntos 1027 (ubicado al más al norte), L7-4 y L7-7 (ubicados en el entorno de la laguna Puillar), 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 6-15 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 han estado marcadas por los ciclos hidrológicos que han sido más secos (amplitudes más grandes, como las de los años entre 2008 y 2010 y en los años 2014, 2016 y 2018), dando a concluir que estos puntos están ligados a la recarga proveniente del borde este, además de la recarga directa por lluvia de los eventos más intensos.

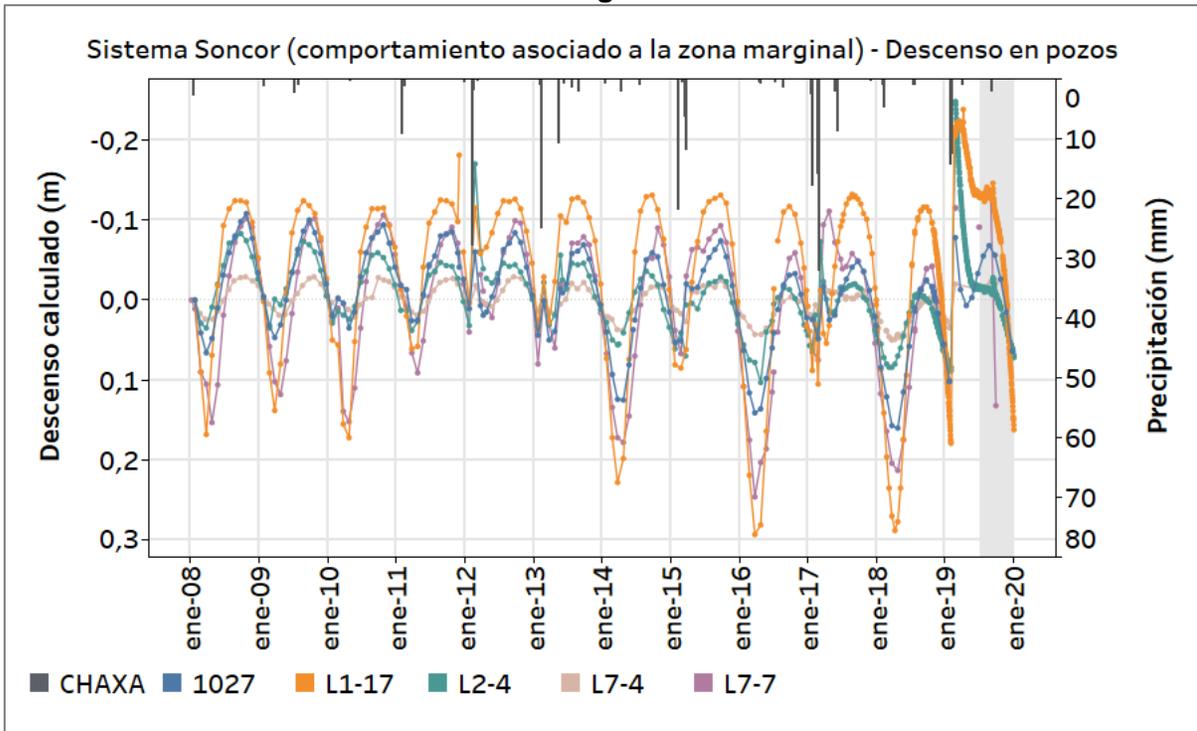
Las medidas realizadas en estos puntos durante el segundo semestre de 2019 confirman que una vez pasada la lluvia de enero-febrero recuperan el comportamiento previo.

Figura 6-14: Niveles medidos en los pozos asociados al comportamiento marginal



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-15: Descensos calculados en los pozos asociados al comportamiento marginal



Fuente: Elaboración propia

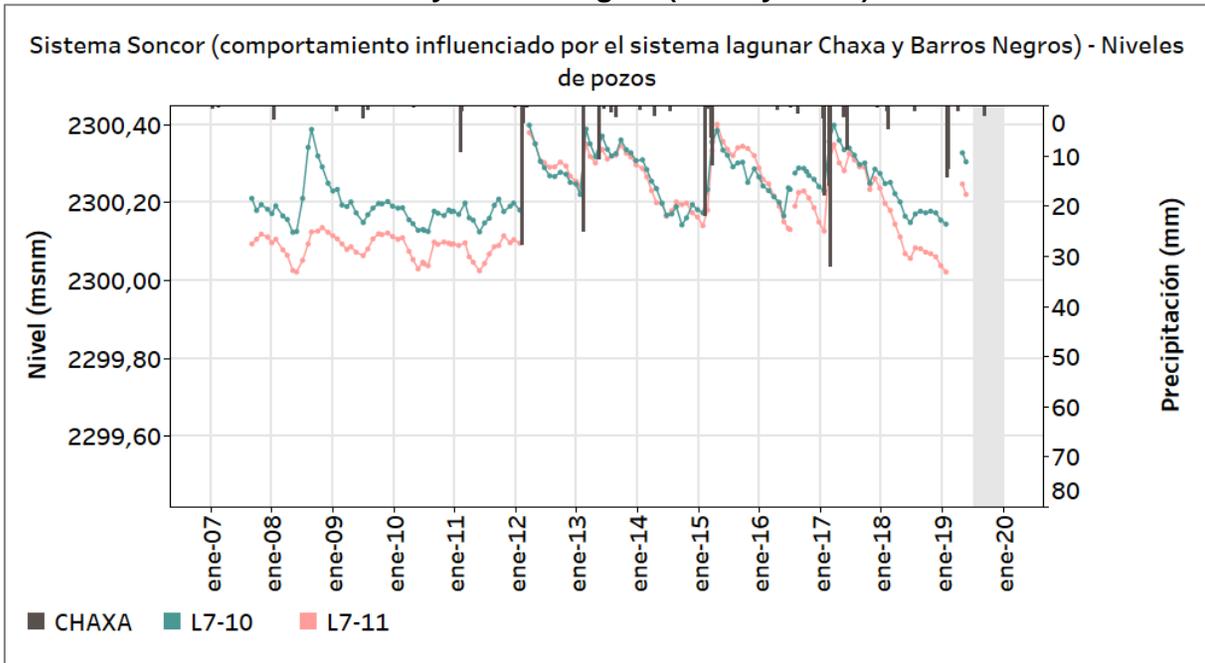
El comportamiento de los niveles en la zona marginal cambia cuando se encuentran cercanos a las lagunas del Sistema Soncor. Se trata del cordón de puntos al este del sistema Chaxa-Barros Negros y al oeste de la interfaz salina. De norte a sur, los pozos son: L7-10 y L7-11 (Figura 6-16), L1-15 y L1-16 (Figura 6-17), L1-9 y L1-10 (Figura 6-18) y finalmente L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 (Figura 6-19). 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 6-17) a partir de la lluvia de 2012; la cota promedio de los niveles previo a esta fecha era para los dos 2.299,86 m s.n.m (L1-16) y 2.299,89 m s.n.m (L1-15), pasada esta fecha se mide un ascenso promedio de 10 cm (L1-16) y 15 cm (L1-15). Además de observarse un aumento en la amplitud de las oscilaciones que no presentan una respuesta rápida a los eventos de lluvia y la recuperación posterior de los niveles es también gradual. Todo ello hace pensar que a partir de esta fecha se empieza a producir una vía preferente de recarga subterránea desde el borde este.

Los puntos L7-10 y L7-11 (Figura 6-16), L1-15 y L1-16 (Figura 6-17) y L1-9 y L1-10 (Figura 6-18) no han podido medirse de forma continua desde enero de 2019, situación que se ha mantenido durante el segundo semestre de 2019, por lo que se desconoce si los puntos mantienen el comportamiento descrito anteriormente.

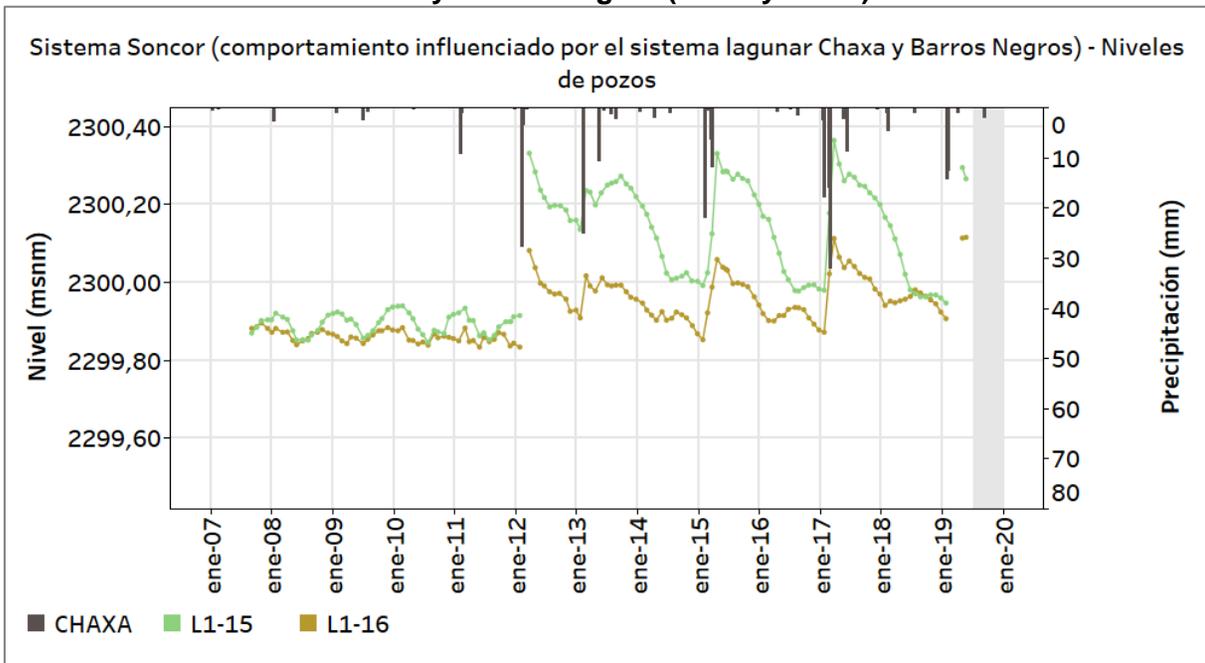
Por otro lado, los puntos ubicados más al sur (L1-7, L1-4, L1-6 y L2-5 en la Figura 6-19), sí tienen medidas de forma más regular en el periodo de reporte del presente informe. Se observa como estos puntos presentaron una respuesta a la lluvia de febrero de 2019 con una magnitud que no se había registrado anteriormente. Los niveles de este segundo semestre de 2019 todavía se sostienen en una cota superior a la de los años anteriores, por lo que se estima que todavía están en la fase de recuperación posterior a la lluvia. Será necesario esperar a los posteriores reportes para ver la evolución de estos puntos y evaluar qué grado de impacto ha generado en estos puntos esta lluvia.

Figura 6-16: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L7-10 y L7-11)



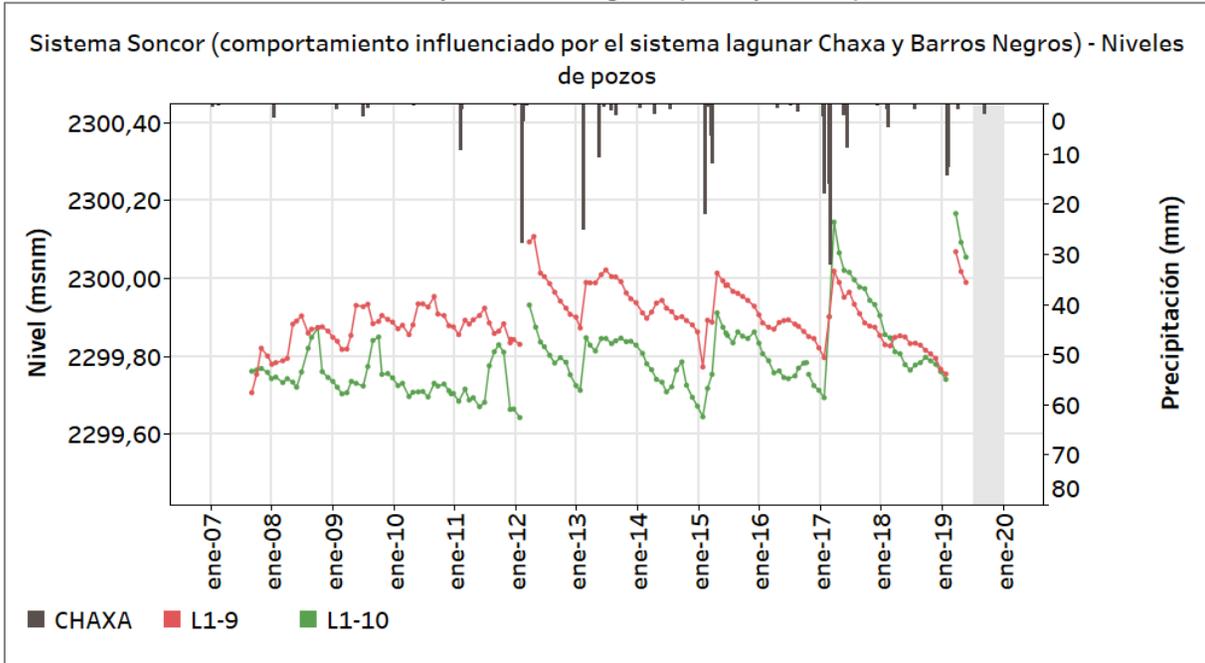
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-17: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-15 y L1-16)



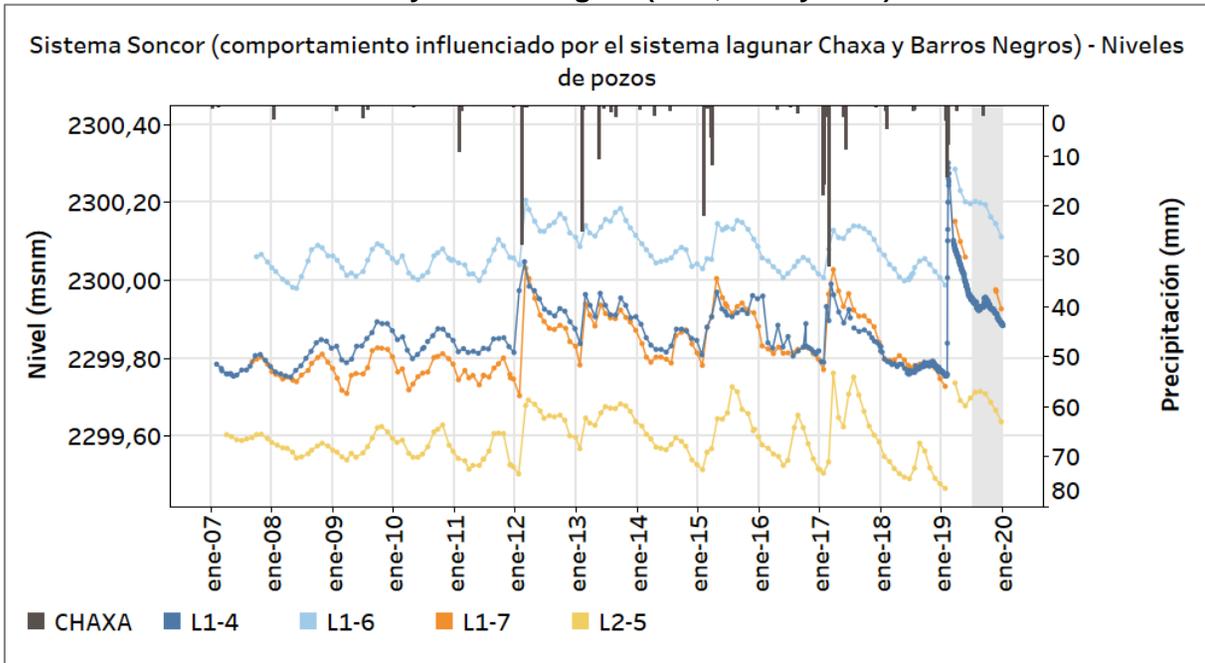
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-18: Niveles medidos en los pozos influenciados por el sistema lagunar de Chaxa y Barros Negros (L1-9 y L1-10)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-19: 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

Al este y al sur de la laguna Barros Negros es donde se han producido los eventos de desborde de la laguna. En el sector de desborde de Cola de Pez, se ha observado dos grupos

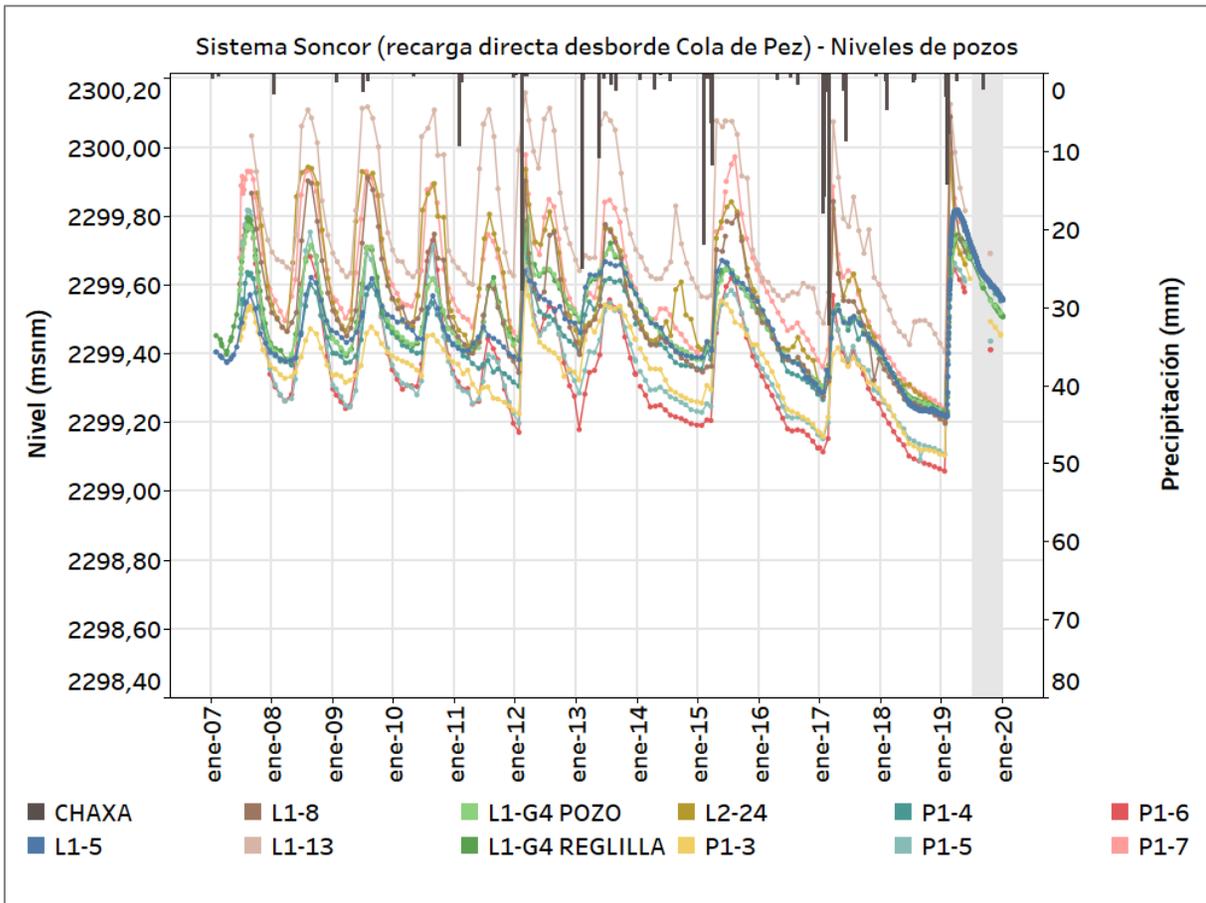
de pozos; el primero es el que ha recibido el aporte directo del evento de desborde que se caracteriza por respuestas inmediatas en sus niveles. El otro grupo es el que, por su ubicación, reciben la recarga de los desbordes de forma residual, es decir, en forma de recarga subterránea y no en forma de recarga directa.

En la Figura 6-20 se muestran los niveles de los puntos que se observan recibir la recarga directa del 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 caracteriza por ser una lluvia muy intensa (38,8 mm en dos días) 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)⁵⁷. 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 suave. 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 se 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.

⁵⁷ 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 6-20: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga directa del desborde de Cola de Pez



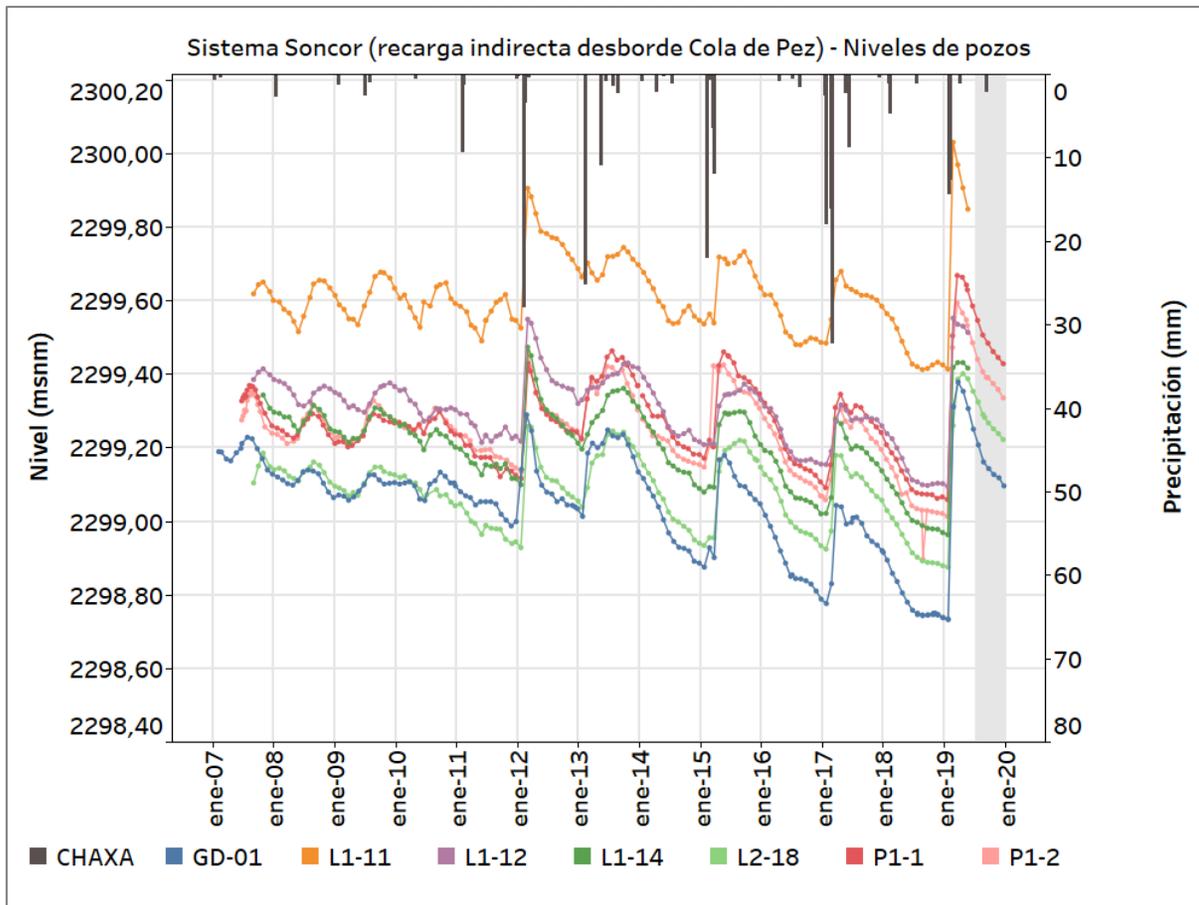
Fuente: Elaboración propia

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 6-21. 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 diferencia 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, a día de hoy,

estos puntos se caracterizan por presentar respuesta debida a la recarga directa de precipitación junto con una tasa promedio de descenso. Las medidas tomadas en este segundo semestre de 2019 reflejan una recuperación del previo comportamiento de los niveles una vez pasada la lluvia de enero- febrero 2019.

Figura 6-21: Niveles medidos en los pozos que reciben la recarga de forma indirecta del desborde de Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente grupo de puntos a analizar son los que se encuentran influenciados por el desborde hacia el sector sur de la laguna Barros Negros, llamado Desborde Sur (L2-9, L2-10, L2-15, L2-16, L2-21, L2-23, P2-1, P2-2, P2-3, P2-4 y P2-5). Se conoce a partir de los estudios que se han elaborado en la cuenca en los últimos años (IDAEA-CSIC, 2018) y como se mencionaba anteriormente, que la dinámica de desborde de la laguna cambió a partir de las lluvias de febrero de 2012; a partir de esta fecha los desbordes hacia Cola de Pez pierden 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 6-22 y Figura 6-23) para mostrar mejor los distintos comportamientos y se acompañan de los niveles de la REGLILLA BARROS NEGROS SQM como referencia para el análisis.

En la Figura 6-22 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 laguna a partir de la segunda mitad del año 2010 y dada su ubicación con respecto al límite de la laguna se interpreta que este punto en realidad está midiendo las oscilaciones del cuerpo lagunar. Es decir, que se podría decir que el límite de la laguna habría aumentado hasta alcanzar este punto.

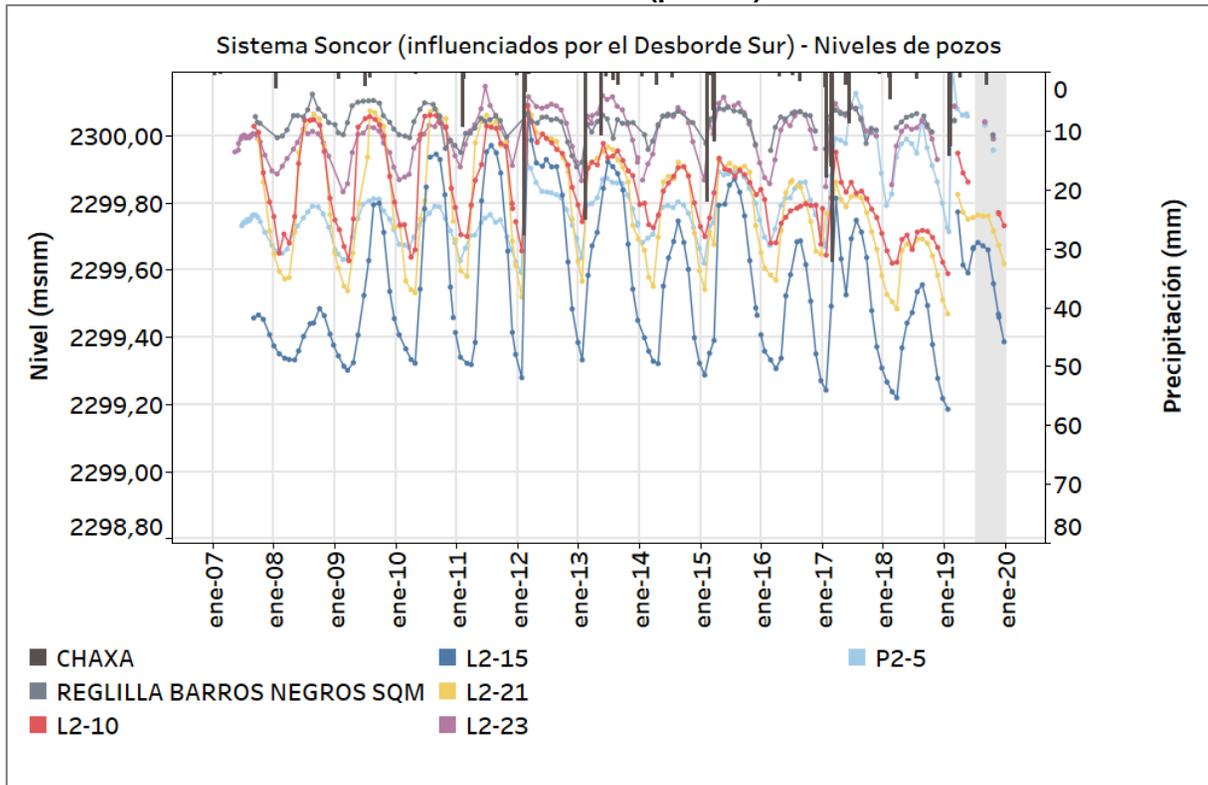
Ocurre algo similar con el punto P2-5, que durante el periodo de entre 2007-2017 se muestra oscilante a una cota inferior a la de la laguna (Figura 6-22). Pero a partir de 2017, se observa cómo se solapan los niveles durante los meses de máximos. Se trata del siguiente punto más cercano al cuerpo de 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 6-22 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 ha dejado 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 6-22), 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.

De las medidas registradas en el segundo semestre de 2019 para los puntos mostrados en la Figura 6-22, se observa que se ha reproducido el máximo esperado para cada ciclo estacional

y que actualmente los niveles se encuentran descendiendo dentro del rango de oscilación esperada para estos puntos.

Figura 6-22: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 1)

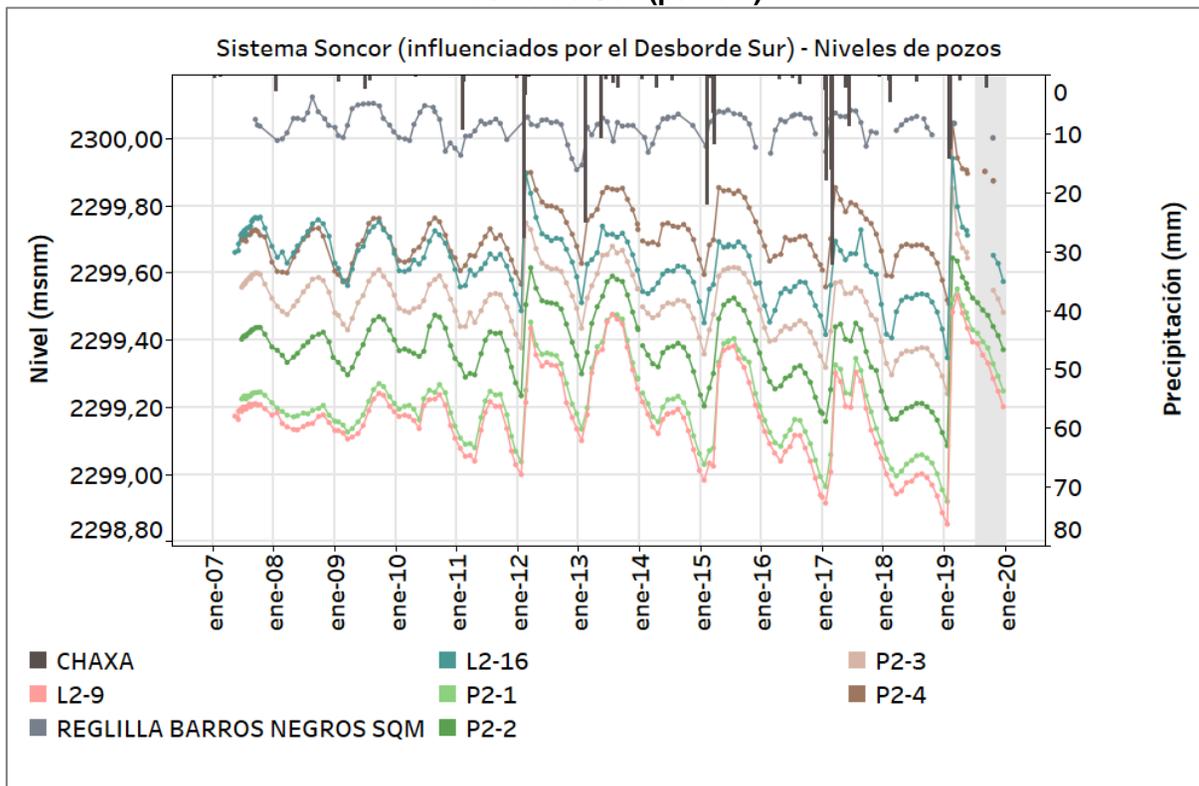


Fuente: Elaboración propia.

Del segundo grupo de puntos influenciados por el Desborde Sur (Figura 6-23) se destaca el gradiente hidráulico que hay entre la reglilla de Barros Negros y estos puntos. Se observa también que estos puntos reproducen los ciclos estacionales (de máximos y mínimos) de la laguna (a cotas más bajas) de una forma suavizada, a la vez que también responden a los eventos de lluvia. Se interpreta por tanto que estos puntos reciben la recarga proveniente del desborde y a través del acuífero, en forma de pulso, además de la recarga directa por lluvia. Se observa también que los mínimos reproducen también una tendencia al descenso desde el inicio de las mediciones, en mayo 2007, de unos 2 cm/año.

Los valores medidos de este grupo de pozos para el periodo del segundo semestre de 2019 indican que los niveles se mantienen dentro de las variaciones esperables según el comportamiento descrito para estos puntos.

Figura 6-23: Niveles medidos en los pozos influenciados por la descarga a través de Desborde Sur (parte 2)



Fuente: Elaboración propia.

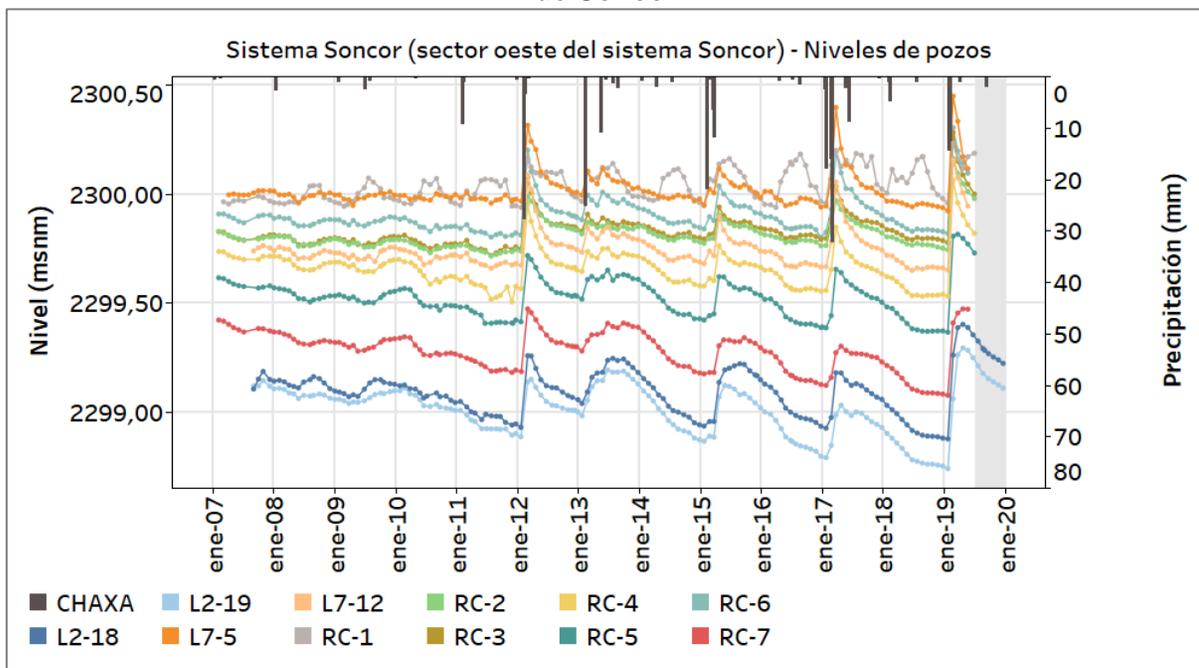
Al oeste de las lagunas Chaxa y Barros Negros, se encuentra otro grupo de pozos y que se analiza a continuación. Se trata de los puntos L2-18, L2-19, L7-4, L7-12, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-24, junto con el nivel del pozo RC-1 que, aunque se ha 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 al 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 norte hacia el núcleo.

En este grupo de pozos solo se pudieron efectuar mediciones durante este segundo semestre de 2019 en los puntos L2-18 y L2-19 y se confirma el comportamiento esperado de recuperación de los niveles después de la lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-24: Niveles medidos en los pozos ubicados al oeste del sistema de lagunas de Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Pozos en Zona núcleo

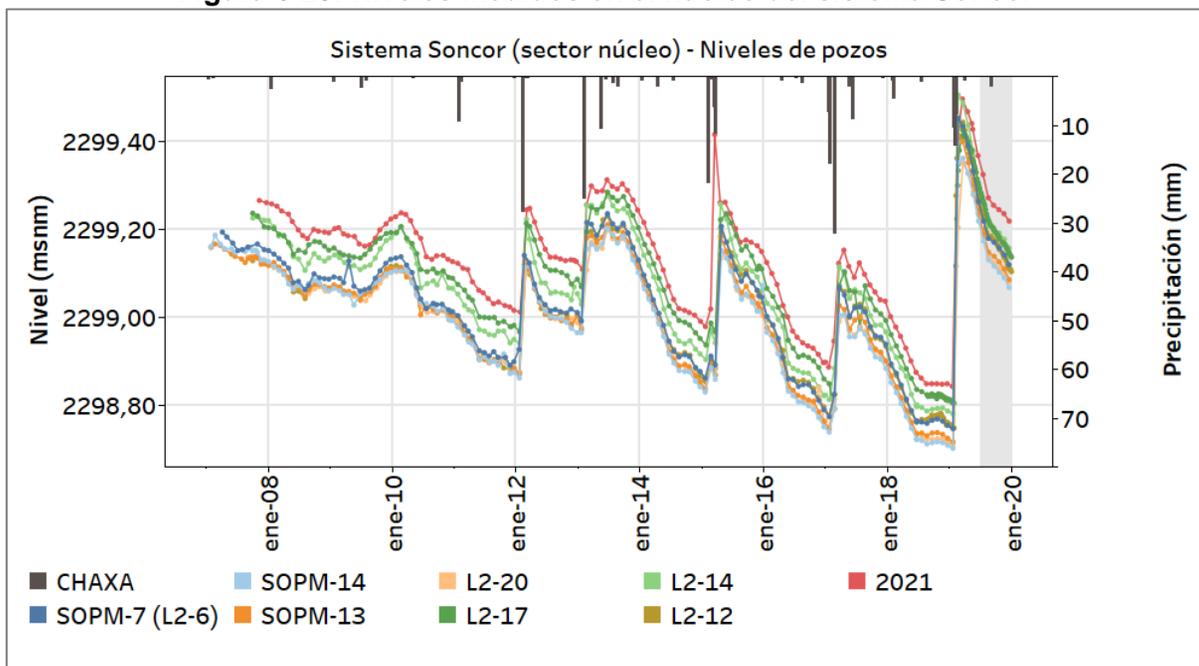
Cerrando el análisis de los puntos del sistema Soncor, el último grupo de puntos son los que se encuentran sobre el núcleo del Salar. Se trata de los pozos SOPM-7 (L2-6), SOPM-13, SOPM-14, L2-14, L2-12, L2-17, L2-20 y 2021, de los que se muestran sus niveles en la Figura 6-25. Éstos no presentan estacionalidad, responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso, pero se diferencian por el bajo gradiente hidráulico que se observa en este sector (los niveles se presentan en cotas piezométricas similares).

Este comportamiento es característico de este tipo de acuífero dominado por fracturas o disoluciones. La tendencia histórica del núcleo ha sido, de acuerdo a lo esperado, siempre al descenso, presentando recuperaciones sólo durante episodios de precipitación directa. A la

tendencia de descenso base (preoperacional), se sobrepone el efecto de la extracción de salmuera de los dos actores de la cuenca (SQM y Albemarle) lo que implica una tasa de descenso más acusada. Estos puntos han demostrado ser sensibles a las modificaciones de las tasas de extracción de salmuera, tal como se comprobó en el informe de Efectividad de Acción, producto de la activación de los indicadores de Soncor (IDAEA-CSIC, 2018), con la estabilización del descenso observado en los puntos L2-17, L2-14 y SOPM-14 y una recuperación observada en el punto L2-12.

Los niveles medidos en el segundo semestre de 2019 no muestran evidencias en el comportamiento descrito para estos puntos, actualmente los puntos muestran una recuperación después de la lluvia de febrero de 2019 hacia el comportamiento previo. Sin duda, ha sido la lluvia lo que más efecto ha producido en los niveles de este sector.

Figura 6-25: Niveles medidos en el núcleo del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

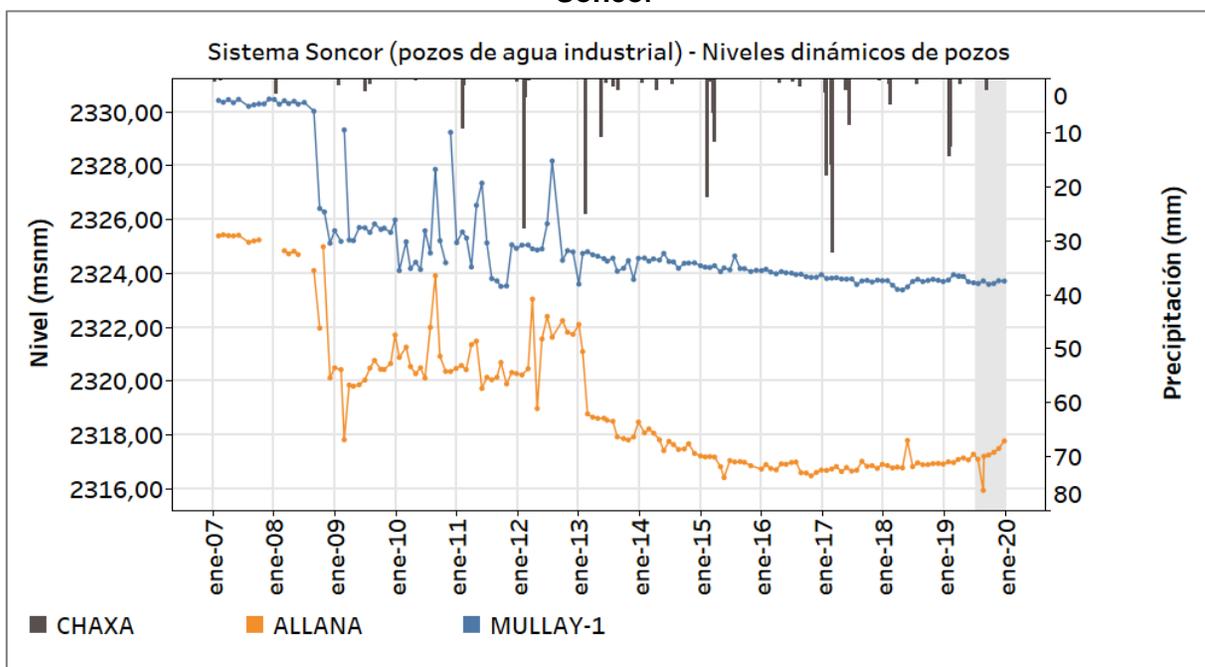
Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

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 6-26 se muestran los niveles registrados para estos pozos. Puede verse como la tendencia de ambos es de descenso, como se viene reproduciendo en el acuífero aluvial desde incluso antes del inicio de la operación de los pozos de agua industrial por parte de SQM. La pendiente del Mullay-1 es mayor que la del Allana.

Esto es debido a que el área de influencia de los pozos industriales se sobrepone entre ellos, por lo que el pozo Allana se ve influenciado también por la extracción del pozo Camar-2. De hecho, puede verse como la pendiente del Allana tiene un punto de inflexión al inicio del año 2017 que se explica por la detención del pozo Camar-2.

Para el periodo de reporte, se mantiene la pendiente del Mullay-1, mientras que para el Allana se observa cómo se incrementa levemente la pendiente de ascenso.

Figura 6-26: Niveles dinámicos medidos en los pozos de agua industrial del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

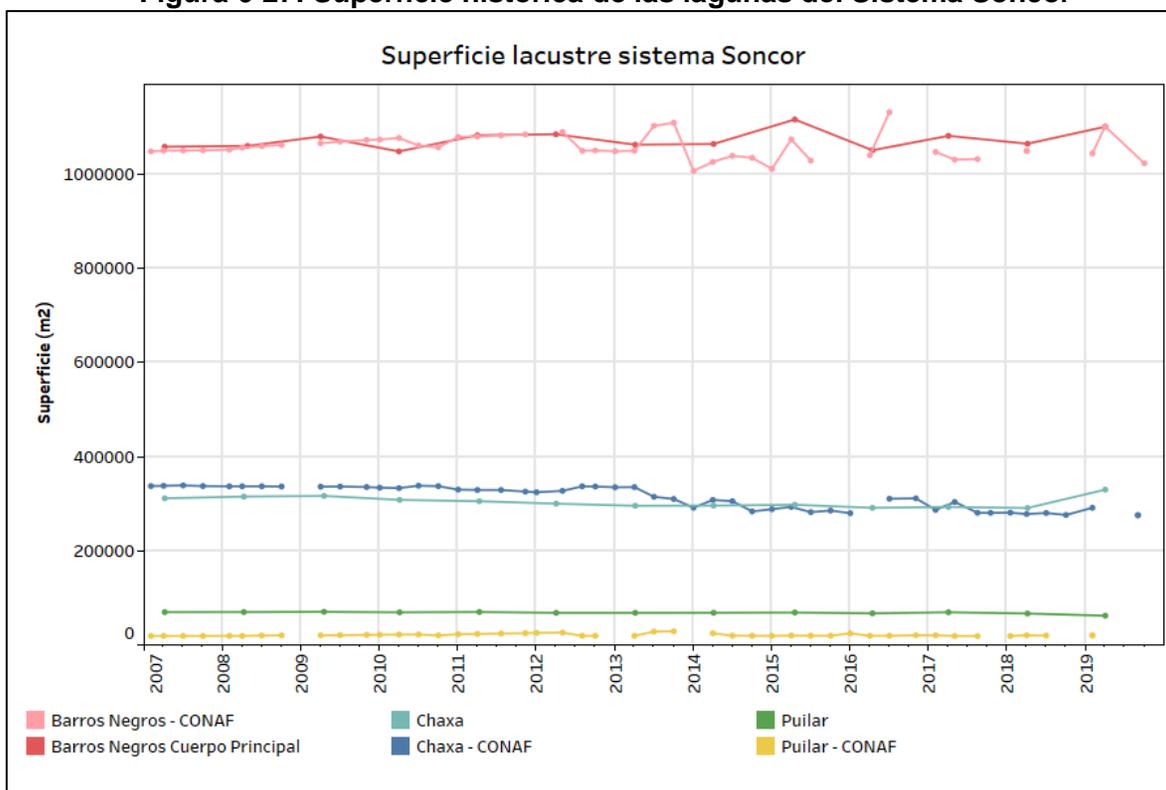
Superficie de los sistemas lacustres

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 satelitales⁵⁸ y estacas perimetrales.

⁵⁸ Para el presente semestre de reporte no corresponde reportar la superficie mediante imagen satelital, ya que se efectúa el primer semestre de cada año.

La Figura 6-27 muestra la evolución temporal de la superficie lacustre del sistema Soncor. Durante el segundo semestre de 2019 se visualizan las mediciones realizadas mediante estacas perimetrales en las lagunas Barros Negros y Chaxa. Al comparar las mediciones por imágenes satelitales con las de estacas perimetrales se puede señalar que para el caso de las lagunas de Barros Negros y Chaxa no se observan diferencias sistemáticas entre ambas metodologías, mientras que para el caso de Puillar, las mediciones efectuadas por CONAF⁵⁹ son consistentemente menores debido a que esta última solo corresponde a la superficie del canal de aporte y no al de la laguna como tal, debido que fue incorporado inicialmente como un seguimiento experimental durante el año 2004, en el informe de Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama.

Figura 6-27: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

⁵⁹ Convenio vigente hasta diciembre 2018.

Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación Chaxa considera la medición de los parámetros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura desde el inicio del proyecto Figura 6-28. La precipitación, evaporación y temperatura son parámetros condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema.

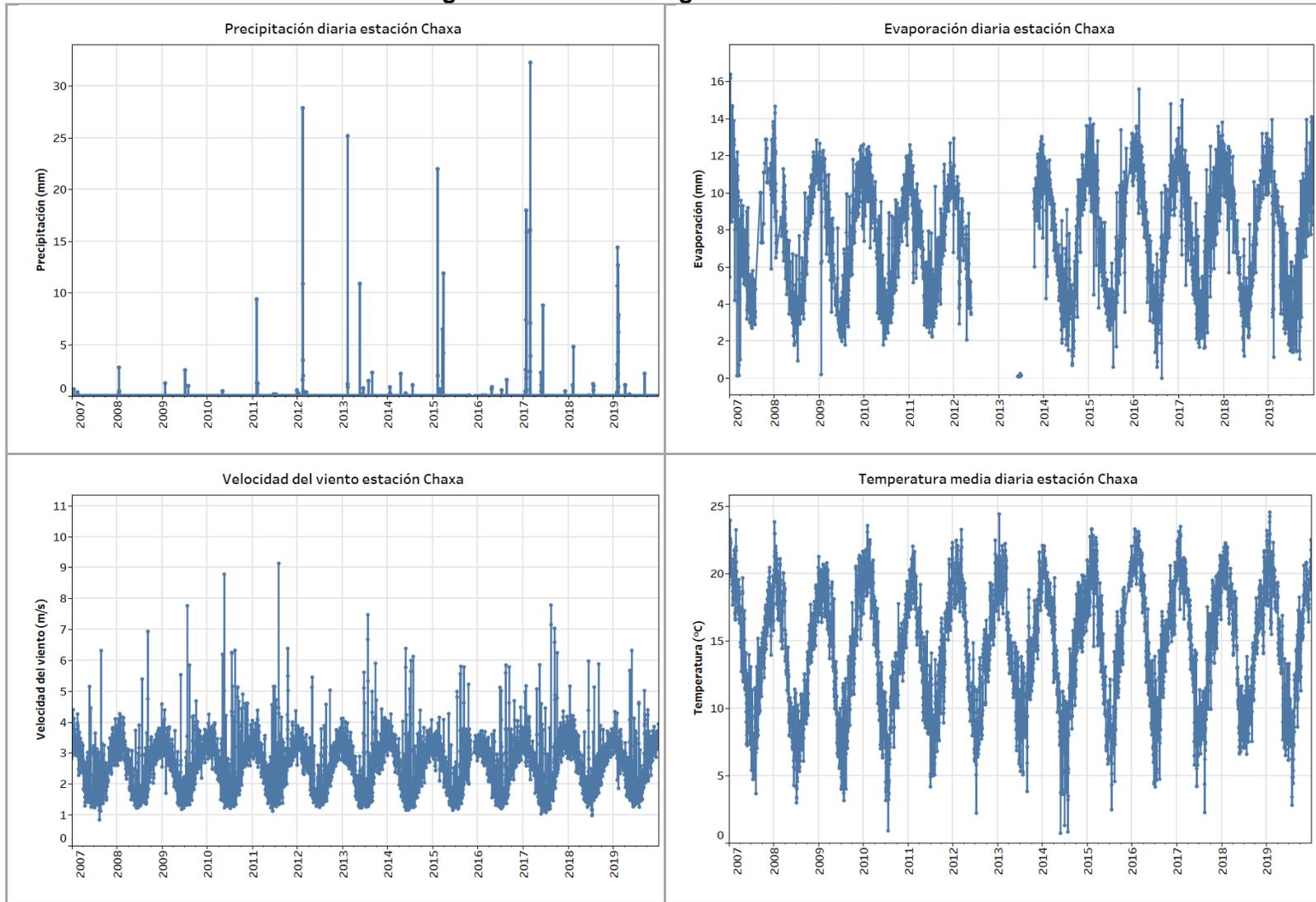
La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. El primer periodo, entre mayo 2007 y diciembre 2011, puede considerarse una época seca. Esto dado que se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 9,4 mm en el mes de febrero 2011. Posterior a esta fecha, desde el 2012 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Esto ocurre principalmente en el primer trimestre de los años 2012, 2013, 2015, 2017 y 2019, alcanzando un máximo histórico de 32,3 mm/día el día 25 de febrero de 2017. Durante el periodo a reportar, se ha registrado un evento de precipitación de 2,20 mm/día el día 8 de septiembre, acumulando un total de 77 mm durante el año 2019.

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 N°10 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 para los meses de abril a diciembre de 2019 debieron ser rellenados⁶⁰.

⁶⁰ Debido a restricciones de ingreso al sector de la estación, los datos de evaporación entre el 01-07-2019 y el 31-12-2019 debieron ser rellenados (ver detalle en Anexo 14.1).

Figura 6-28: Meteorología Estación Chaxa.

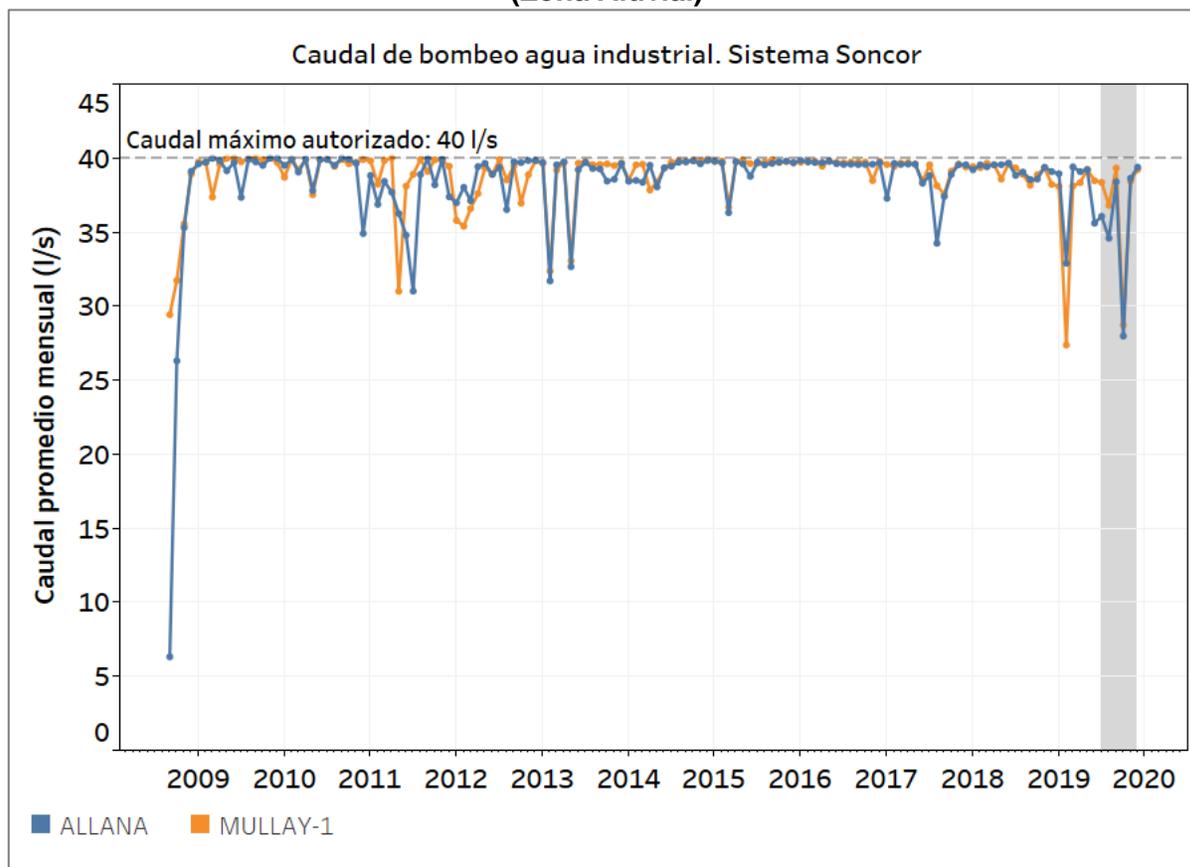


Fuente: Elaboración propia.

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. Desde su puesta en marcha, ambos pozos han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s cada uno), tal como se muestra en la Figura 6-29. Durante el último año el régimen de extracciones disminuye a partir marzo 2019 respecto a la operación de años anteriores, alcanzando valores mínimos de extracción mensual correspondientes a 27,37 L/s para Mullay-1 en febrero y de 27,98 L/s para Allana en octubre.

Figura 6-29: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

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 6-30, Figura 6-31, Figura 6-32, Figura 6-33, Figura 6-34, Figura 6-35, Figura 6-36, Figura 6-37, Figura 6-38, Figura 6-39 y Figura 6-40, 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, respectivamente⁶¹.

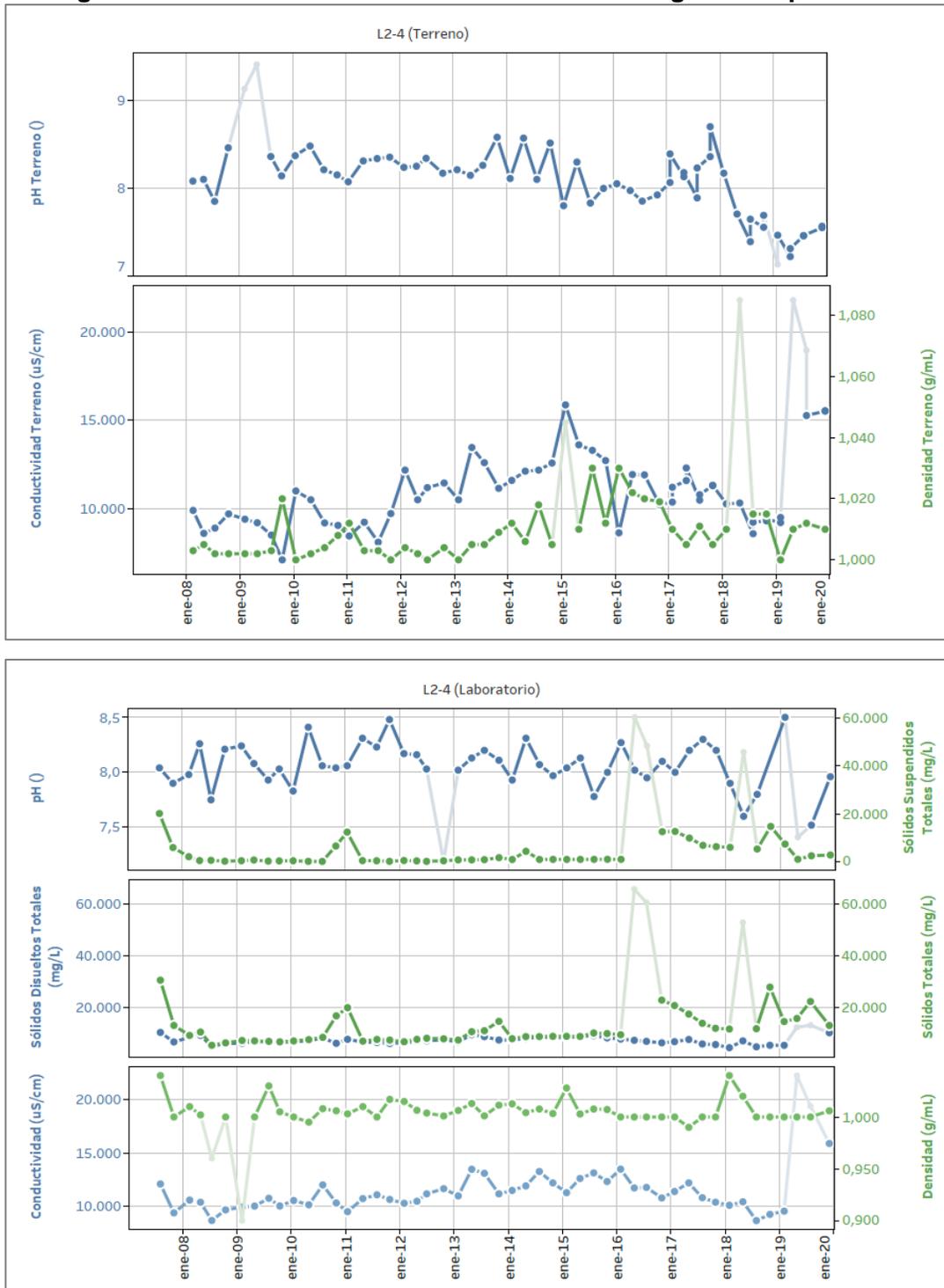
Los pozos de monitoreo ubicados en el aluvial (L2-3) o en la zona marginal próxima al aluvial (L7-3 y L2-4), son los que presentan menores valores de CE ($< 15 \text{ mS/cm}$) y STD ($< 20.000 \text{ mg/L}$) y una densidad muy próxima a $1,0 \text{ g/mL}$.

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 $> 1,2 \text{ g/mL}$, STD $> 200.000 \text{ mg/L}$ y CE $> 200.000 \text{ } \mu\text{S/cm}$) por encontrarse en el núcleo o en la parte más distal de la zona marginal, al oeste del afloramiento de la interfaz salina.

⁶¹ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y STD 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.

Figura 6-30: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4



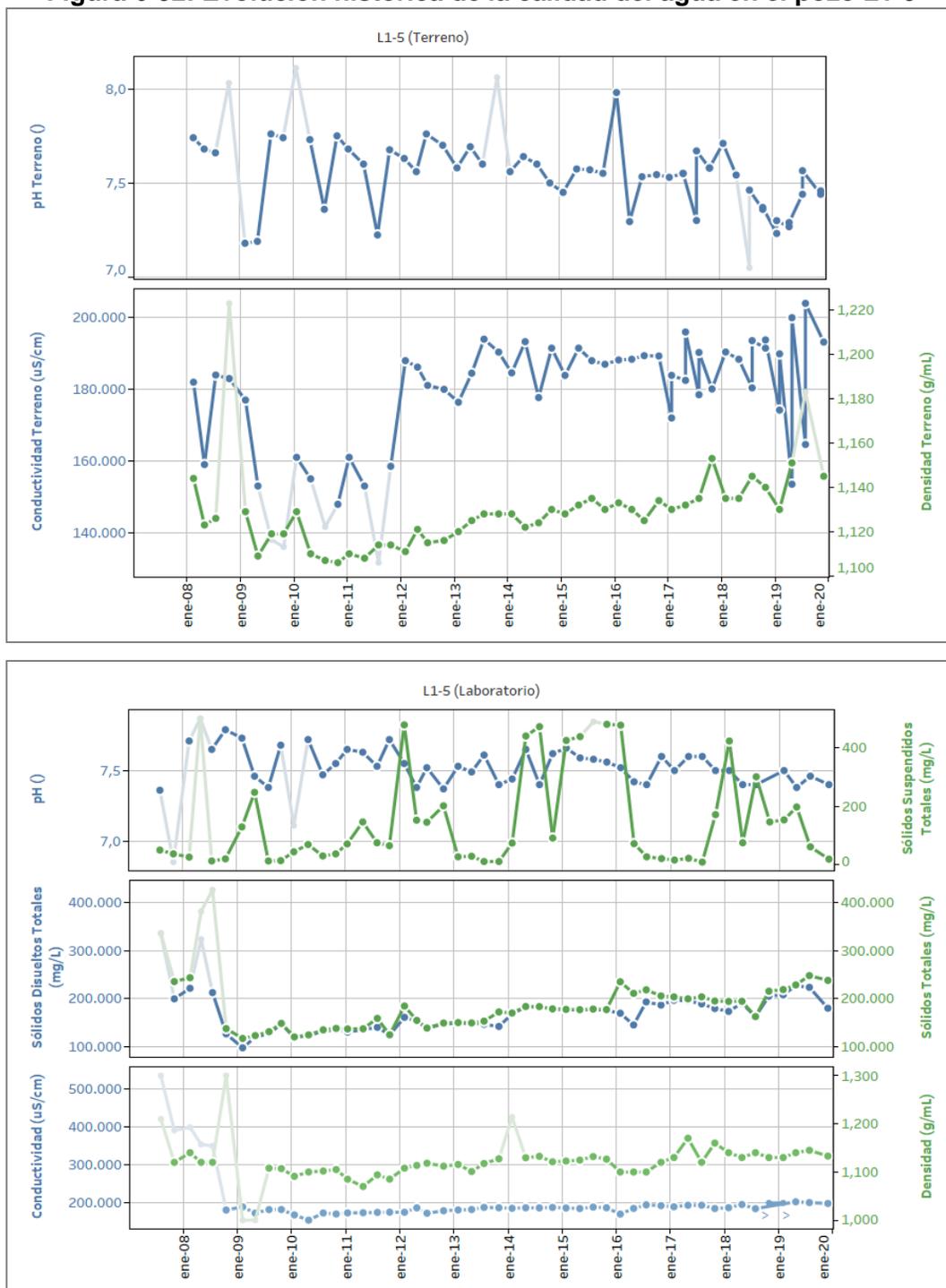
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-31: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4



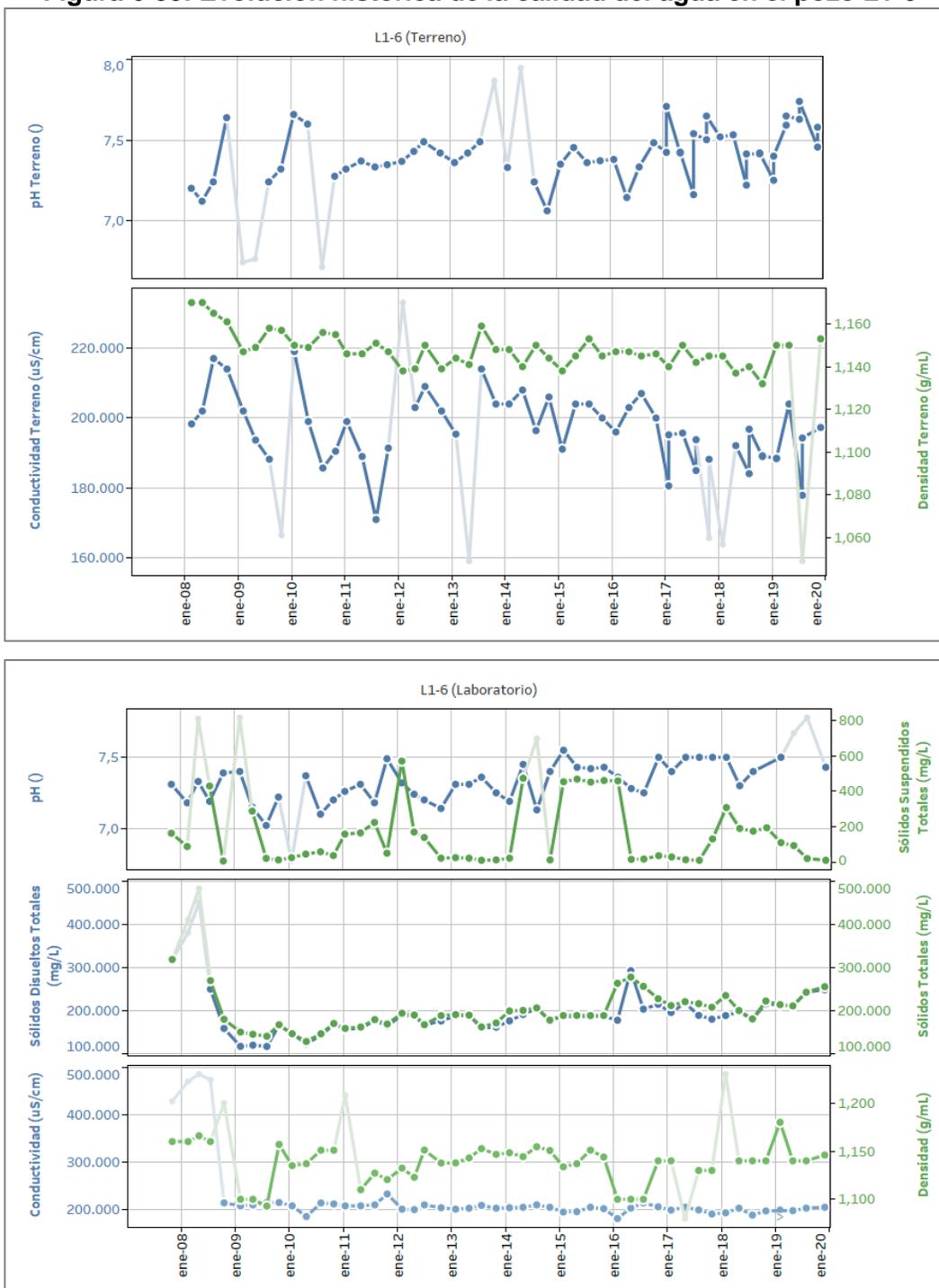
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">". En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-32: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5



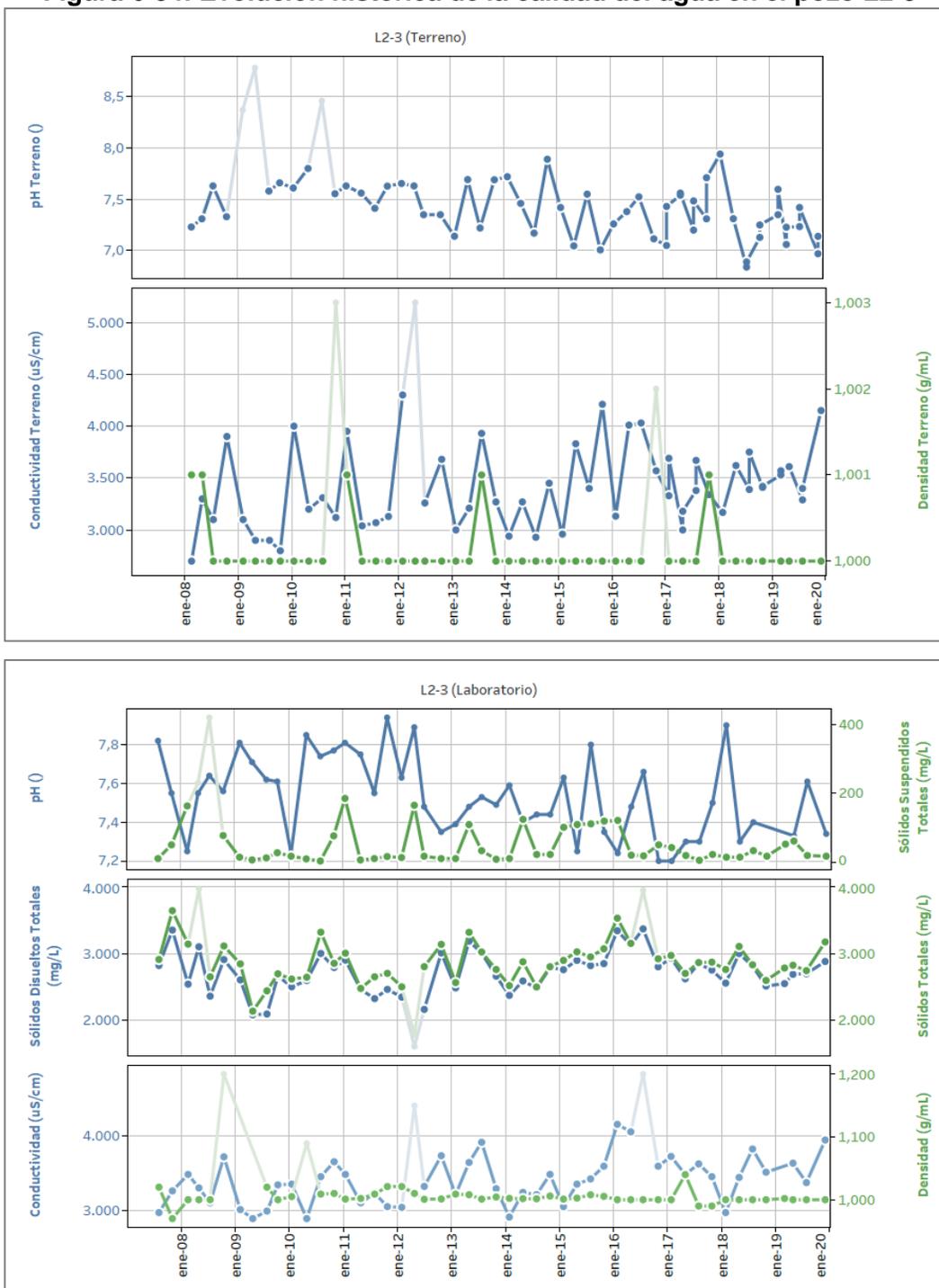
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">". En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-33: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6



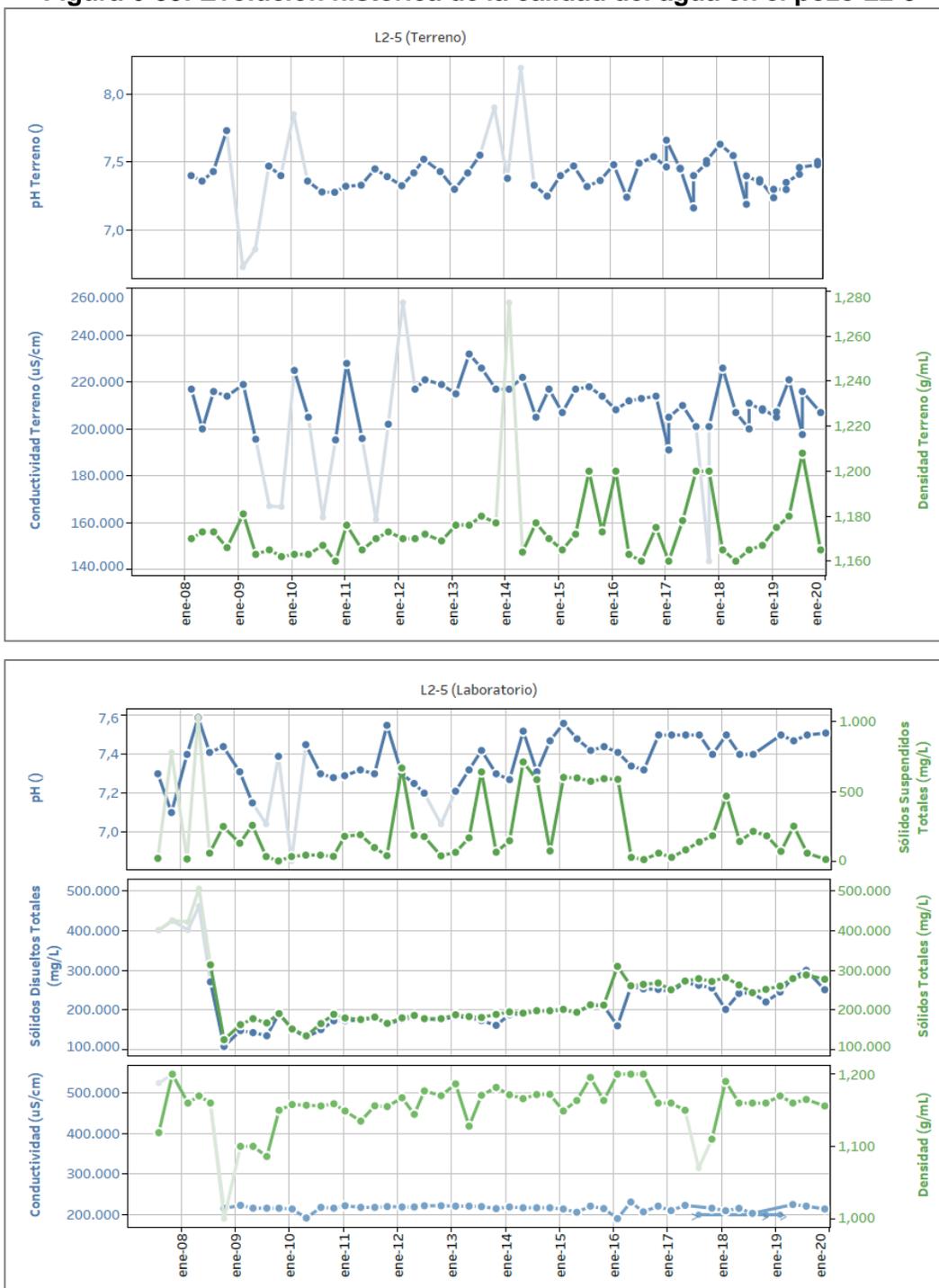
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">". En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-34: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3



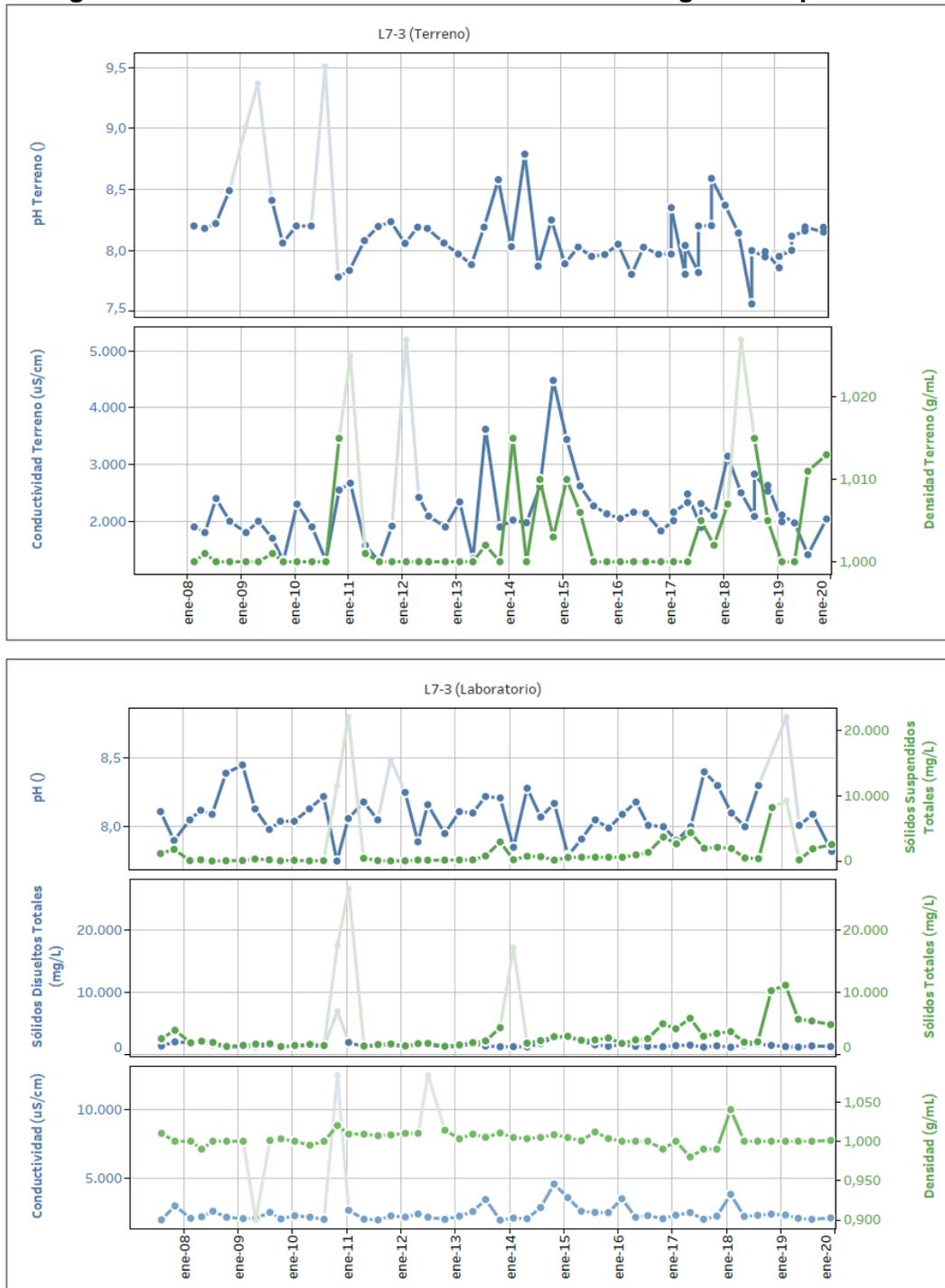
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-35: 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 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3



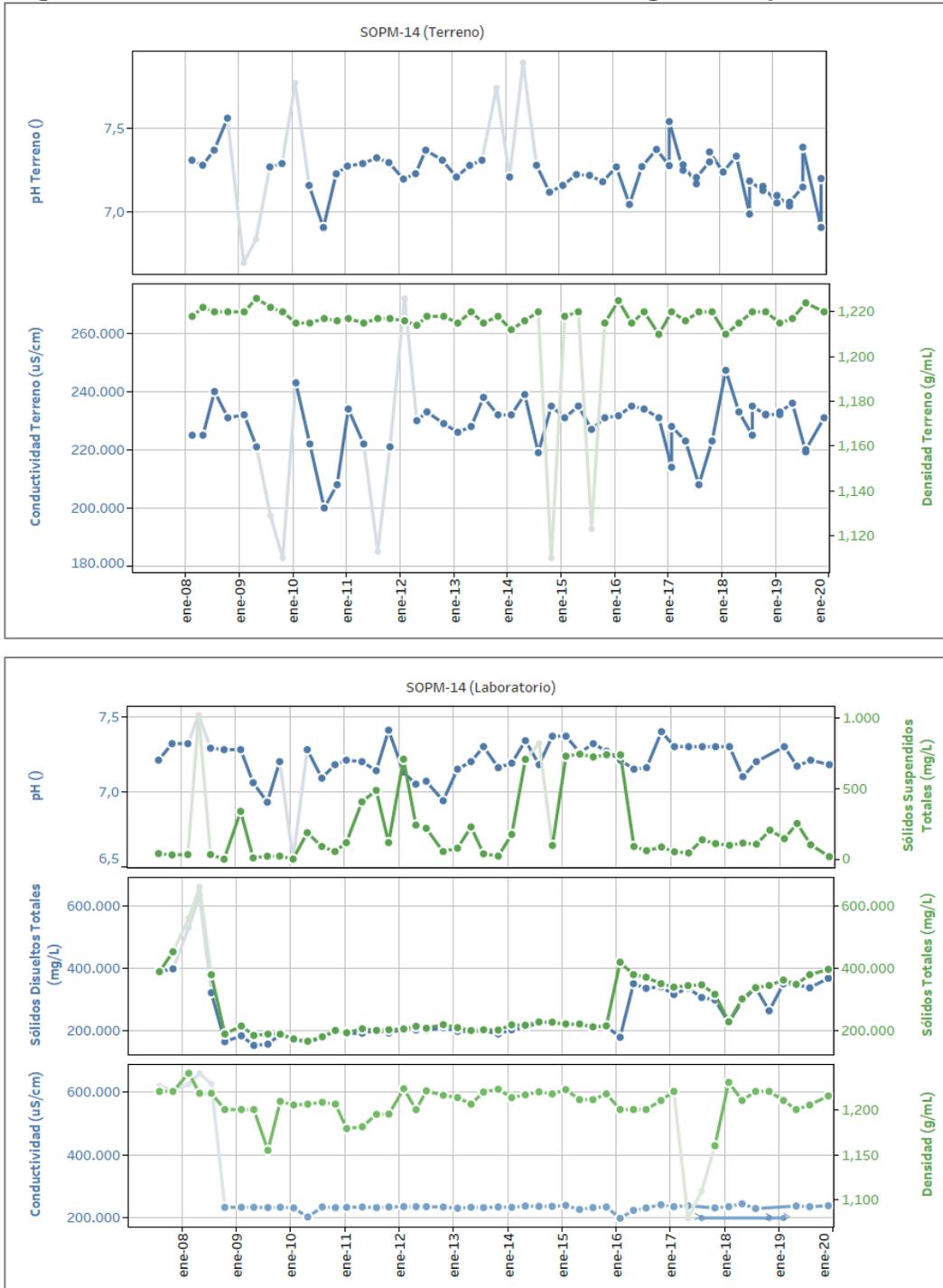
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-37: 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 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14



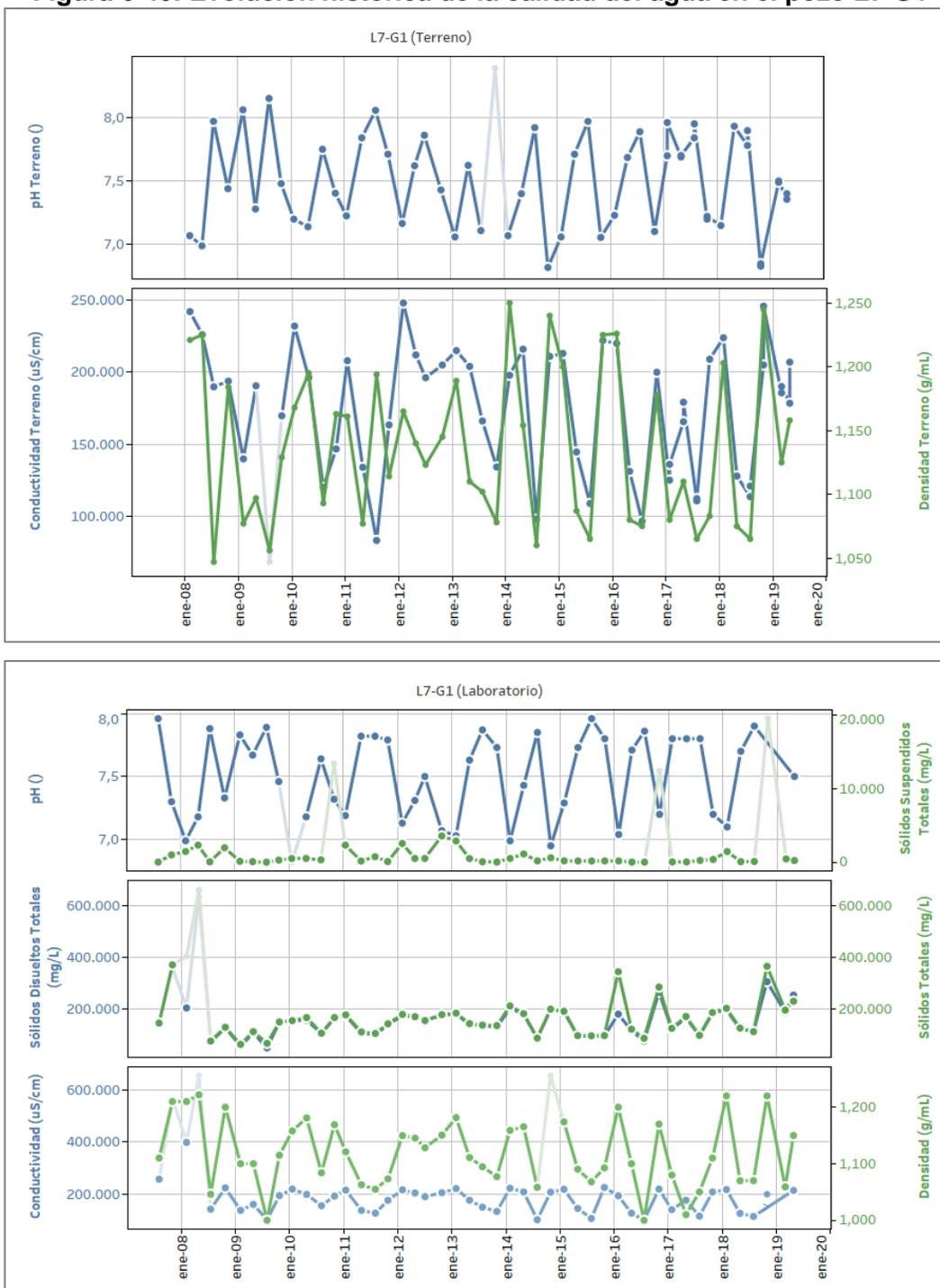
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD o >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">". En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-39: 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 6-40: 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 segundo semestre de 2019 se encontraron dentro del rango registrado históricamente. Las excepciones pueden agruparse en tres tipos:

- posibles errores en las mediciones de laboratorio (mediciones de pH de laboratorio en julio en punto L1-6. Densidad Terreno en julio para L1-5, L1-6 y L7-3 (este último también en noviembre).
- variaciones naturales puntuales: CE y SDT en L2-4 se encuentran sobre el rango histórico desde abril de 2019 (post episodio lluvias), desde ese momento ambos valores han descendido, pero continúan estando en valores superiores al histórico.
- 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 II⁶².

En el pozo L1-6 aumentan los Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Totales, pero el resto de los parámetros se encuentran estables.

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,

⁶² 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.

SOPM-7 (L2-6) y SOPM-14, como se comentó en el apartado 6.1.1 los valores anteriores a 2016 se consideran demasiado bajos para una salmuera en el Salar de Atacama, estimándose correctos los valores posteriores a 2016.

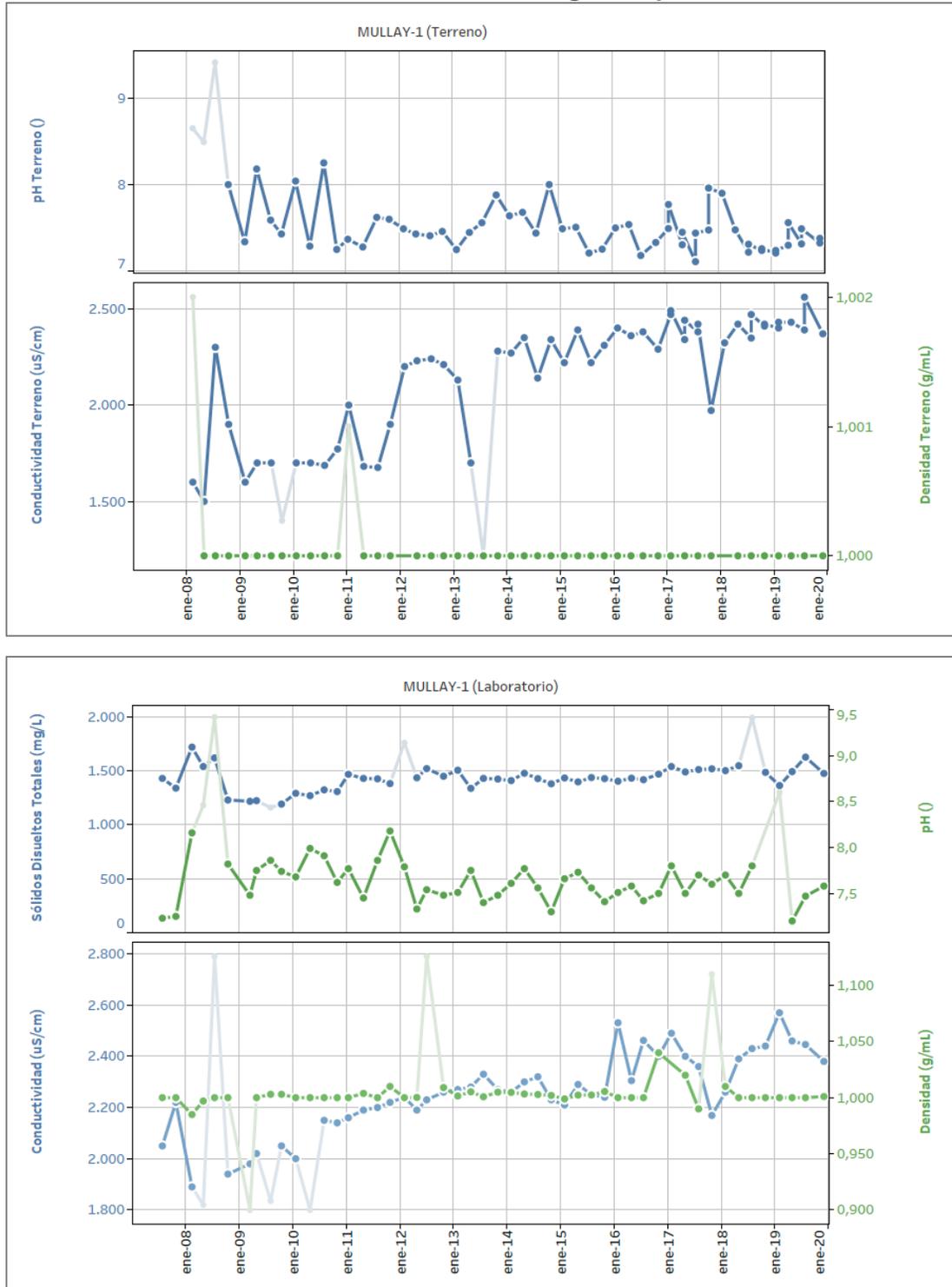
Calidad del agua en pozos de agua industrial

La evolución histórica de los parámetros monitoreados en los pozos de extracción de agua industrial Mullay-1 y Allana se presentan en la Figura 6-41 y Figura 6-42 , respectivamente.

Ambos puntos se encuentran en el acuífero aluvial, caracterizado por presentar una CE y concentración de SDT menores de 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 5.000 mg/L, respectivamente. El modelo conceptual en el acuífero aluvial indica que la dirección de flujo es hacia el oeste, en su trayecto hacia 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

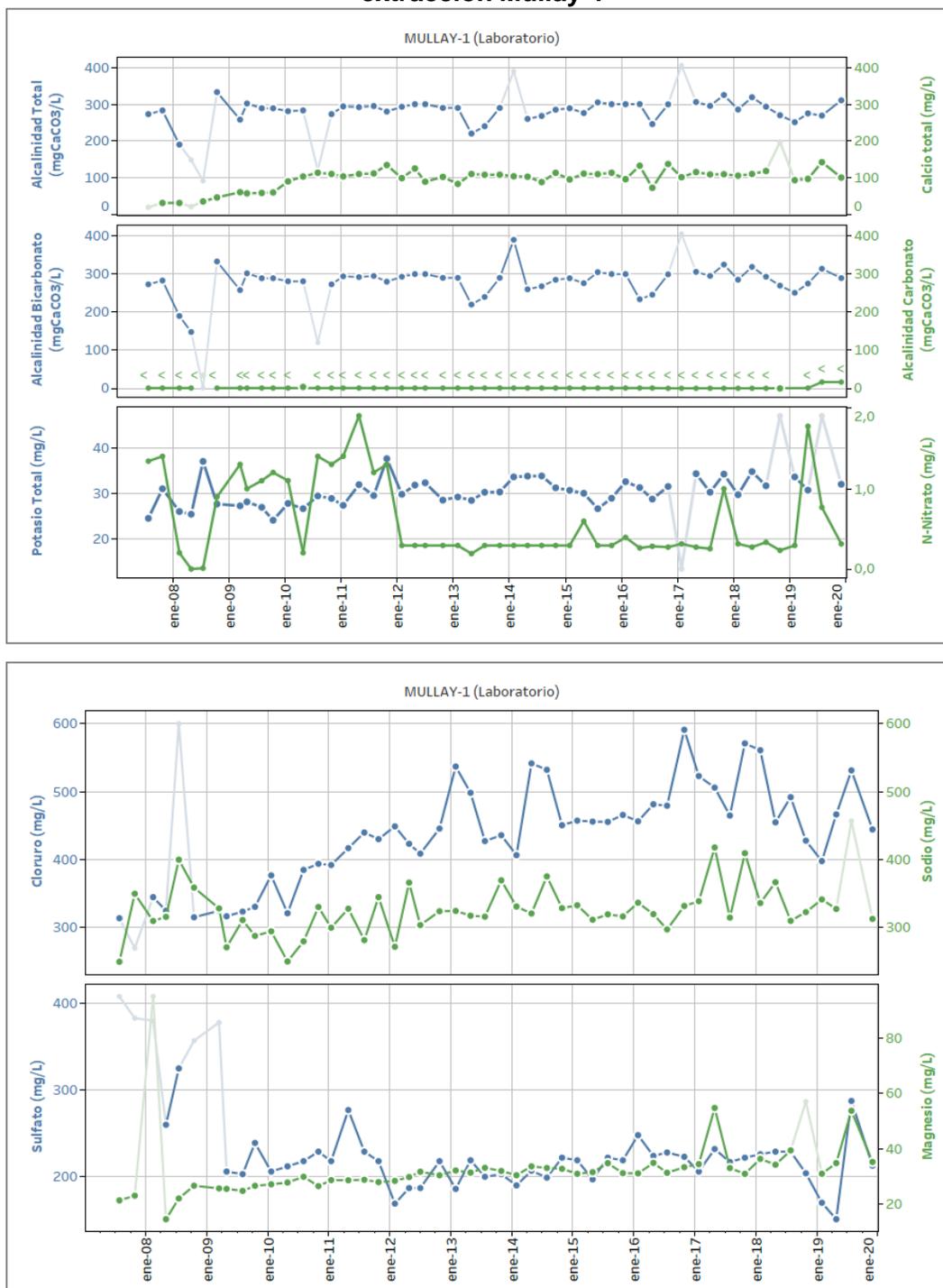
En ambos pozos de extracción la mayoría de las mediciones realizadas el segundo semestre de 2019 se encuentra dentro del rango histórico, con algunas excepciones. En julio de 2019, la conductividad de terreno reportada por el laboratorio ALS para el pozo Allana resultó más baja de lo esperado. Sin embargo, la medición in situ de SQM entregó un valor similar al registro histórico. En julio de 2019, potasio, magnesio y sodio resultaron elevados para ambos puntos en comparación a su registro histórico, alcanzando en algunos casos el valor máximo de la serie. Como se vio en el apartado de resultados (5.1), el balance iónico para Mullay-1 resultó ser de 11% y para Allana de 12%, lo que se considera alto. Estas desviaciones indican que los aumentos en las concentraciones se encuentran asociadas a la incertidumbre del laboratorio en sus resultados para julio de 2019. Corroborando esta hipótesis, puede verse que en noviembre de 2019 estos parámetros entregaron resultados similares al registro histórico.

Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1



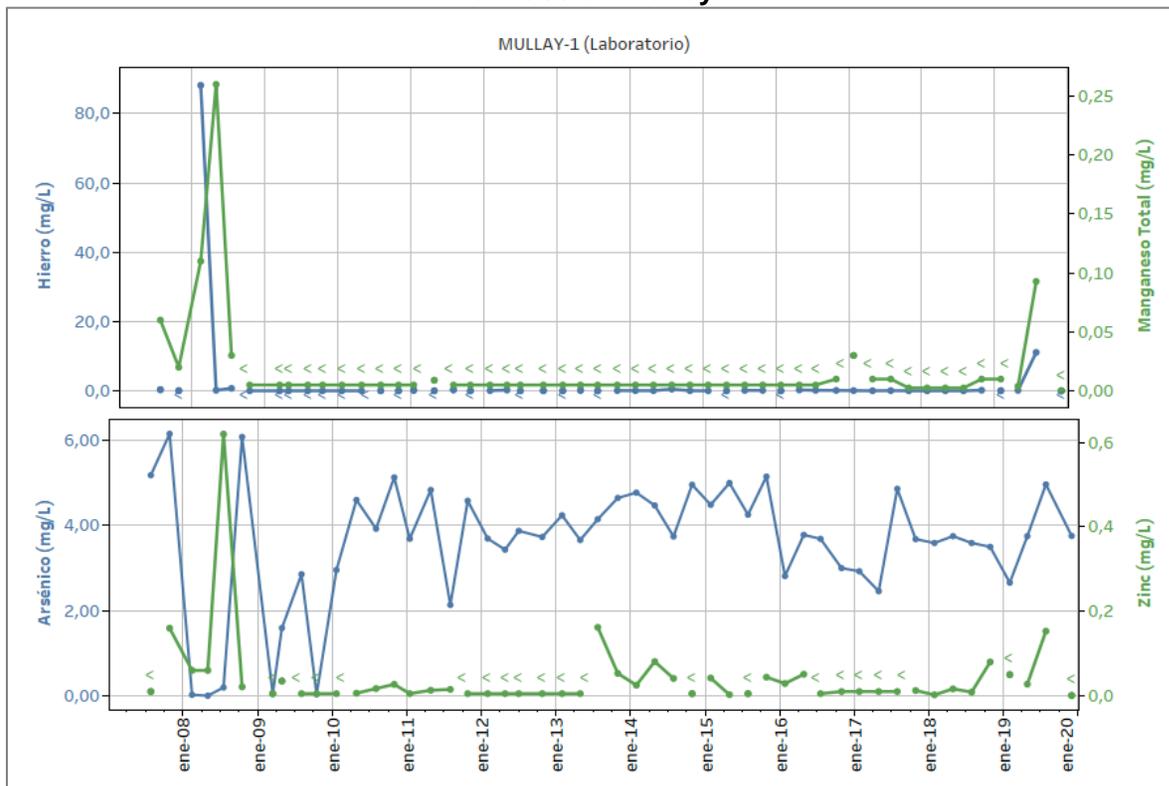
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-41 (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 6-41 (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 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana

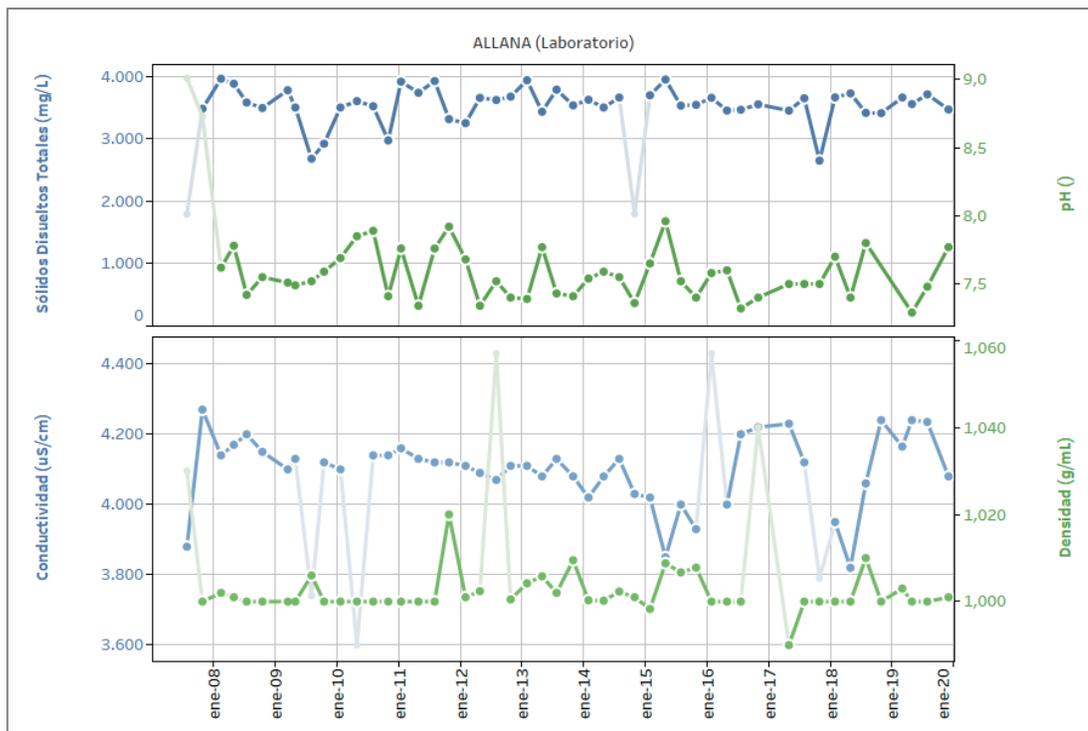
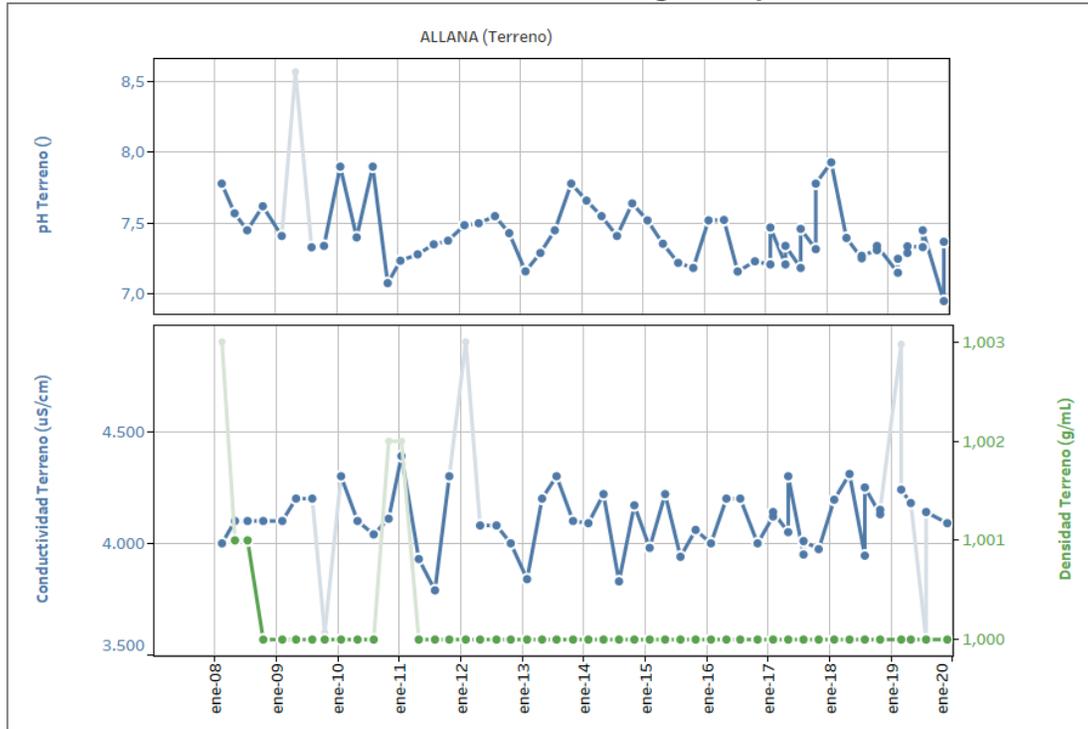


Figura 6-42 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana

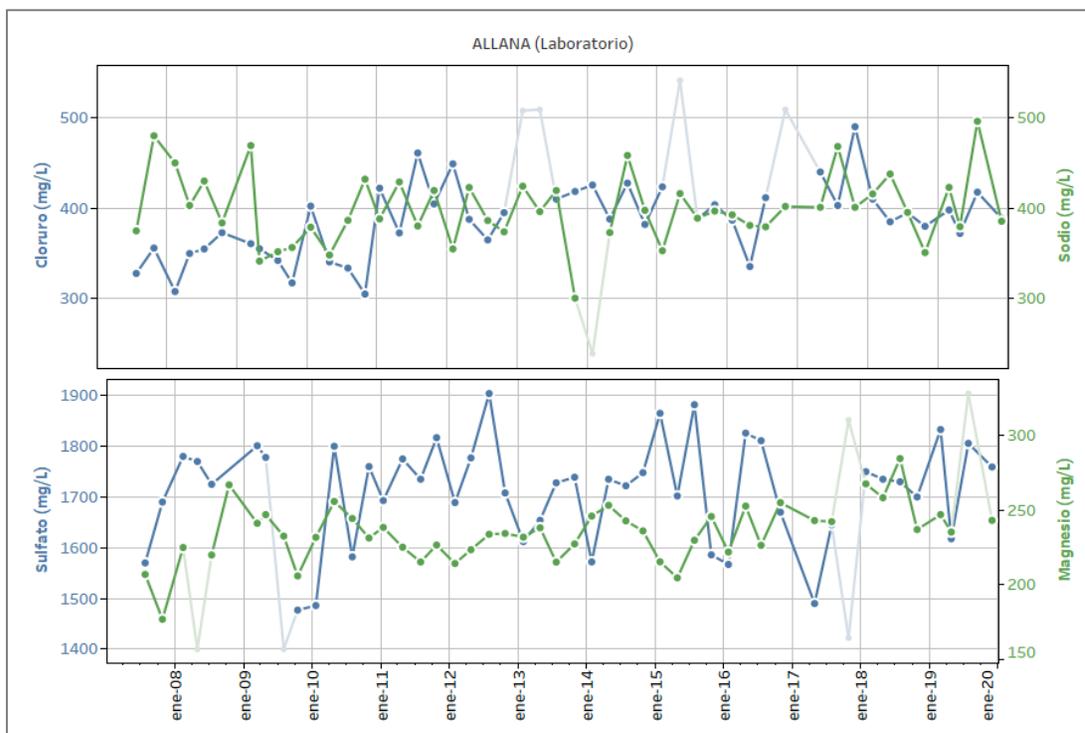
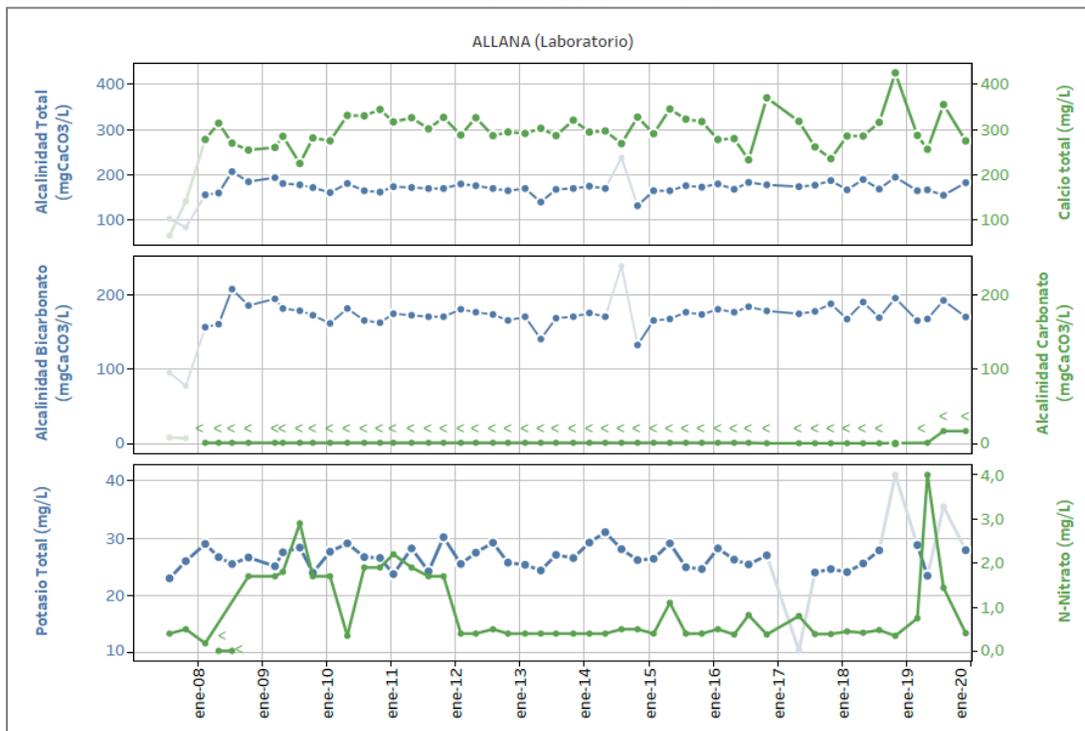
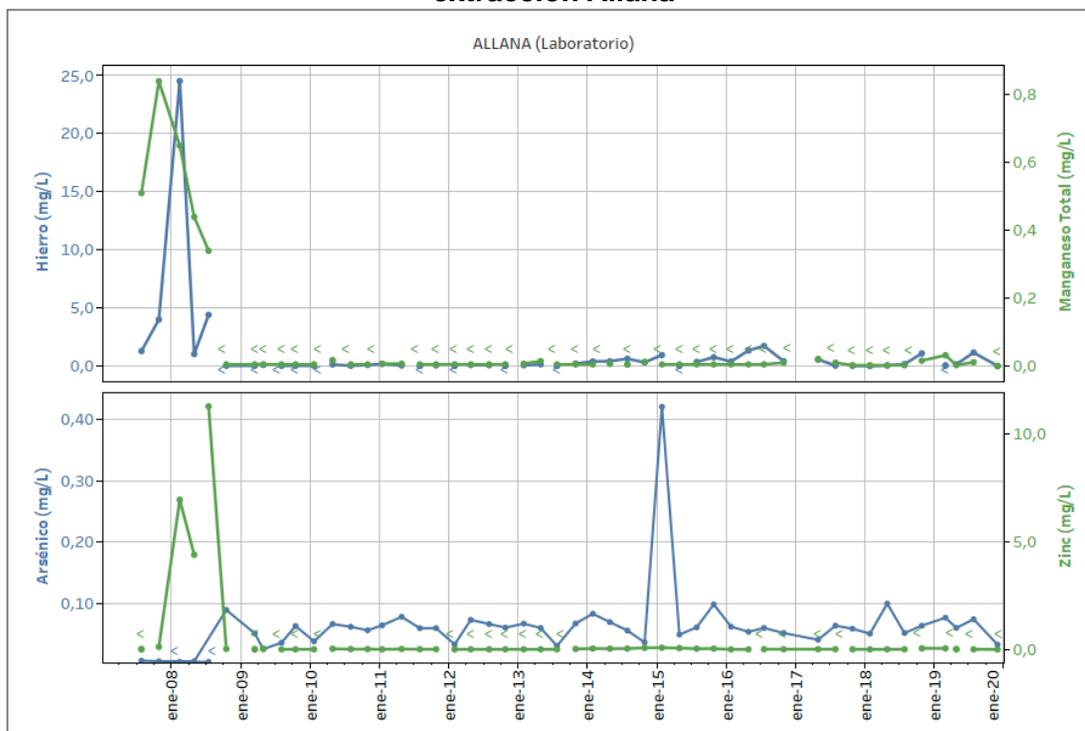


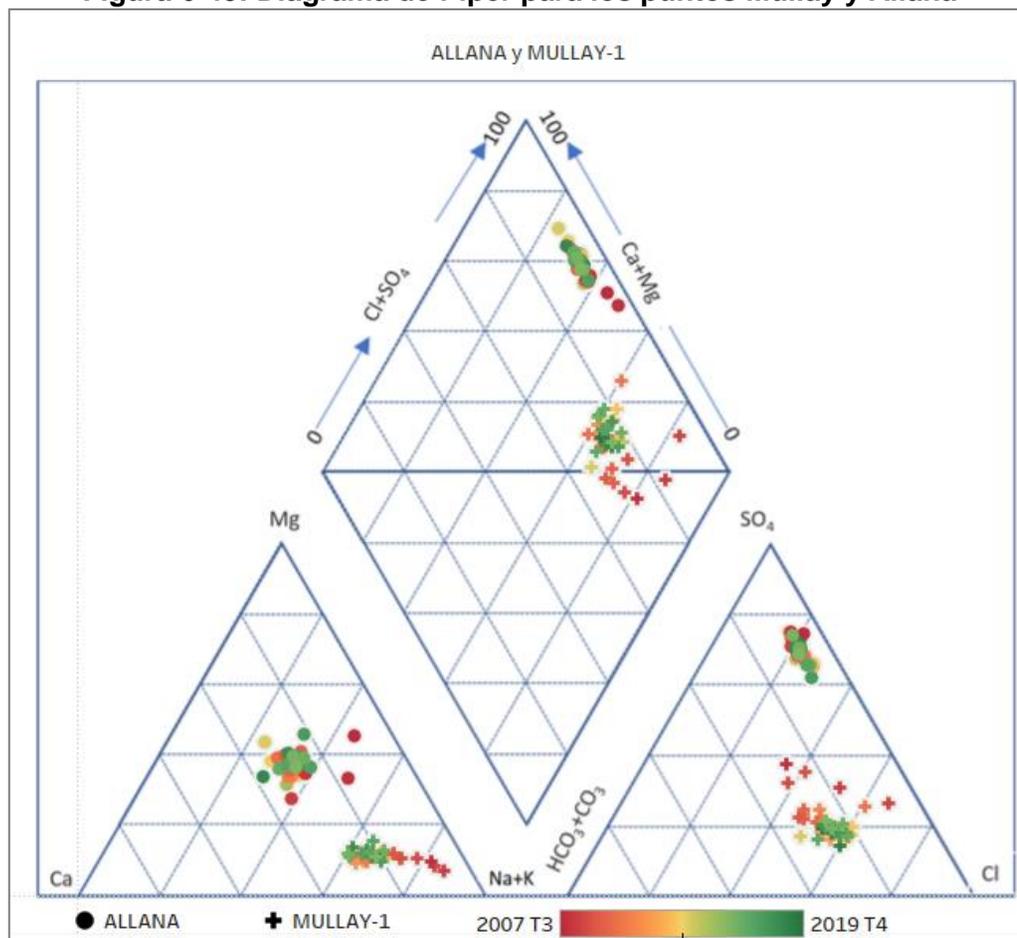
Figura 6-42 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana



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 6-43 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 6-43: Diagrama de Piper para los puntos Mullay y Allana



Fuente: Elaboración propia

Respecto a tendencias temporales, en la Figura 6-43 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 6-43) 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 6-44, Figura 6-45, Figura 6-46 y Figura 6-47 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). Desde los informes de CONAF, “Habitat y población de avifauna en el Salar de Atacama” se ha podido completar la serie de evolución temporal entre 2002 y 2007 para los parámetros del exconvenio CONAF.

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 segundo semestre de 2019 se encuentran dentro de la variación histórica para cada punto, sin evidenciarse ningún comportamiento de tendencia.

Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto

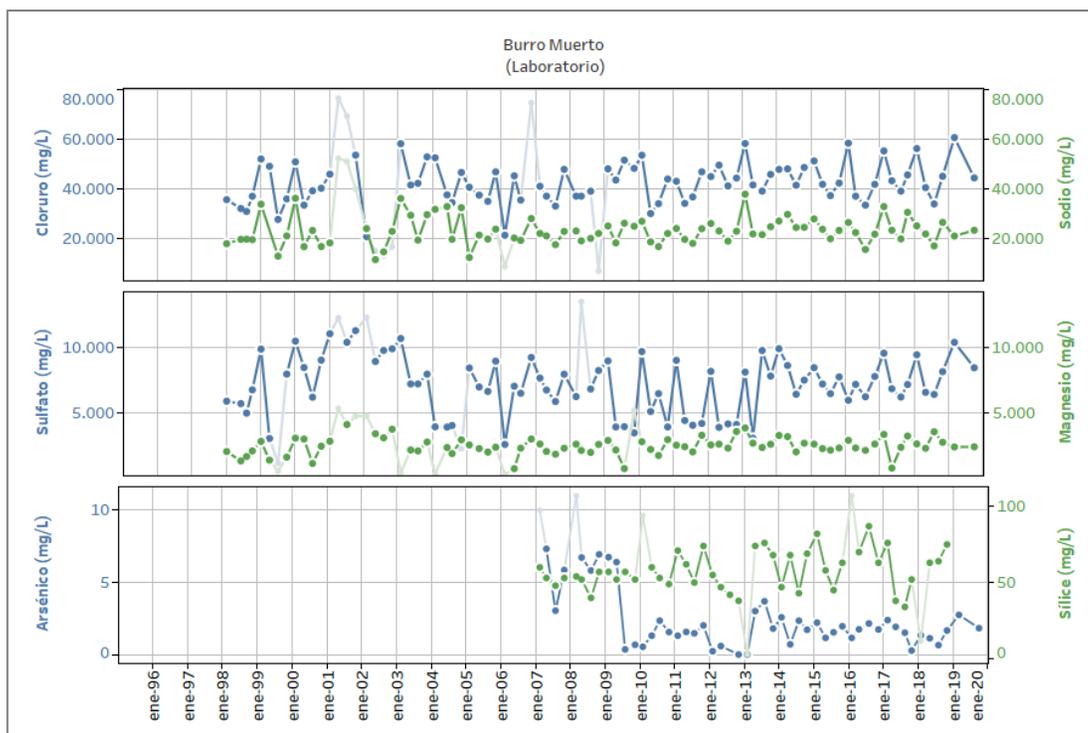
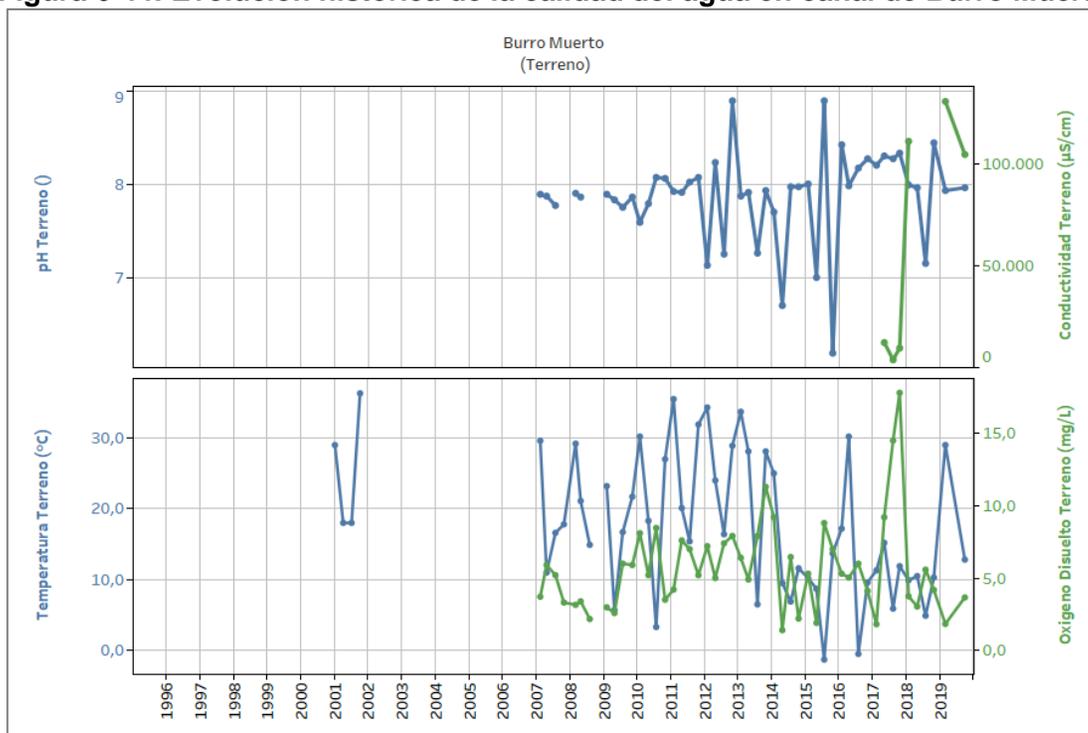
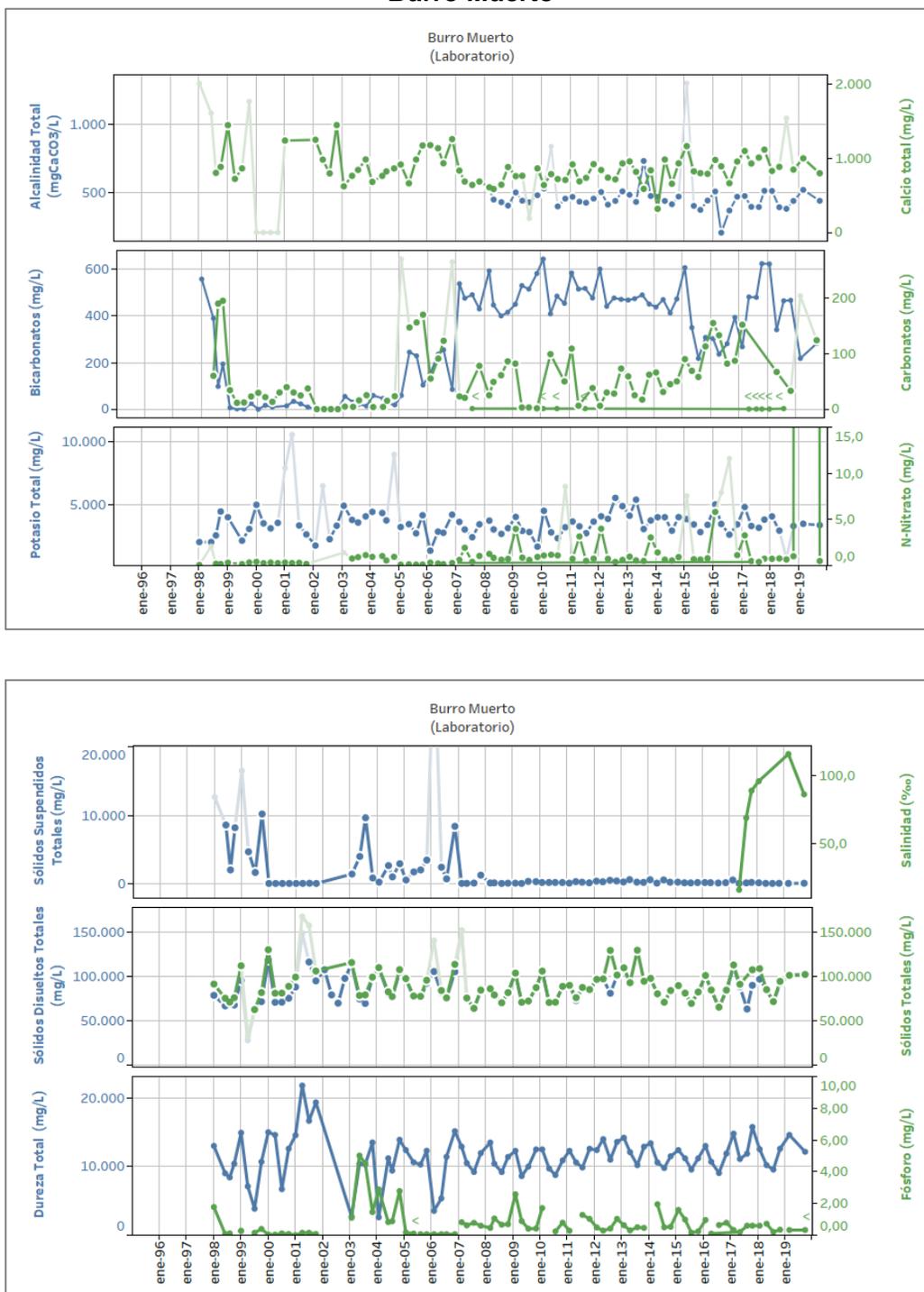


Figura 6-44 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en canal de Burro Muerto



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 (1325mg/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 6-45: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

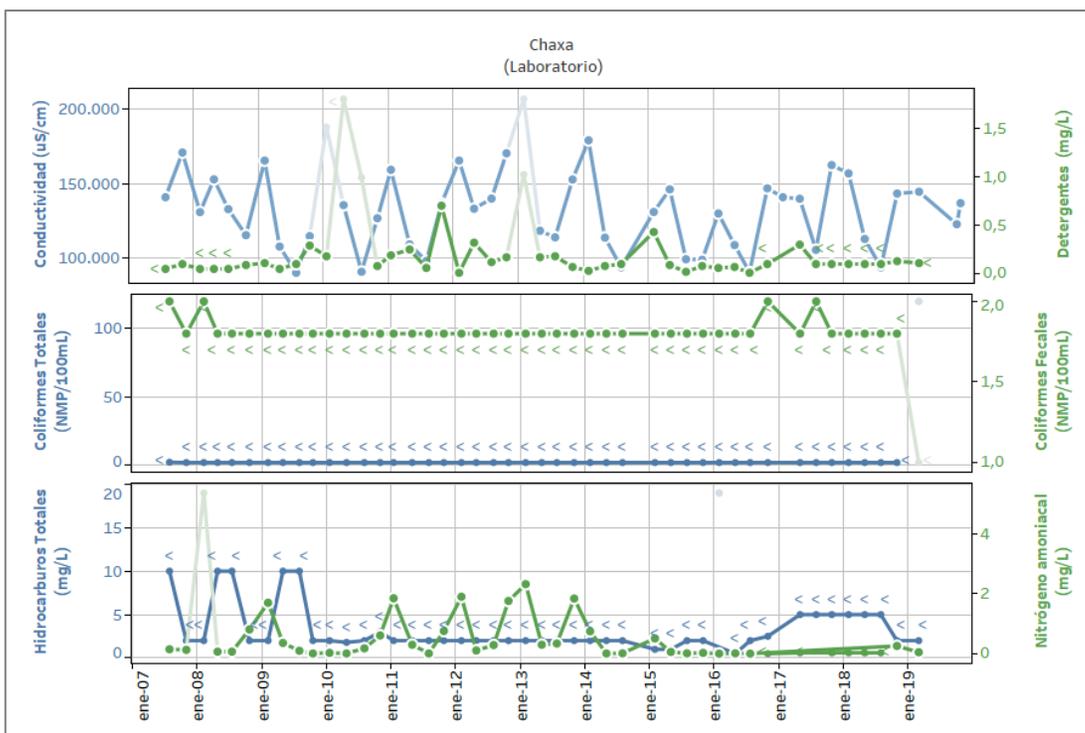
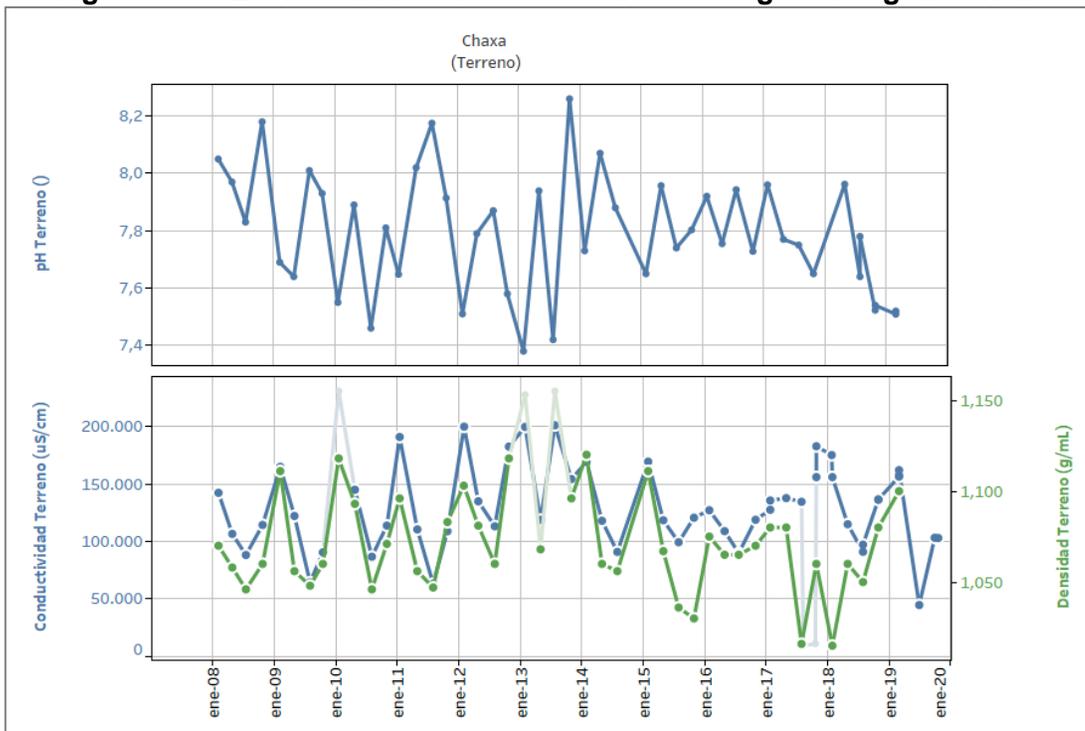


Figura 6-45 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

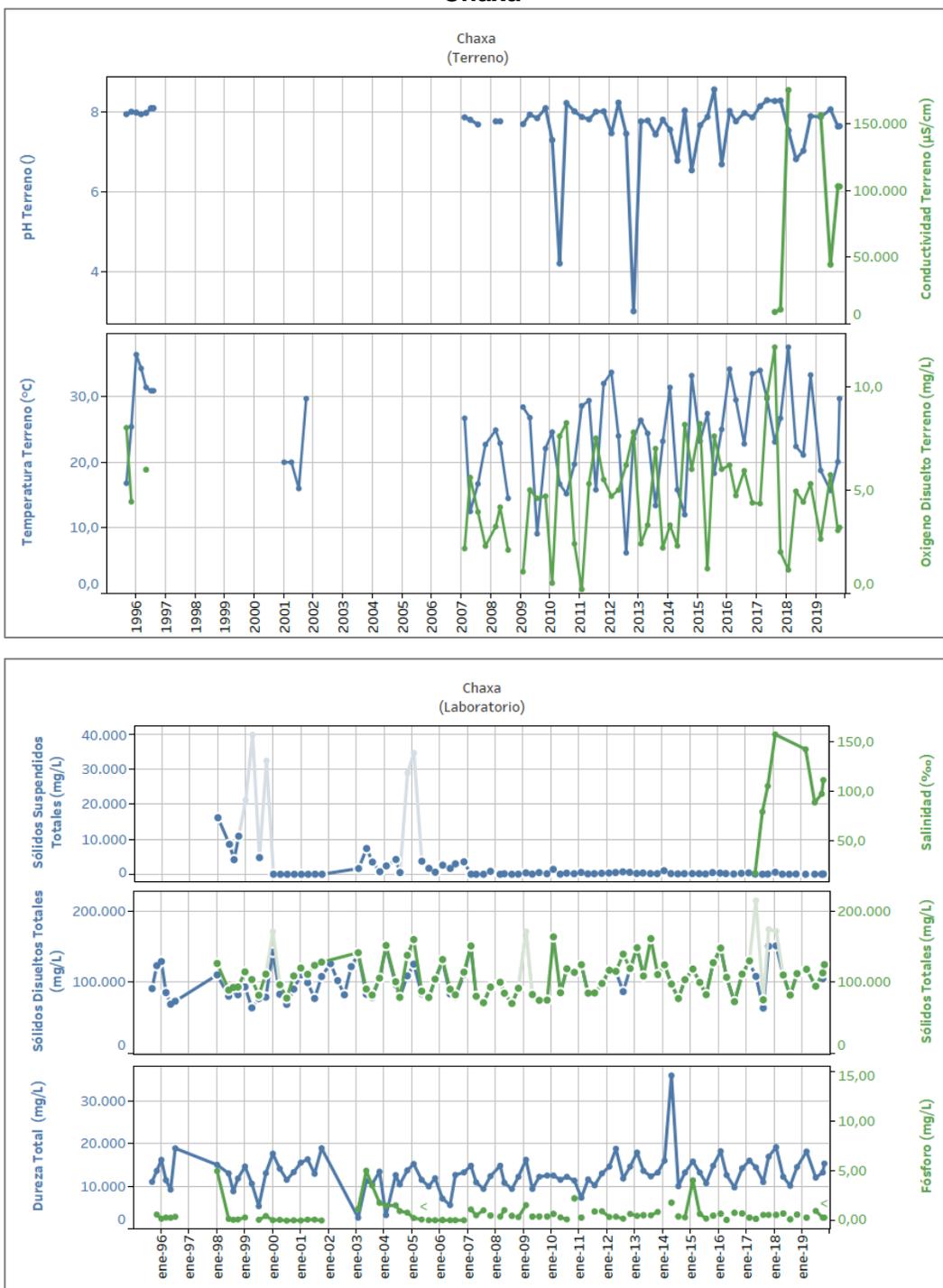
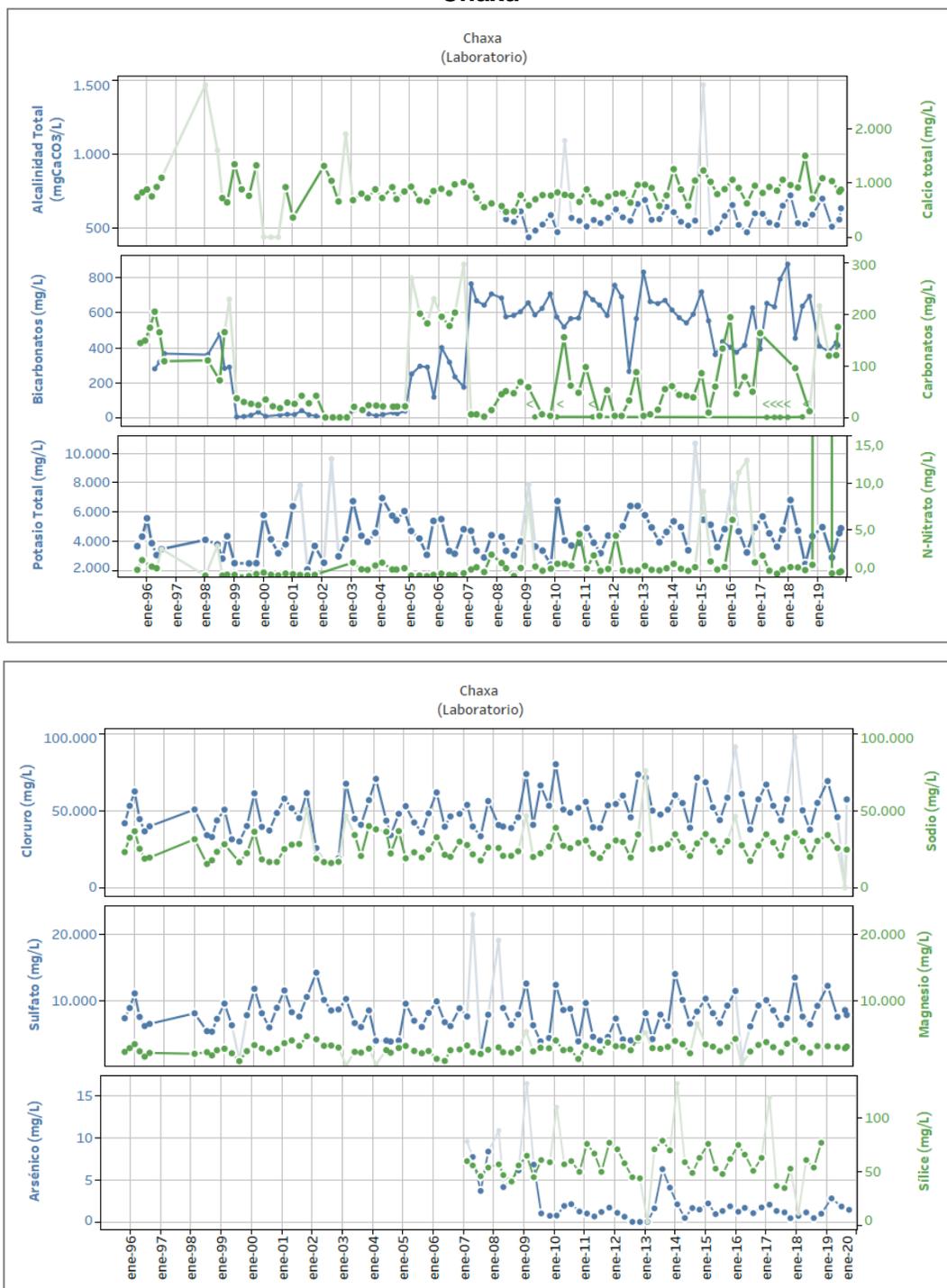


Figura 6-45 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa



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 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

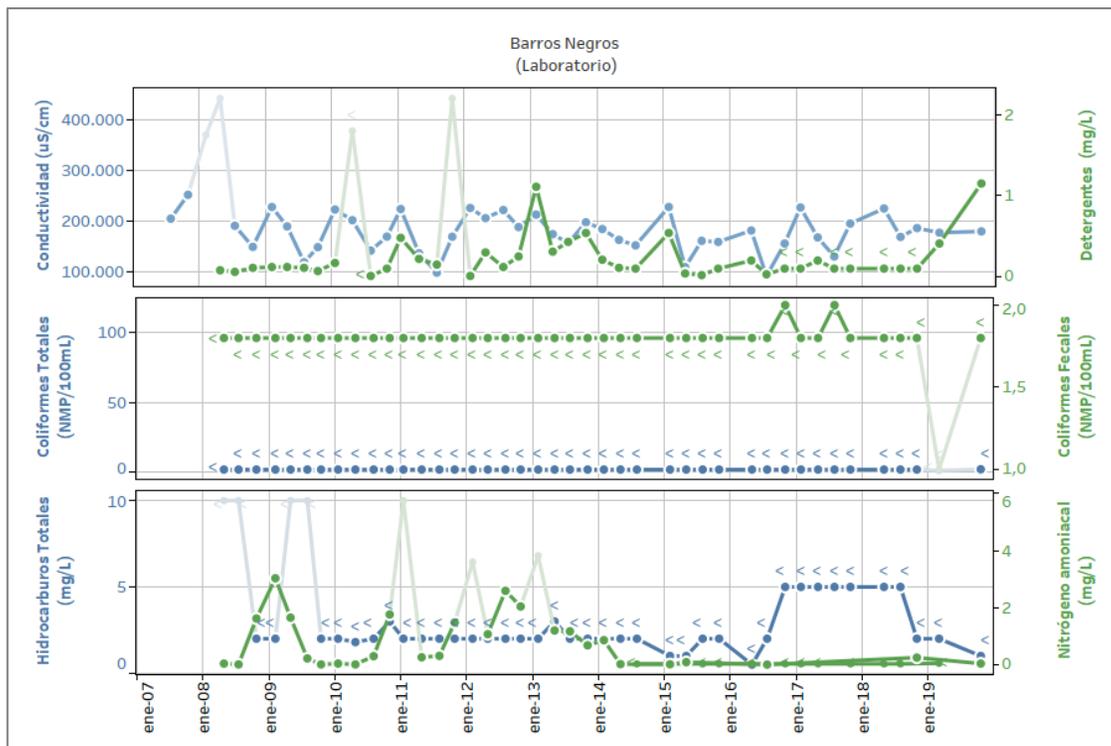
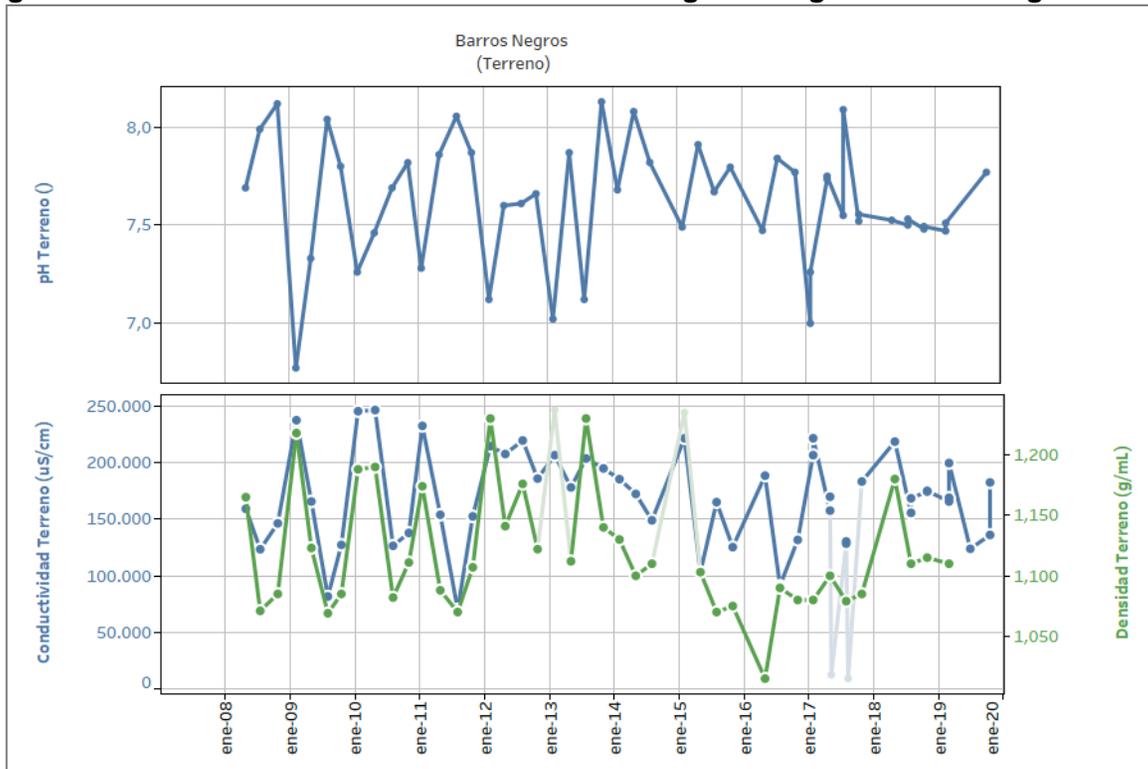


Figura 6-46 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

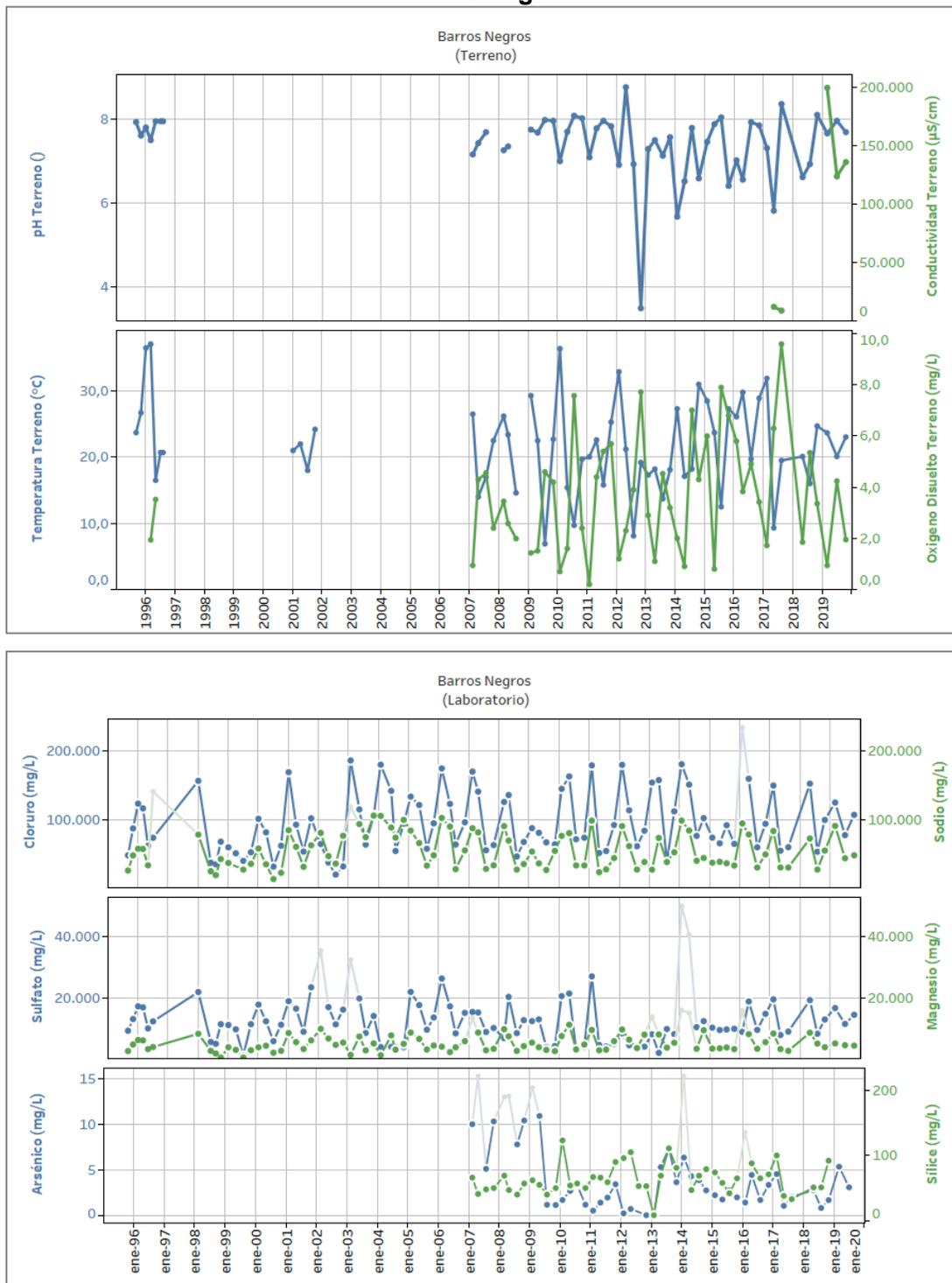
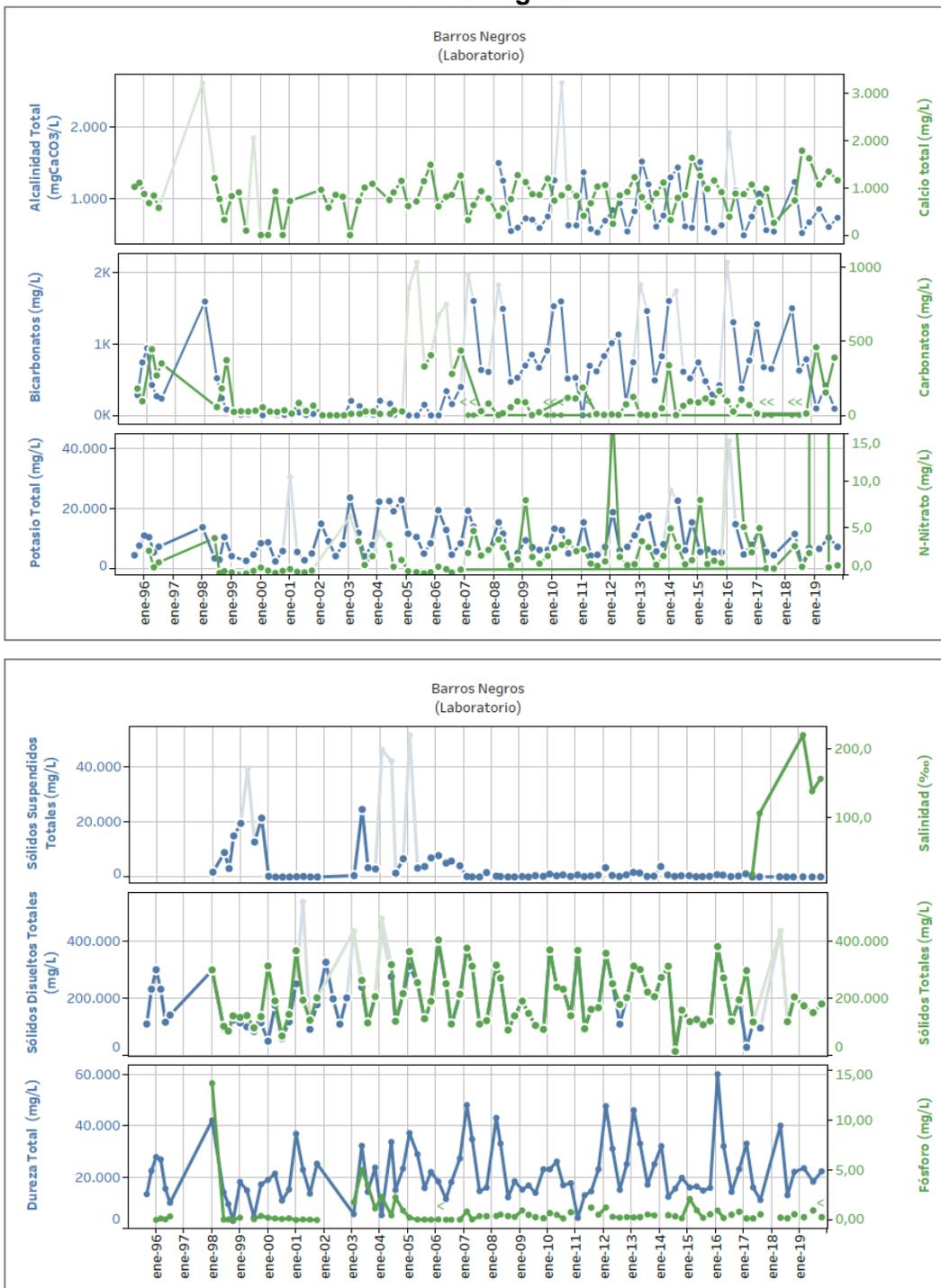


Figura 6-46 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna
Barros Negros



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 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar

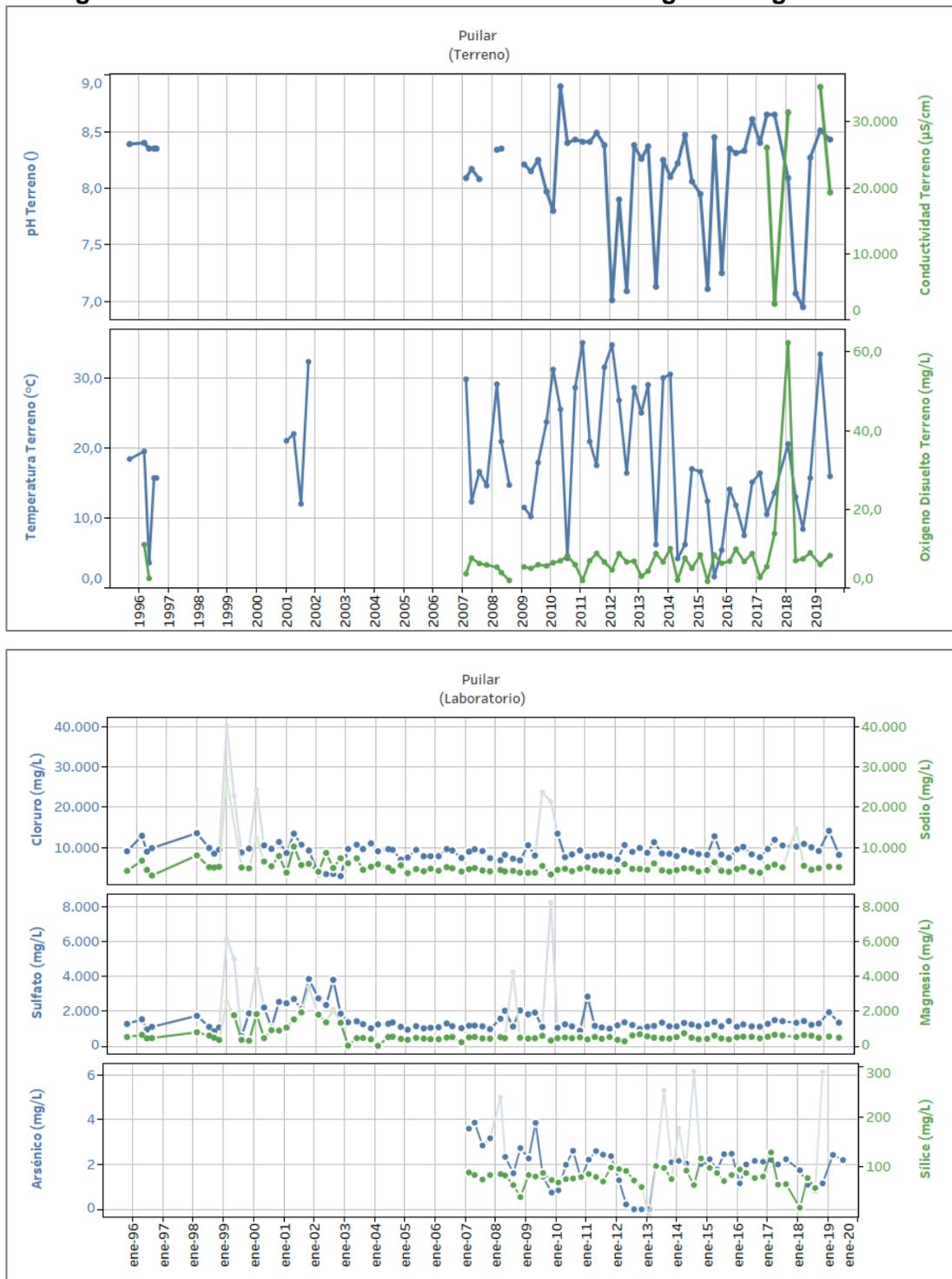


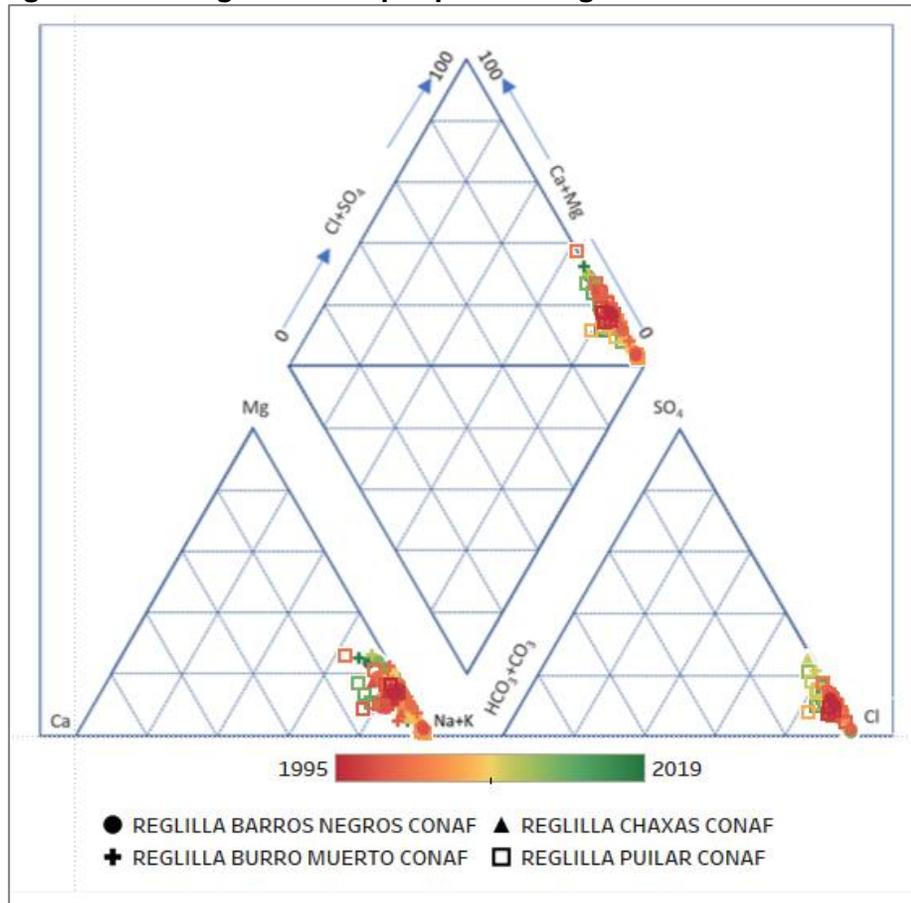
Figura 6-47 (Continuación): Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar



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.

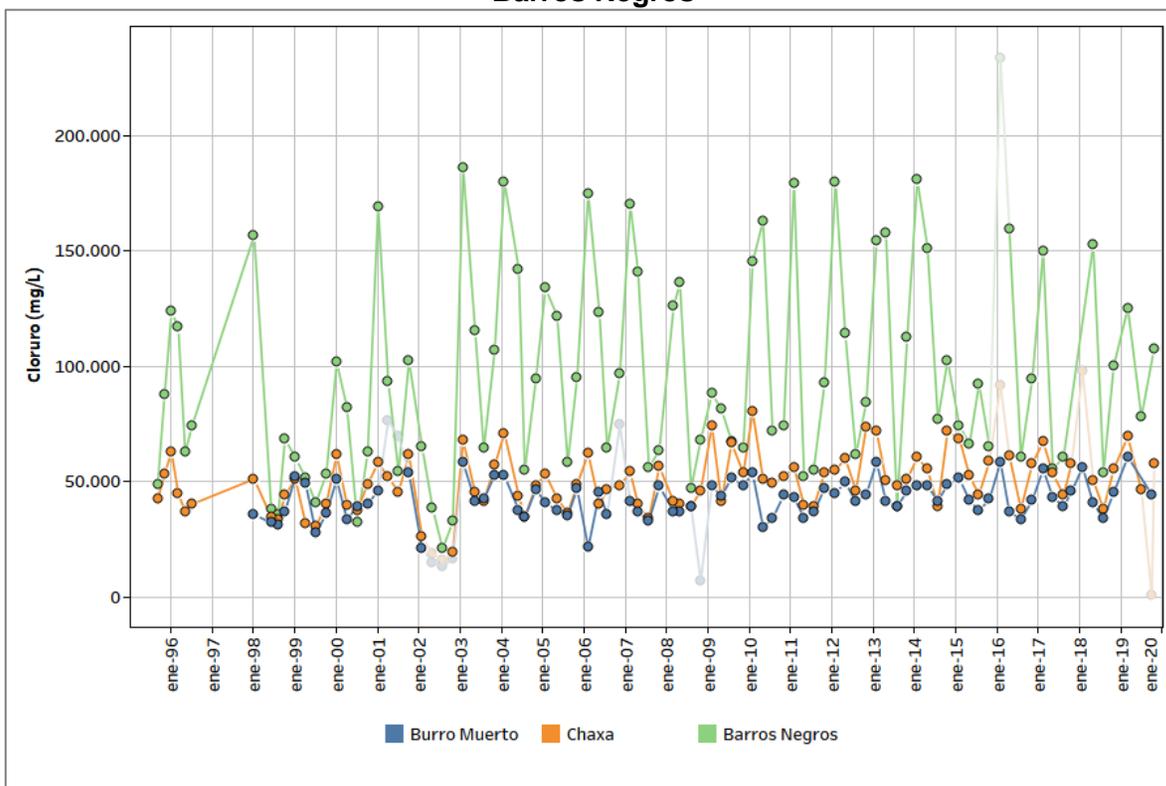
En cuanto a las características generales, en la Figura 6-48 se observa el diagrama de Piper para los cuatro puntos de agua superficial en sistema Soncor. Se encuentran representadas todas las muestras que entregaron resultados de balance iónico menor que 10% (considerando para el cálculo metales totales). 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 6-48: 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 6-49), debido fundamentalmente a 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 6-49: concentración de cloruros en canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros

Fuente: Elaboración propia

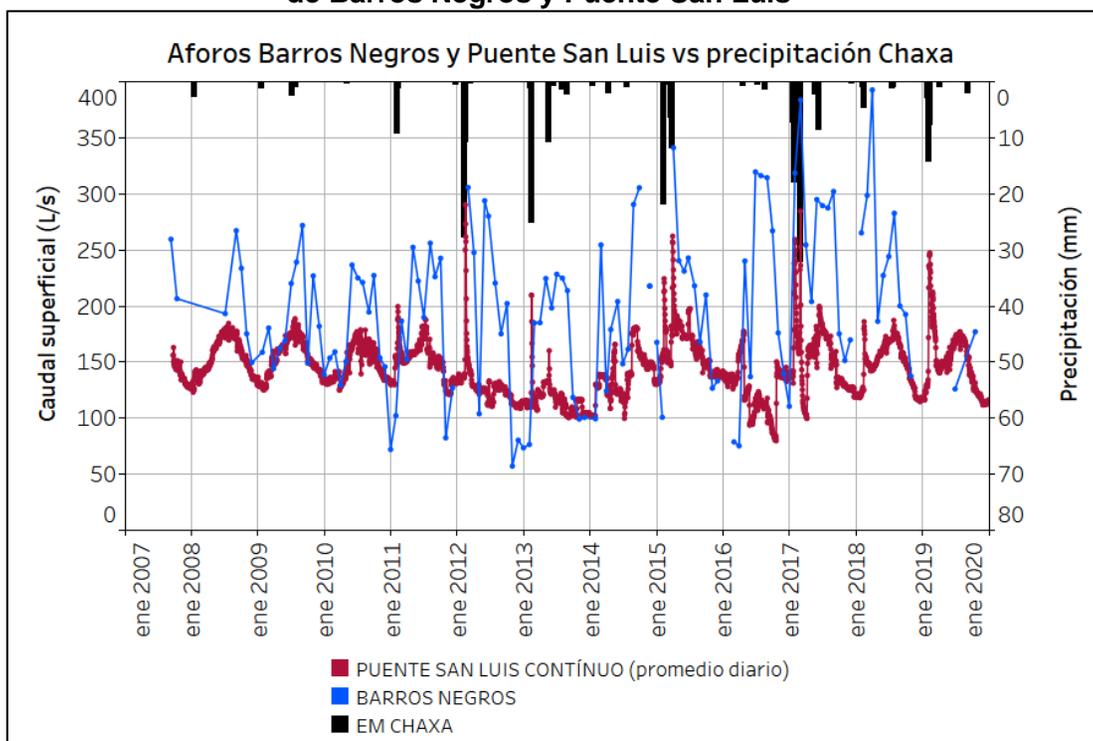
Caudal de recarga superficial (aforos)

Como ya se ha indicado en capítulos anteriores, la red de monitoreo de la variable *Caudal de recarga superficial a sistemas lacustres* del Sistema Soncor está compuesta por las estaciones de aforo Puente San Luis donde se miden datos continuos (comprometidos por RCA) y manuales (complementarios), y Barros Negros se miden solo datos manuales (comprometido por RCA).

En el gráfico de la Figura 6-50 muestran gráficamente las series de caudal históricas obtenidas en ambos puntos de control, y en la Tabla 6-5 se presentan los registros mínimos y máximos en cada estación, tanto históricos como del periodo reportado. Cabe indicar que, para mejorar la visualización de los datos, en el gráfico se ha representado el promedio diario de los registros continuos de la Estación de Puente San Luis. En el gráfico indicado se puede observar 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 provocan aumentos bruscos del caudal pasante, debido al escurrimiento subsuperficial generado por dichas precipitaciones, hecho que enmascara levemente la evolución estacional registrada en los años anteriores.

Figura 6-50: Evolución del registro histórico de caudales aforados en las estaciones de Barros Negros y Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-5 Registros mínimos y máximos caudal superficial en Sistema Soncor

	Estación de aforo			
	Puente San Luis (Registro continuo cada 30 min.)		Barros Negros (Registro manual)	
	Fecha	Caudal (L/s)	Fecha	Caudal (L/s)
Mínimo 2º semestre 2019	16/12/2019 21:30	106,34	octubre 2019	177,00*
Máximo 2º semestre 2019	24/07/2019 15:30	203,66		
Mínimo histórico	05/07/2014 9:30**	64,78	octubre 2012	57,20
Máximo histórico	12/02/2012 17:00	299,27	marzo 2018	392,70

*Solo fue posible monitorear la estación Barros Negros en octubre de 2019 debido a la restricción de acceso al sector.

** Se corrige valor respecto al informe anterior

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al periodo reportado, en la estación Barros Negros solo fue posible registrar un valor de caudal de aforo manual, debido a las restricciones de acceso al sector indicadas en la sección 5.1. Por su lado, en la estación puente San Luis, los valores de caudal continuo instantáneo mínimo y máximo registrados en el período reportado fueron de 106.34 L/s y 203.66 L/s, registrados en diciembre y julio de 2019 respectivamente. Como puede observarse en la Figura 6-50, los valores registrados de caudal superficial en el segundo semestre del año 2019 en ambas estaciones se encuentran dentro de la variabilidad histórica de este parámetro en cada una de las estaciones.

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.

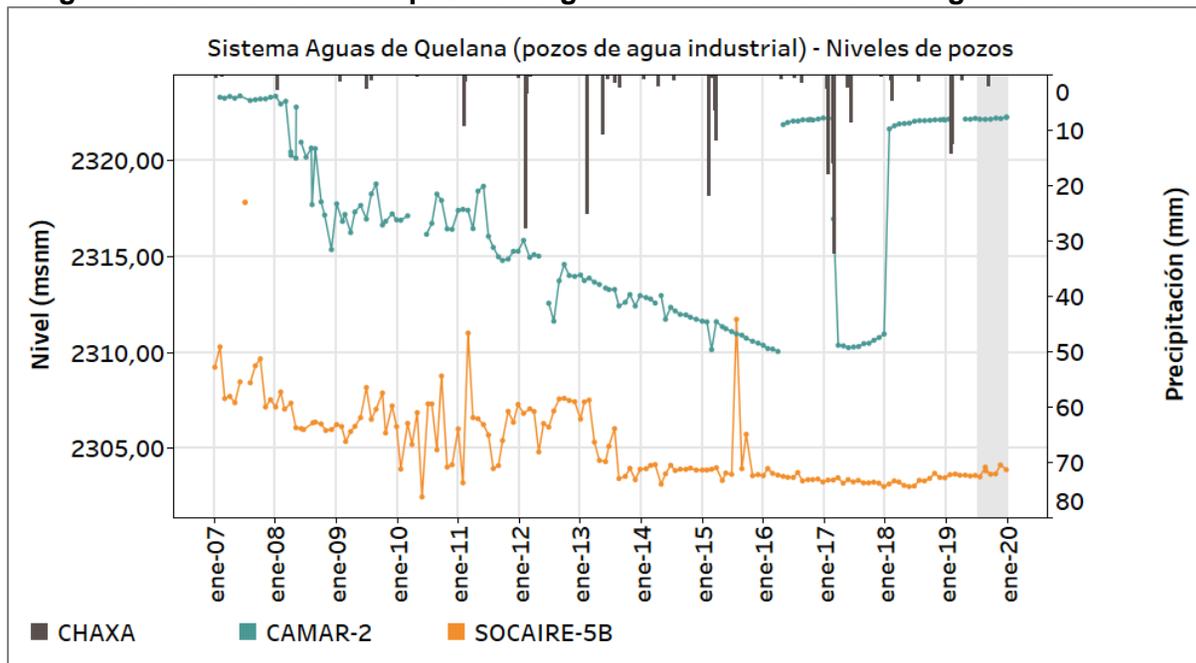
En el análisis realizado en el sistema Soncor se han identificado varios comportamientos con características hidrogeológicas determinadas. Algunos de estos comportamientos característicos se identifican también en el sistema Aguas de Quelana: el comportamiento asociado al acuífero aluvial, el transicional 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, en este caso se trata de una distribución irregular de afloramientos de agua subterránea que genera la existencia de estos cuerpos de agua dispersos de norte a sur a través de la zona de la interfaz salina. 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 6-51 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. Pero en general, se observa que el Socaire-5B lleva una tendencia de ascenso desde principios de 2018, con una tasa de unos 43 cm/año. Este comportamiento podría atribuirse en parte a la detención del pozo Camar-2 que, por otro parte, se sitúa más al norte, por lo que habría que analizarlo con más detalle teniendo en cuenta también otros factores que puedan influir.

Figura 6-51: Niveles en los pozos de agua industrial del sistema Aguas de Quelana



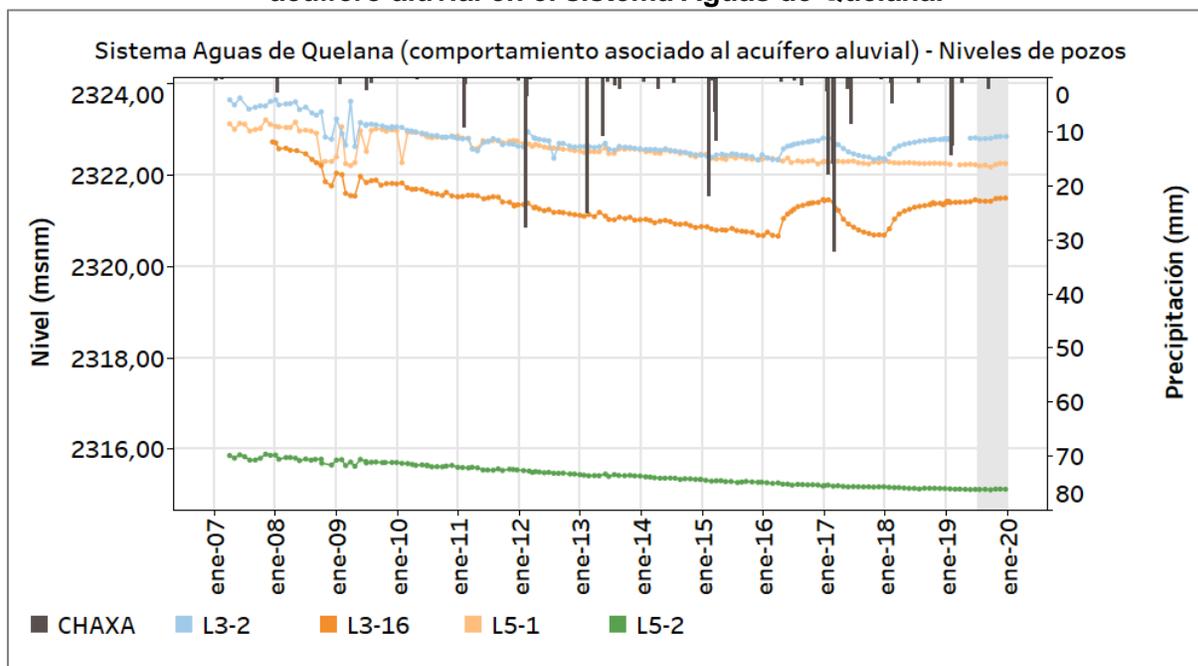
Fuente: Elaboración propia

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 6-52 se muestran los niveles de estos puntos, y en la Figura 6-53 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 de recarga desde la cordillera oriental, dando lugar una leve tendencia al descenso y sobre la cual se sobrepone el efecto inducido por la explotación de agua industrial de los pozos.

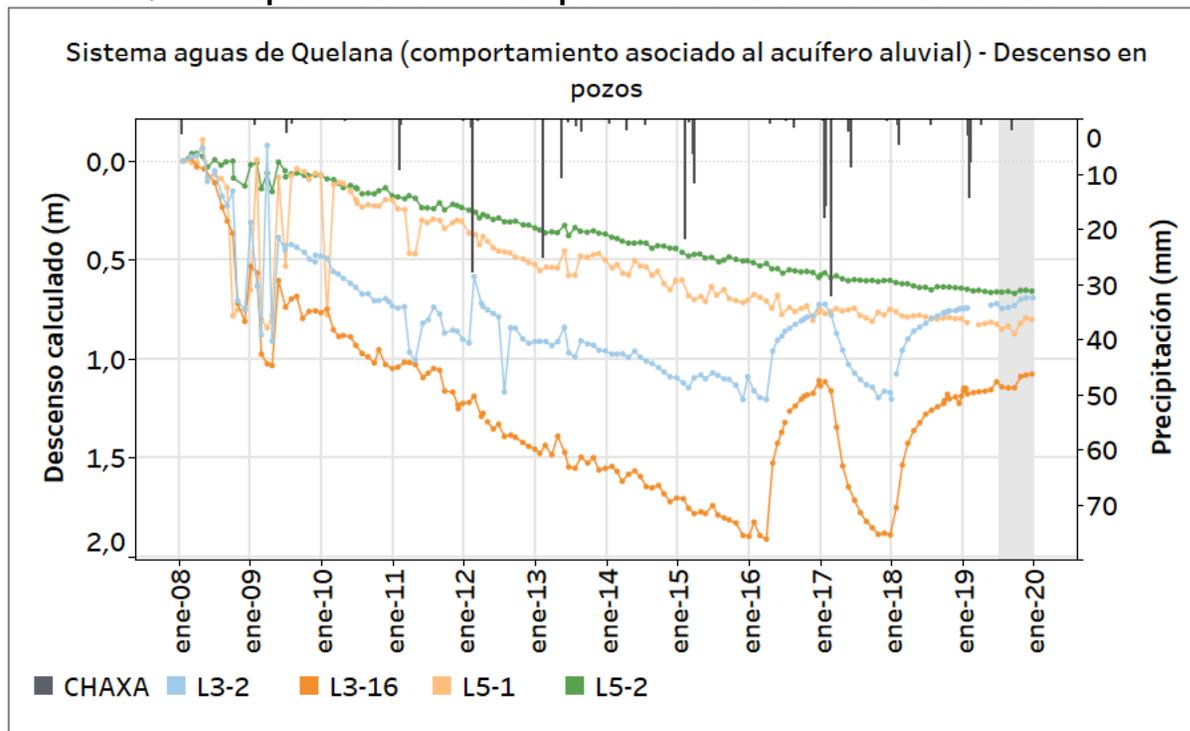
De las mediciones del segundo semestre de 2019 se puede ver como el L3-16 y el L3-2 se encuentran en fase de recuperación que, en gran medida, responde a la detención del pozo de agua industrial Camar-2 en el pasado mes de enero 2018.

Figura 6-52: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento asociado al acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-53: 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

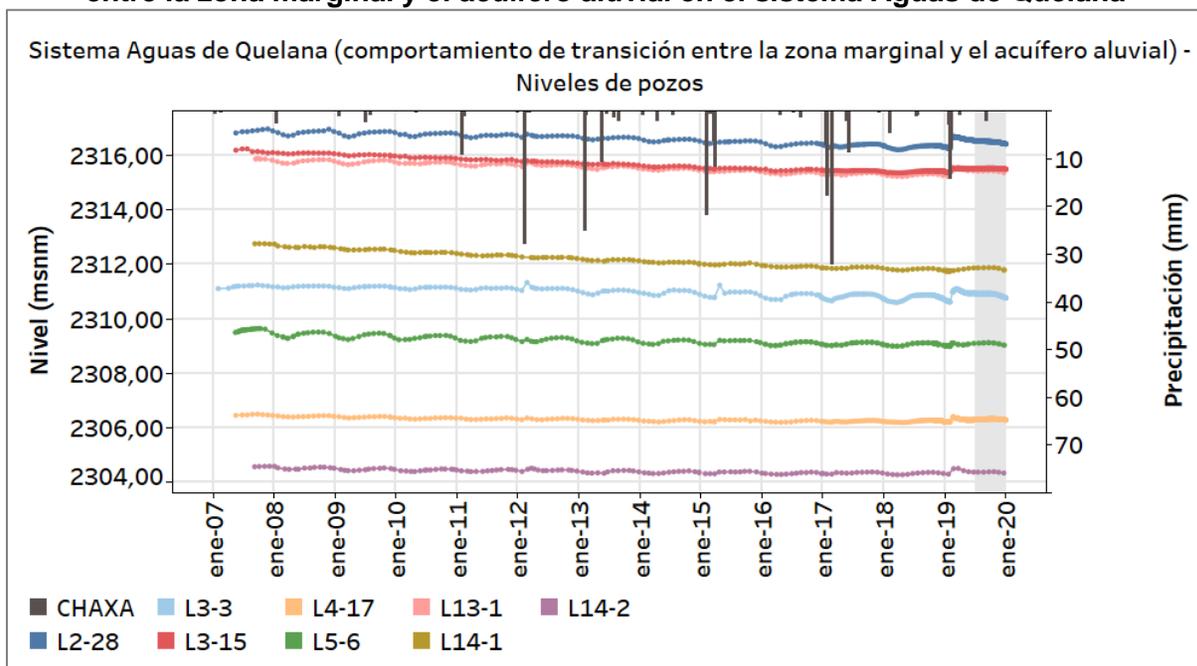
En esta sección se hace el análisis para aquellos puntos que se encuentran en la zona marginal del sistema Soncor. Empezando por los puntos más cercanos al acuífero aluvial, se identifica un comportamiento que se reconoce por ser transicional; presentan una tendencia de descenso propia del acuífero aluvial, pero además muestran una oscilación estacional más propia de la zona marginal. En la Figura 6-54 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 6-55, 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). Aunque 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; solo el L3-3 se había mostrado reactivo a las lluvias de 2012 y 2015, pero

este último evento de precipitación ha marcado un ascenso en todos los niveles de este grupo en mayor o menor medida.

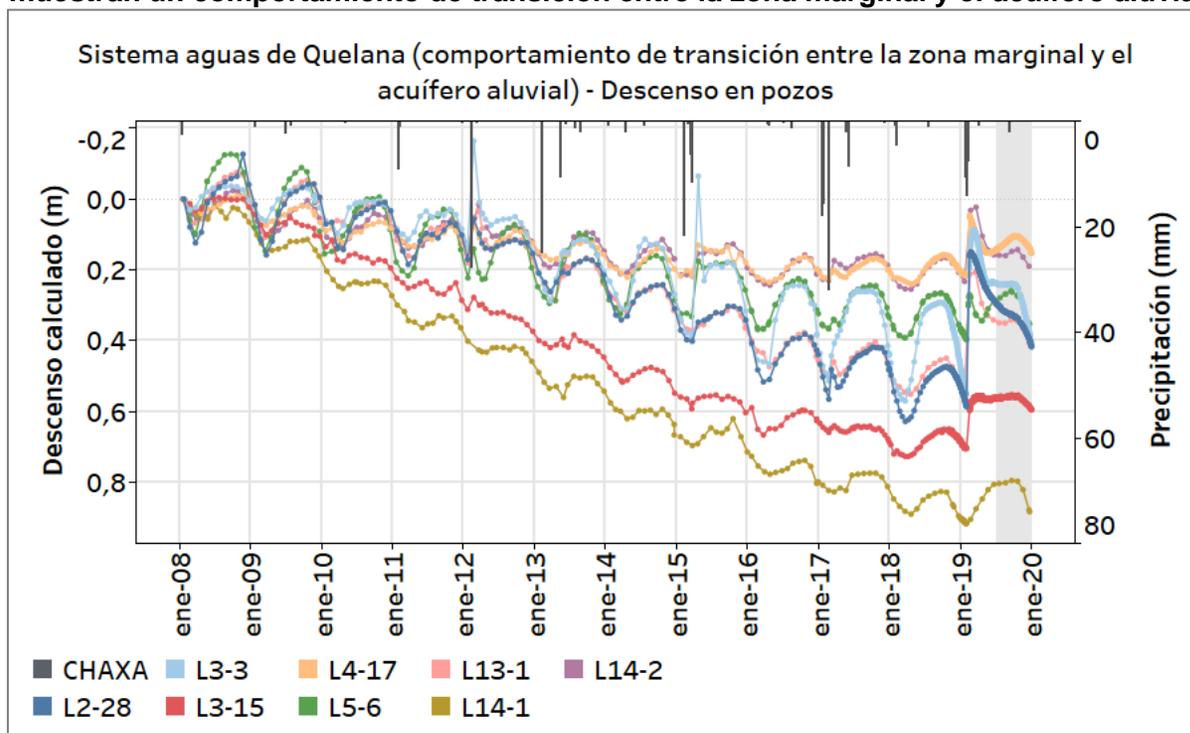
Durante el segundo semestre de 2019 se observa como estos puntos han solapado el efecto de recuperación de la lluvia de 2019 con el aumento de los niveles propia del ciclo estacional en que los máximos se producen alrededor del mes de octubre de todos los años.

Figura 6-54: Niveles en los puntos que presentan un comportamiento de transición entre la zona marginal y el acuífero aluvial en el sistema Aguas de Quelana



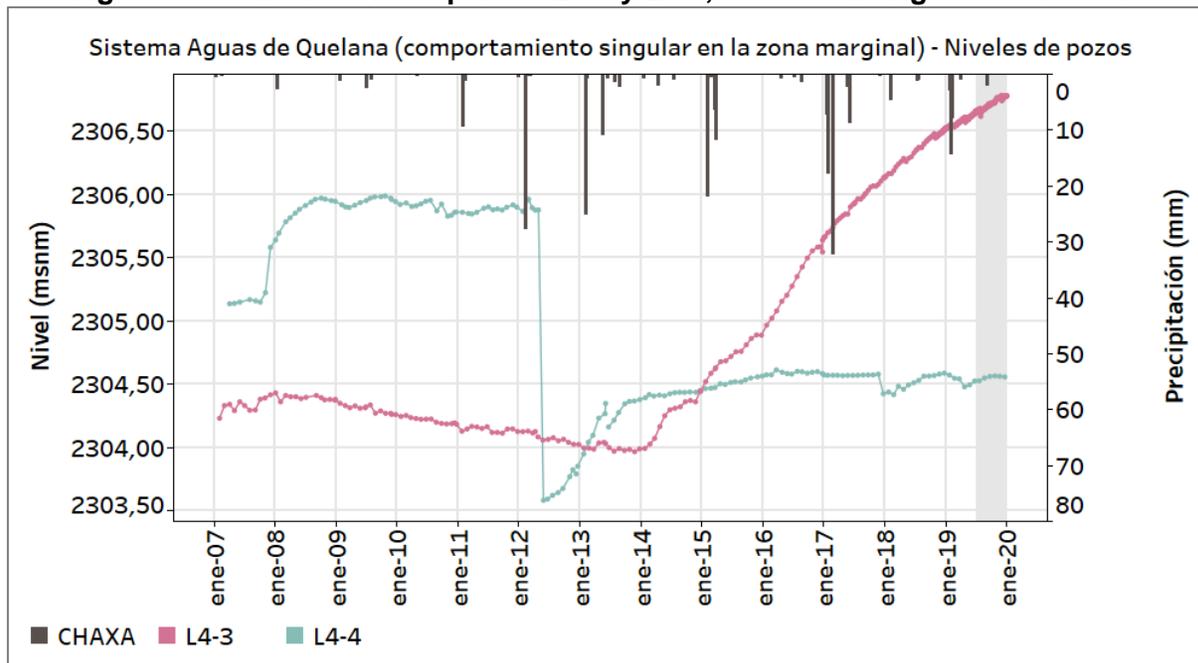
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-55: 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 6-56 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 6-56: Niveles en los puntos L4-3 y L4-4, del sistema Aguas de Quelana

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 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 la Figura 6-57, los pertenecientes a la serie L3 (L3-5, L3-6 y L3-7) en la Figura 6-58, los de las series L4 (L4-7, L4-8, L4-9 y L4-10) y L14 (L14-3 y L14-4) en la Figura 6-59 y finalmente, los de la serie L5 (L5-3, L5-7, L5-8 y L5-G3 Reglilla y Pozo) en la Figura 6-60.

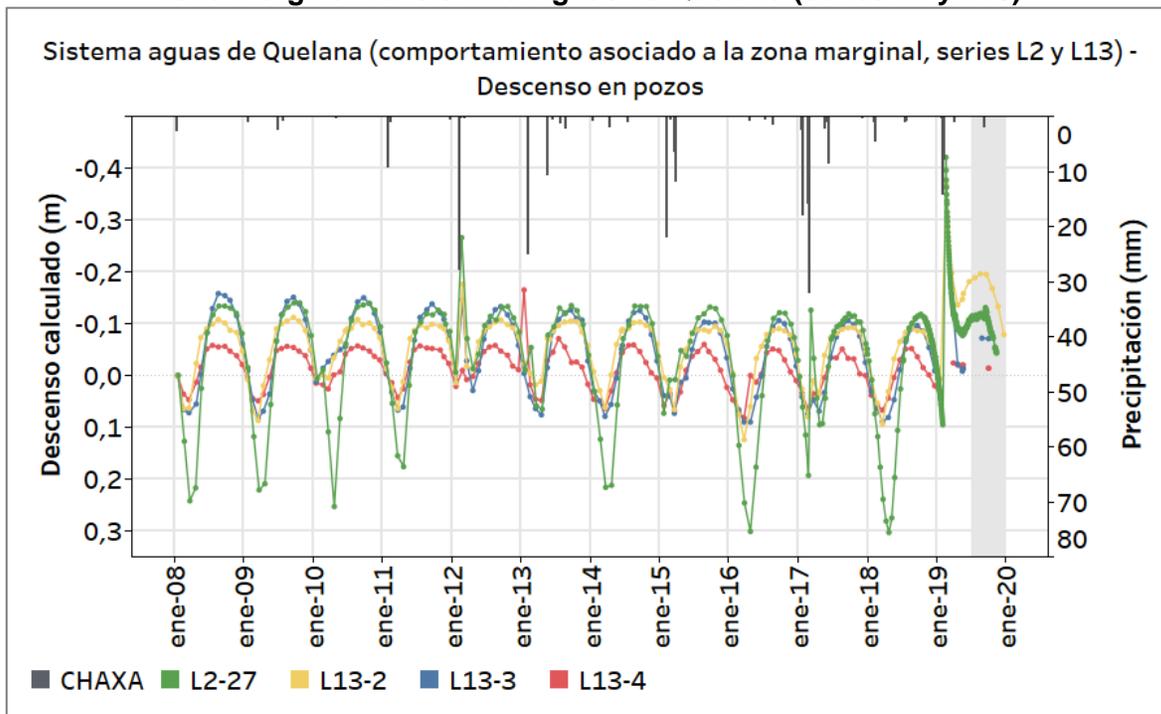
Puede notarse que en esta agrupación de puntos con un comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana, se encuentran las reglillas pertenecientes al monitoreo de agua superficial de este sector: L13-4, L14-4, L3-7, L4-10 y L5-G3 Reglilla y Pozo. Como puede verse en las figuras, no muestran un comportamiento diferenciado con respecto al 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 sin tendencia de descenso. 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. Los puntos que han mostrado una mayor respuesta son el L2-27, L13-2 y el L3-5 que son los puntos más al norte del sistema y más cercanos al límite con la zona aluvial. Cuando se observa la respuesta de los puntos L2-28, L13-1, L3-3 y L3-15 (Figura 6-55), que son los vecinos más próximos y con comportamiento transicional entre marginal y aluvial, puede llevar a pensar que en esa zona haya habido una vía preferente de recarga directa en forma aluvión quizás.

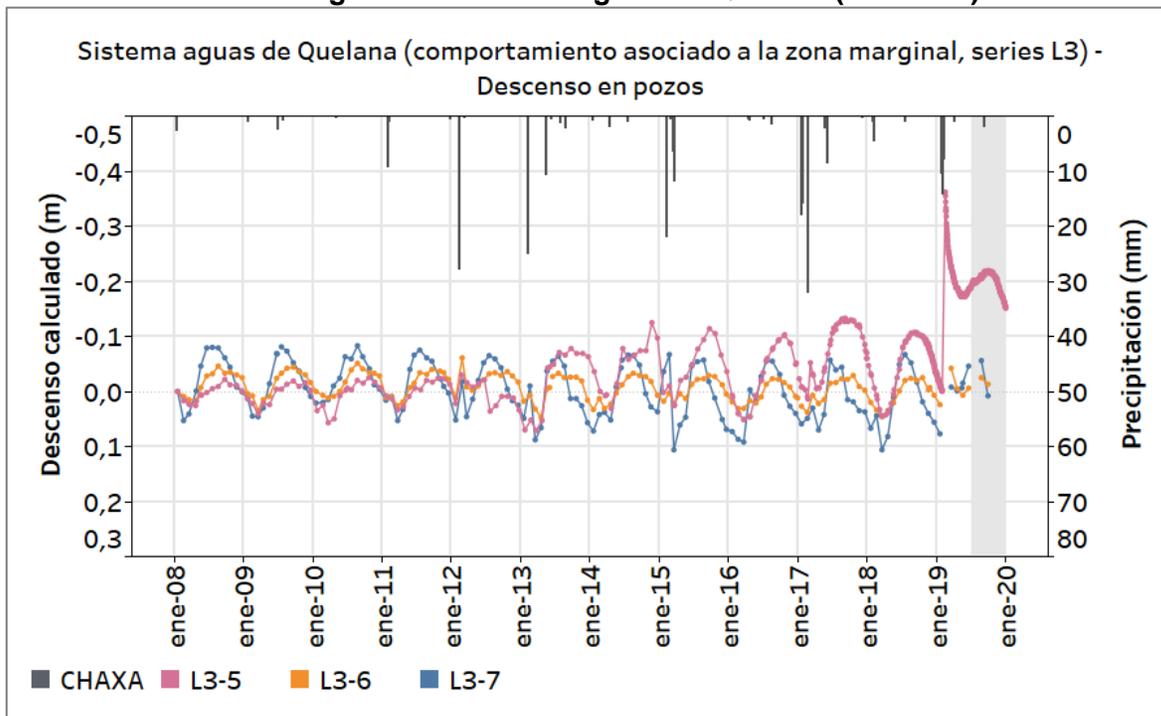
Respecto los datos medidos en el segundo semestre de 2019, todos los puntos muestran los niveles máximos propios del ciclo estacional esperado para este tipo de comportamiento, por lo que no se observa ningún cambio en la tendencia prevista.

Figura 6-57: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L2 y L13)



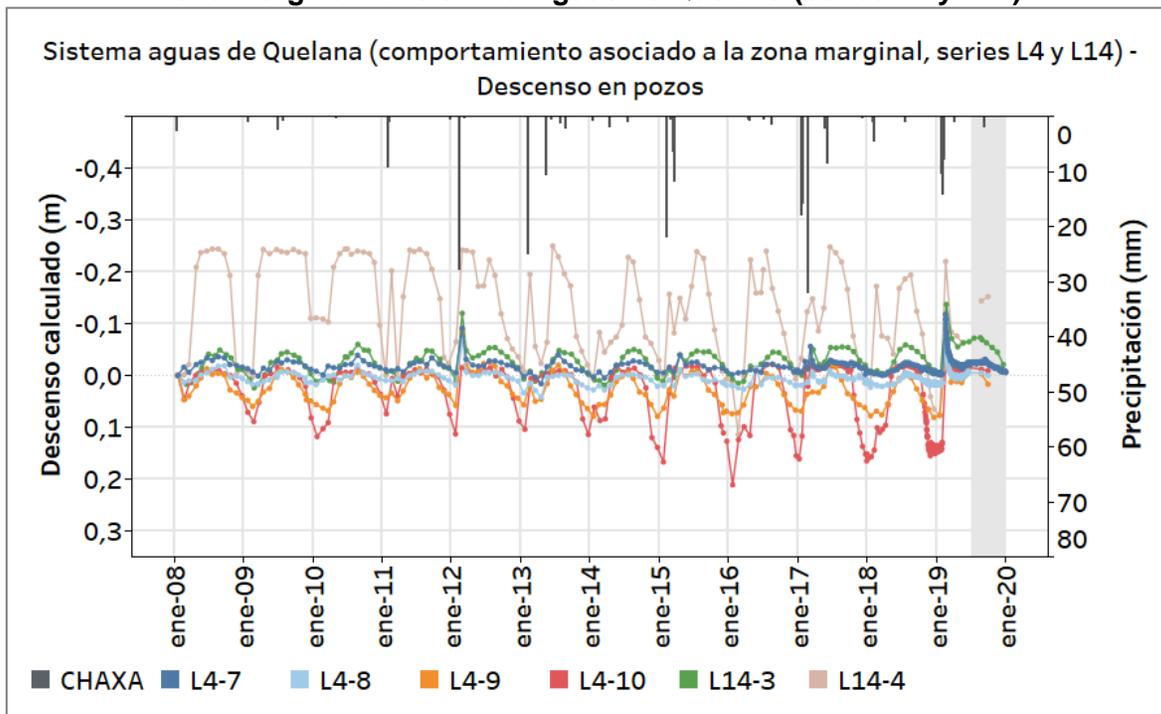
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-58: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L3)



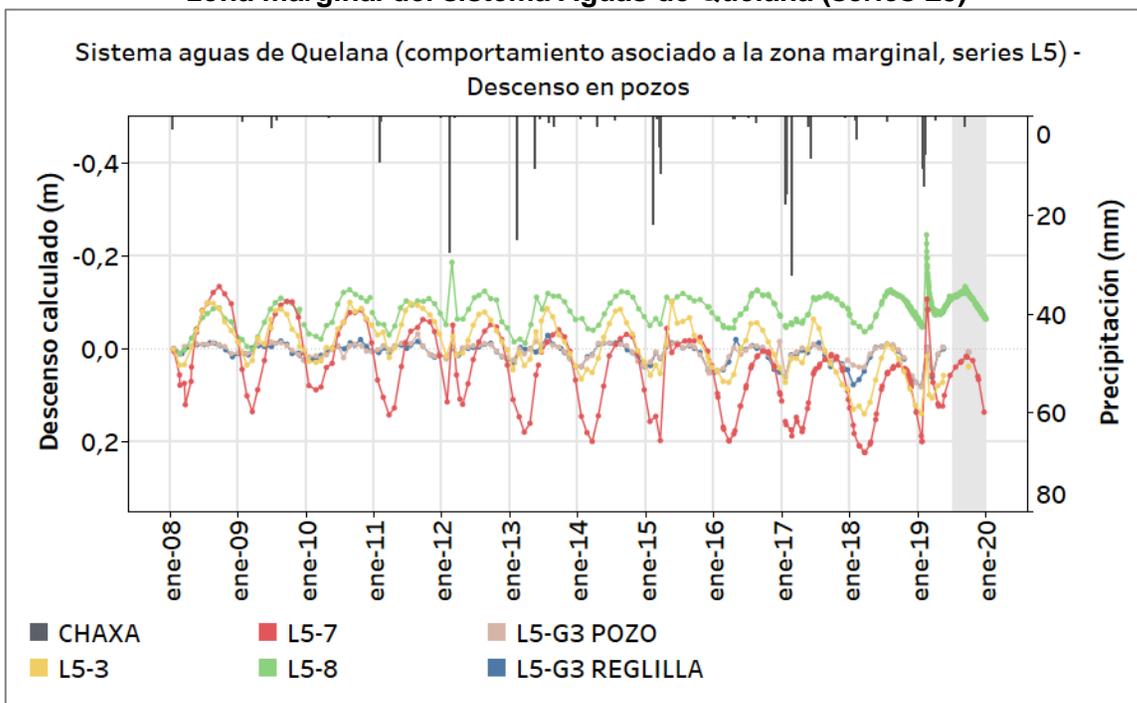
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-59: 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 6-60: Descenso calculado en los puntos con comportamiento asociado a la zona marginal del sistema Aguas de Quelana (series L5)



Fuente: Elaboración propia

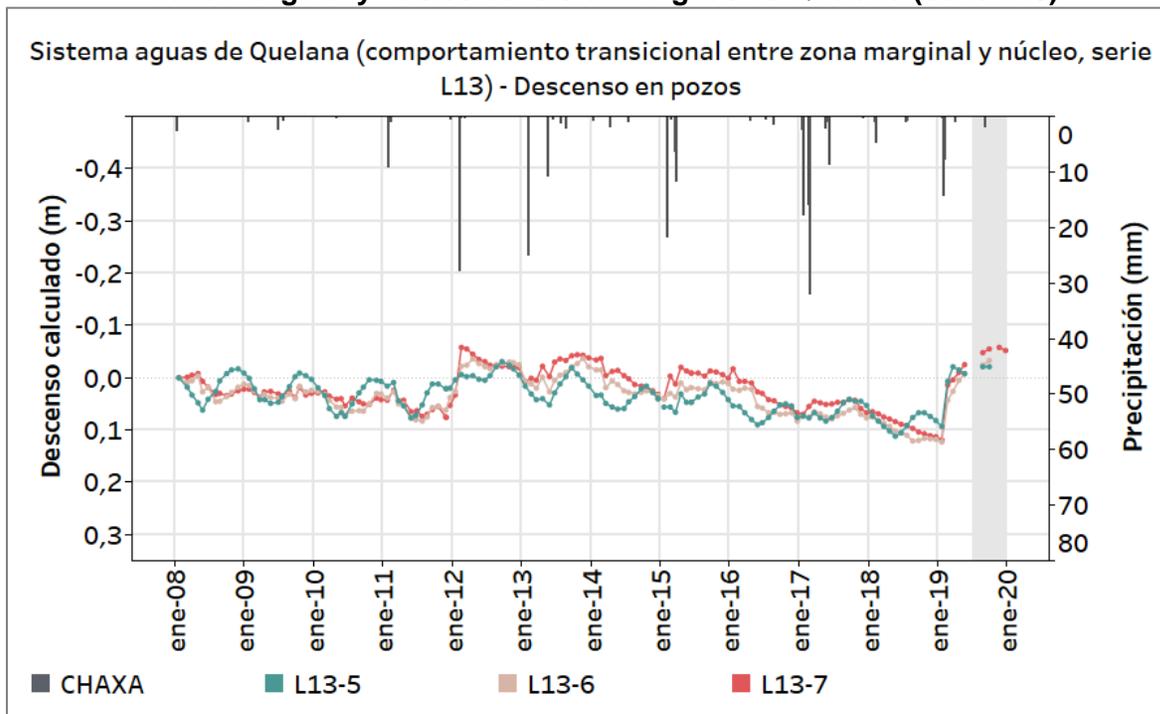
El siguiente grupo en dirección al oeste presenta un comportamiento transicional entre el observado en la zona marginal y el que se presenta en el núcleo (que se describe con más detalle en el siguiente apartado). Se trata de un gran número de puntos, por lo que se muestra el descenso calculado en varios 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 6-61, los de la serie L3 (L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14) en la Figura 6-62 los de la serie L14 (L14-5, L14-6, L14-7) en la Figura 6-63, los de la serie L4 (L4-5, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14, L4-15) en la Figura 6-64 y finalmente, los de la serie L5 (L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15) en la Figura 6-65.

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.

De las medidas tomadas en el segundo semestre de 2019, que en algunos casos no pudieron tener la frecuencia deseada⁶³, se puede observar que la mayoría de los puntos se encuentran recuperando los niveles después de la lluvia de febrero del mismo año. Aunque existen otros que todavía están mostrando el ascenso producto de que todavía esté llegando recarga subterránea a la zona; se observa con mayor efecto en los puntos de la serie L3 (ver punto L3-14), pero también en los puntos de la serie L13 y en el punto L14-7. Esta respuesta en los niveles se relaciona con la fuerte respuesta a la misma lluvia que registraron los puntos L2-27, L13-2 y L3-5, que induce a pensar que hubo una fuerte entrada de agua a través de un aluvión. Este volumen de agua se encuentra transitando por el acuífero en dirección al núcleo y por eso, estos puntos todavía manifiestan este ascenso sostenido en el semestre reportado.

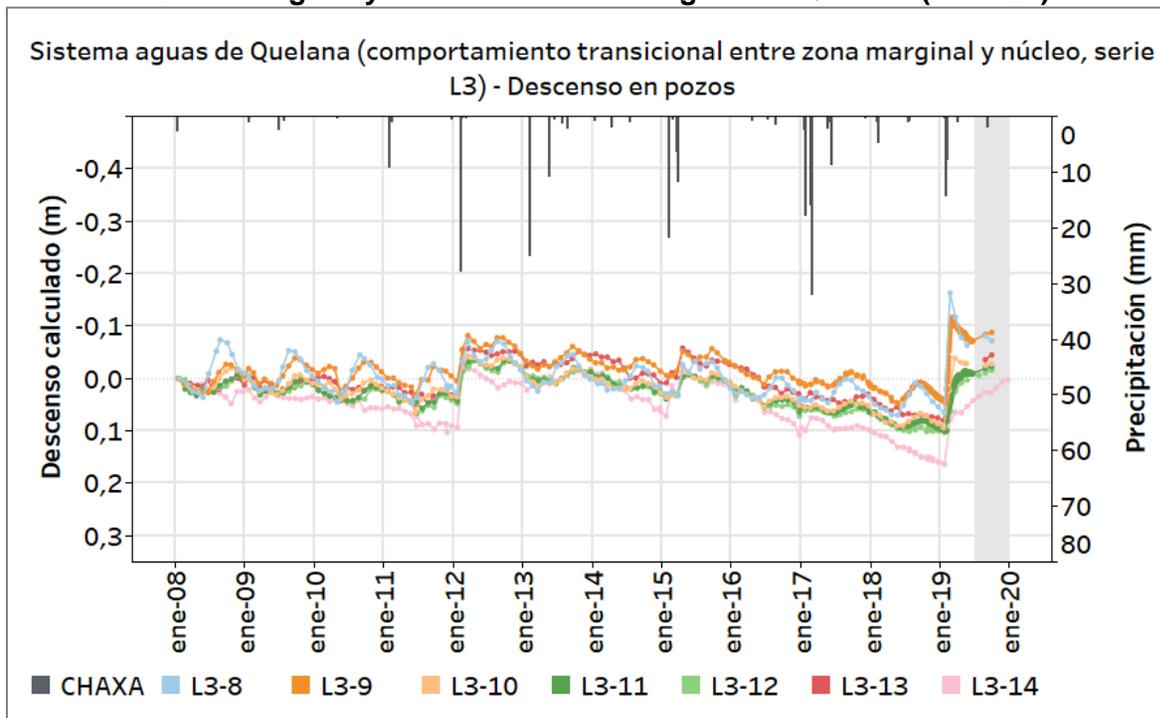
⁶³ Los motivos en cada caso se encuentran descritos en al inicio del apartado 5.1.3, donde se encuentra la Tabla 5-28. En estos casos responden a la restricción de acceso a RNF y los cortes de carretera efectuados por la comunidad durante varios días de octubre de 2019.

Figura 6-61: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L13)



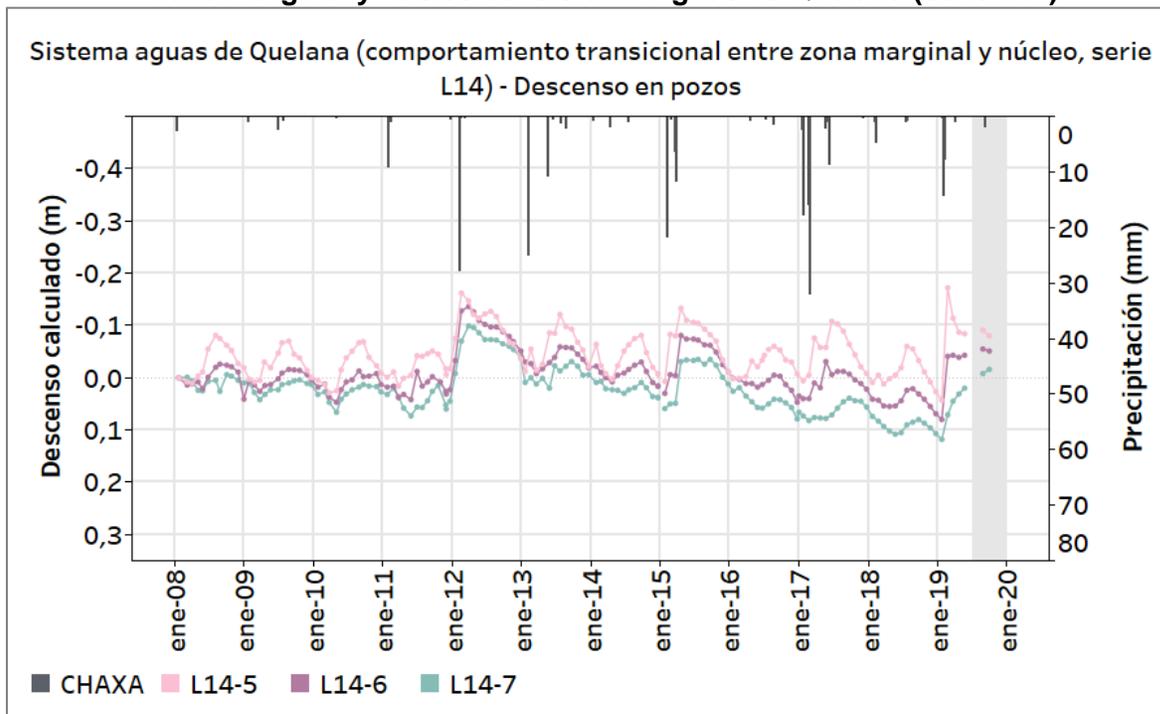
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-62: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L3)



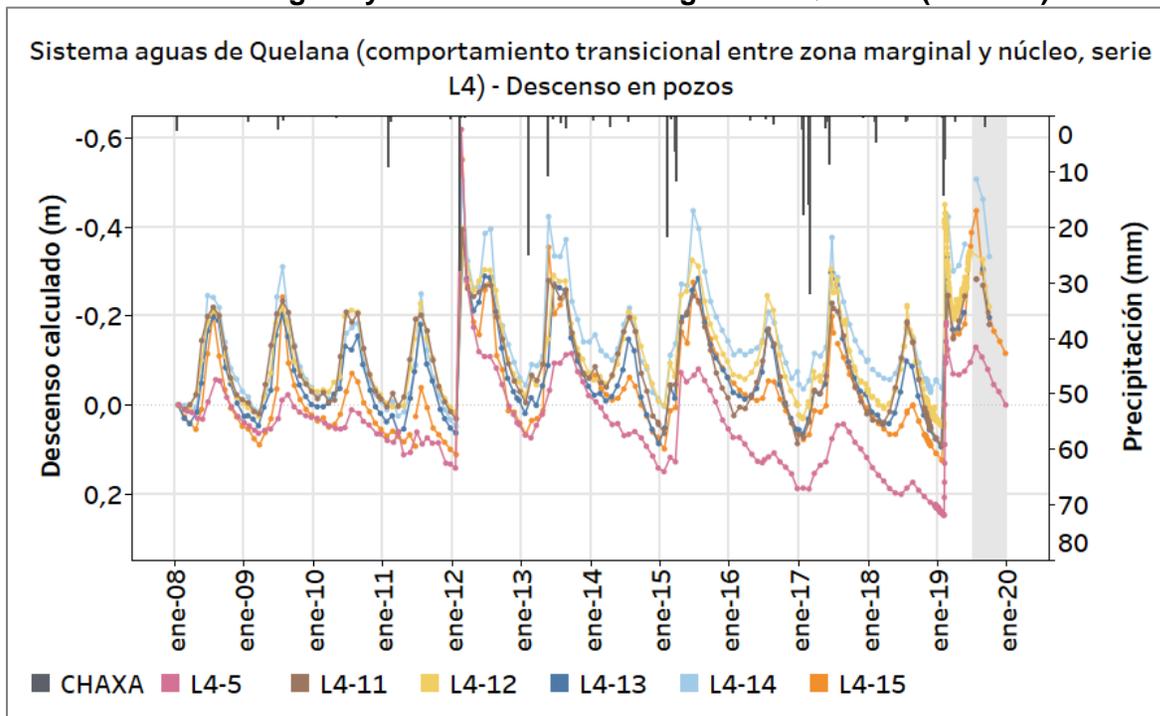
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-63: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L14)



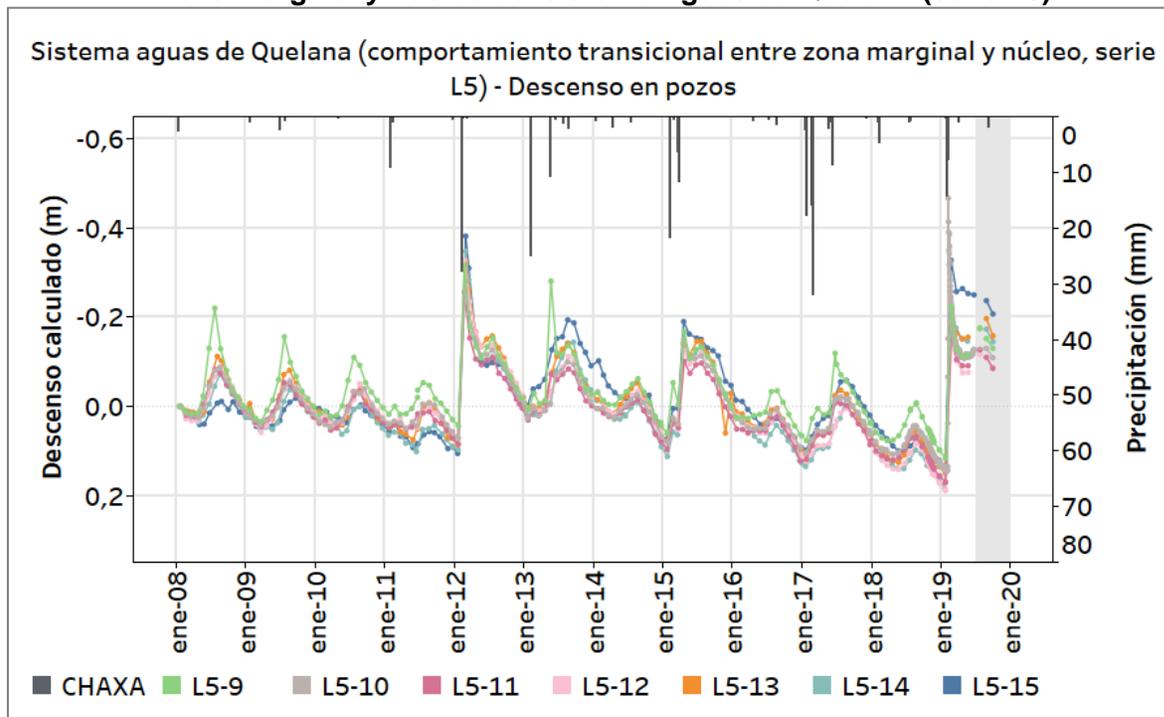
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-64: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L4)



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-65: Descenso calculado en los puntos con comportamiento transicional entre zona marginal y núcleo del sistema Aguas de Quelana (serie L5)



Fuente: Elaboración propia

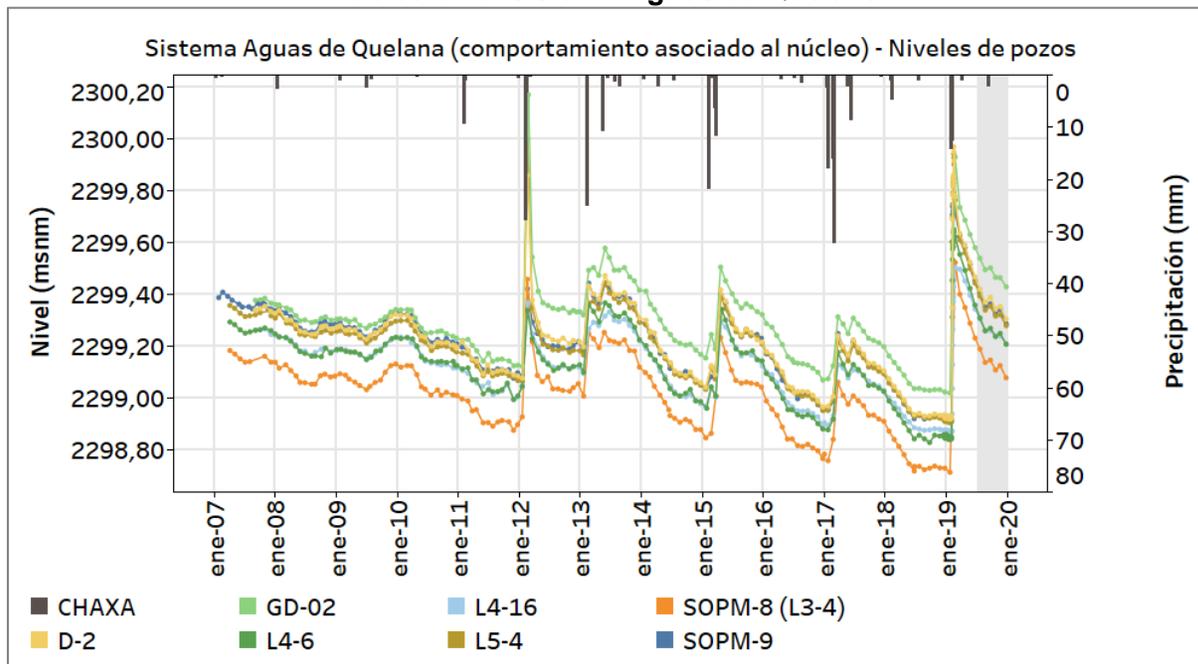
Pozos en el sector del núcleo

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 6-66.

De la misma forma que en el sistema Soncor, estos puntos no presentan estacionalidad, responden a los episodios de lluvia y muestran una tendencia general al descenso característica de esta zona (entre 4,5 y 5,2 cm/año). Como ya se ha visto en el sistema Soncor, los puntos del núcleo muestran poca diferencia entre las cotas piezométricas, por lo que resulta una zona de bajos gradiente hidráulicos.

De las medidas tomadas en el segundo semestre de 2019, se observa que todos los puntos se encuentran recuperando los niveles después de la lluvia de febrero de 2019. Aunque, tal y como se observa en la Figura 6-66, esta lluvia ha provocado el mayor ascenso registrado en este grupo, pero muy similar a la registrada durante la lluvia de febrero 2012.

Figura 6-66: Niveles medidos en los pozos que muestran comportamiento asociado al núcleo en el sistema Aguas de Quelana

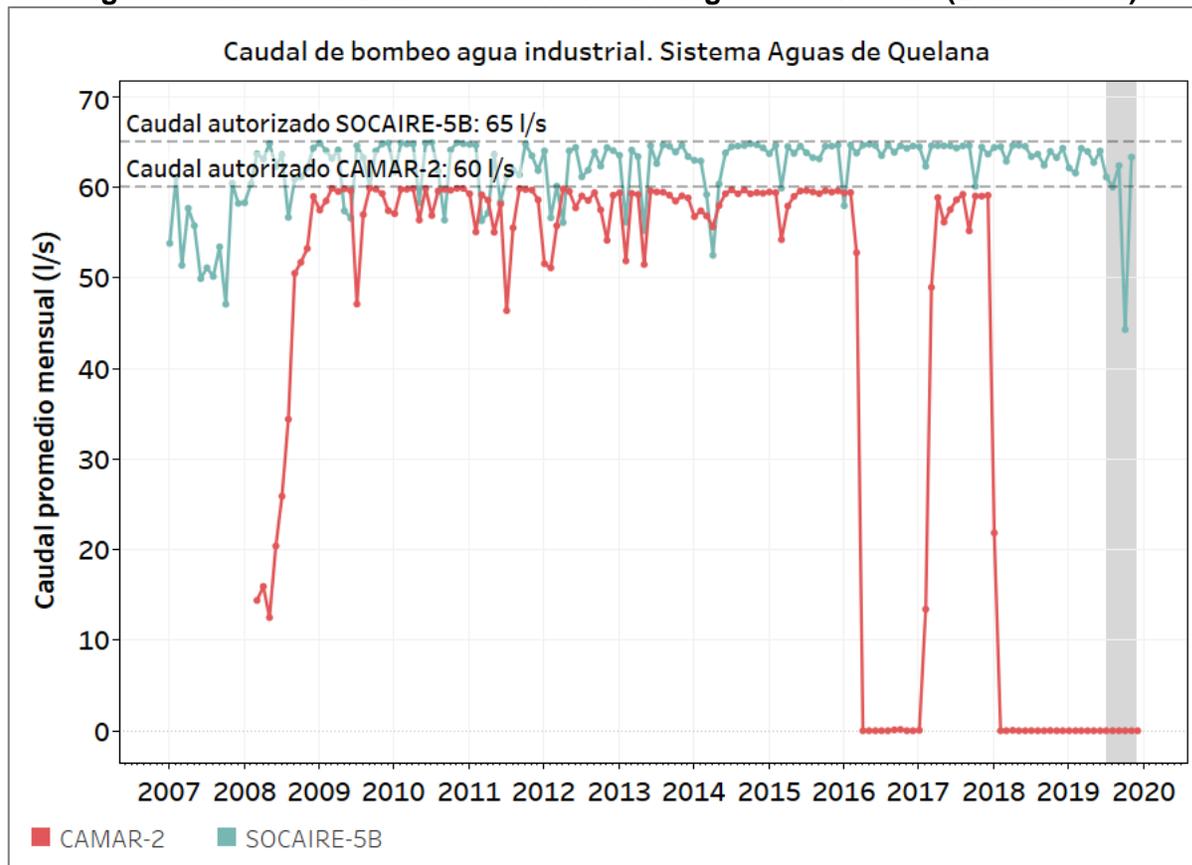


Fuente: Elaboración propia

Caudal bombeado

En la Figura 6-67 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 y detuvo temporalmente sus operaciones en enero de 2018 manteniéndose hasta el actual semestre. Durante el último semestre el régimen de extracciones del pozo Socaire-5B tuvo una reducción de los bombeos, alcanzándose un mínimo de 44,30 L/s durante octubre de 2019 (ver anexo 12).

Figura 6-67: 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 segundo semestre de 2019 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.

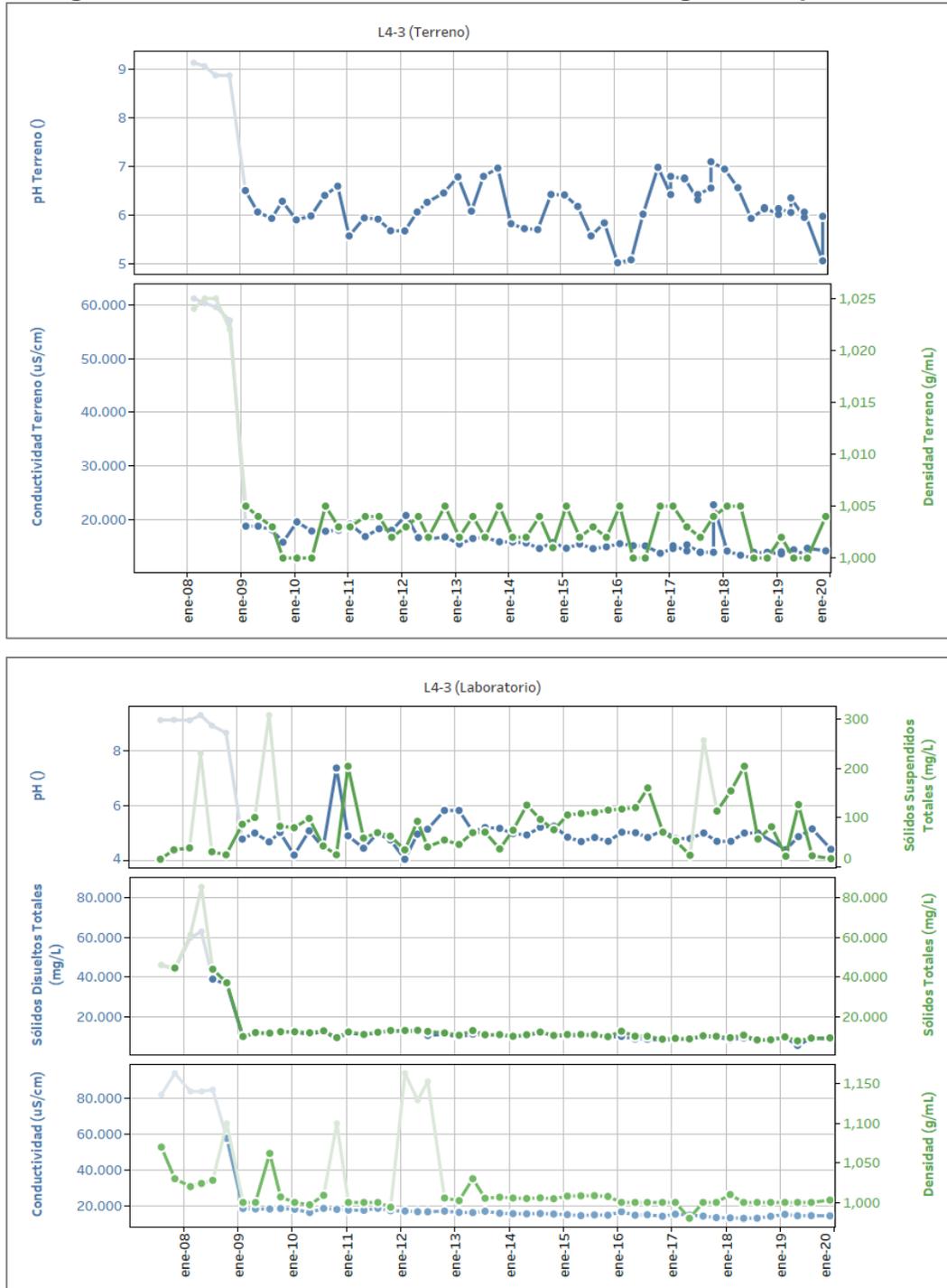
Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

Los registros históricos de calidad del agua en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana se presentan en la Figura 6-68, Figura 6-69, Figura 6-70, Figura 6-71,

Figura 6-72, Figura 6-73 y Figura 6-74 (L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10, respectivamente)⁶⁴.

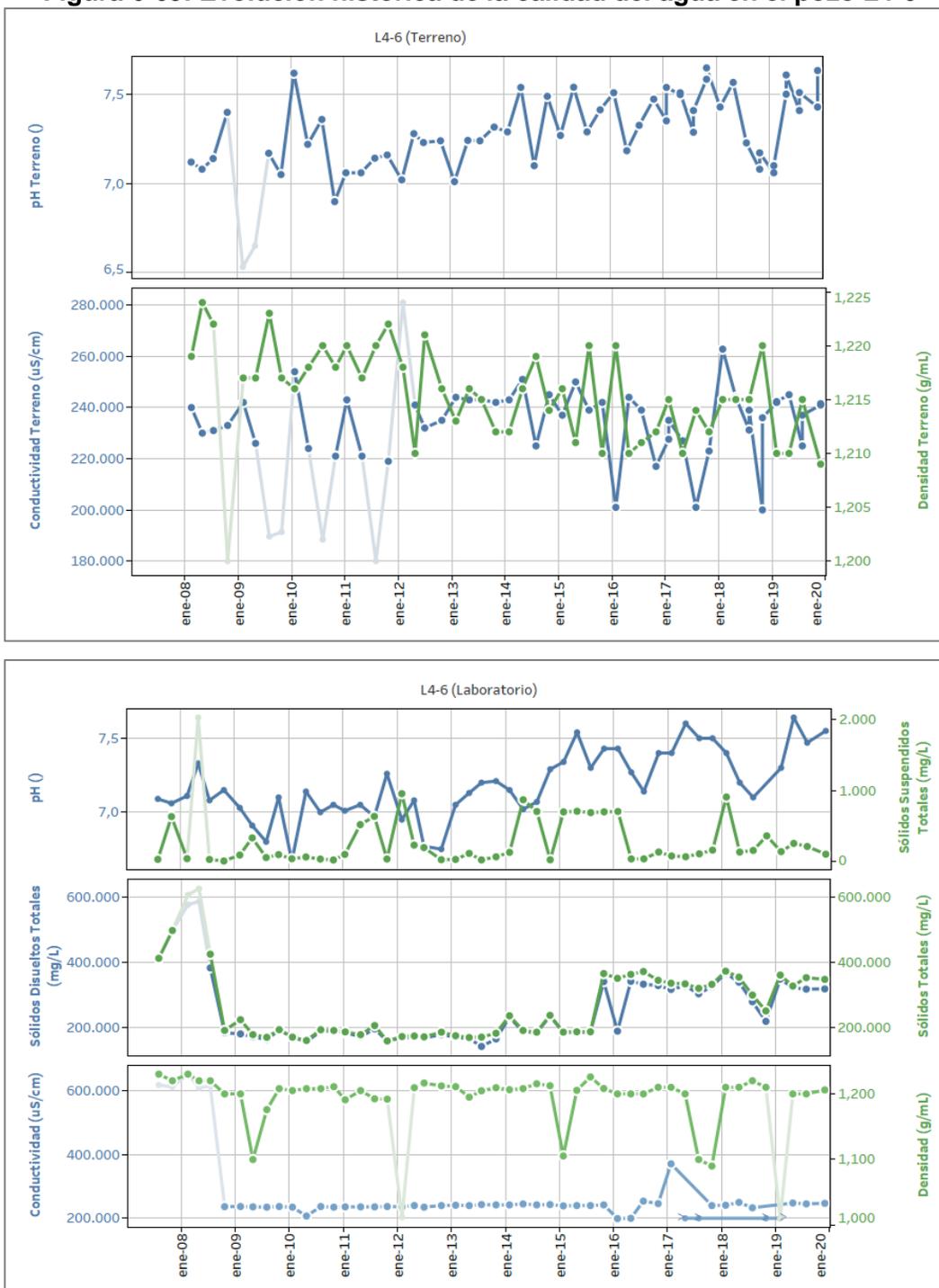
⁶⁴ En el informe N°25 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3



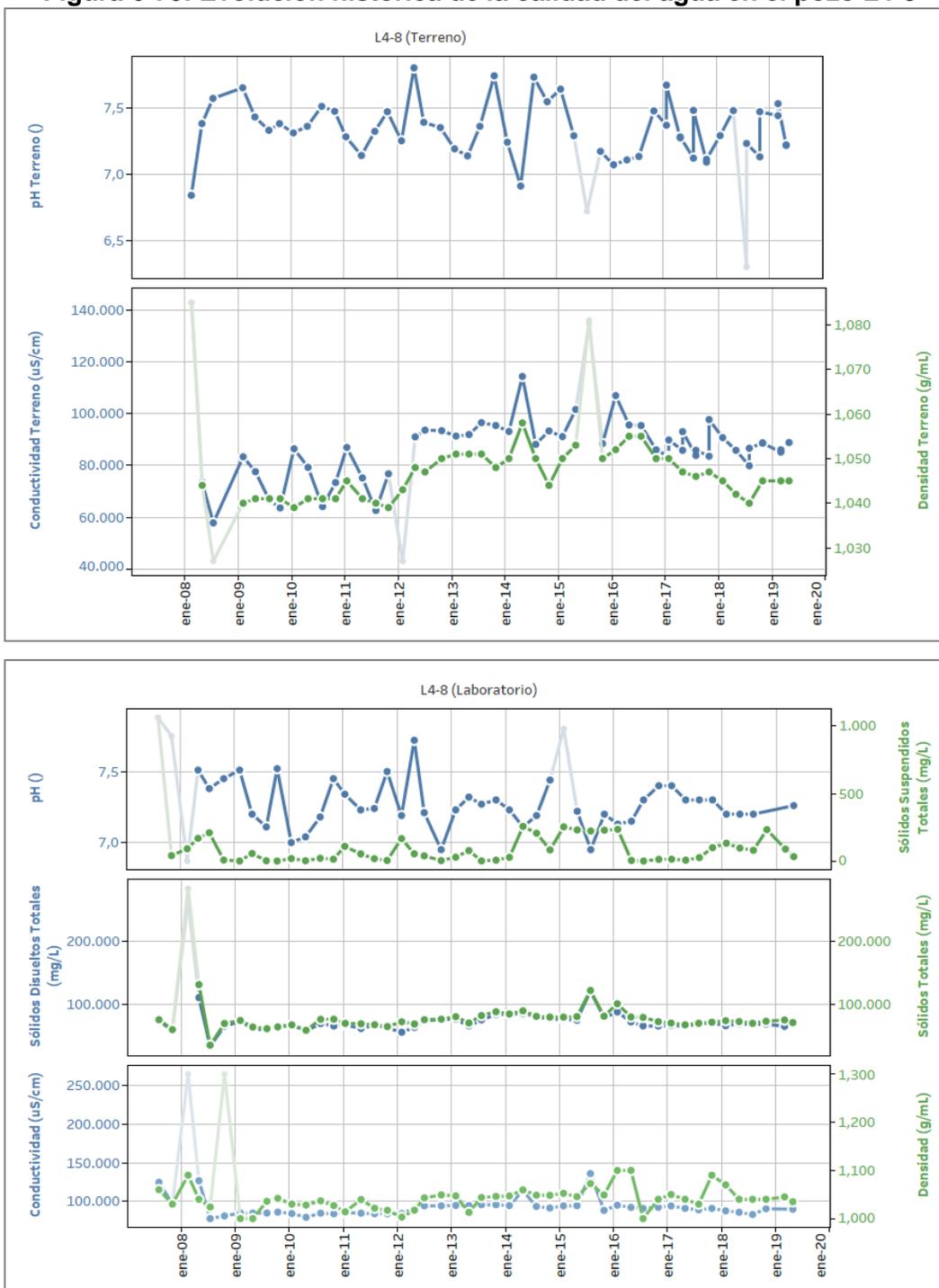
Fuente: Elaboración propia En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6



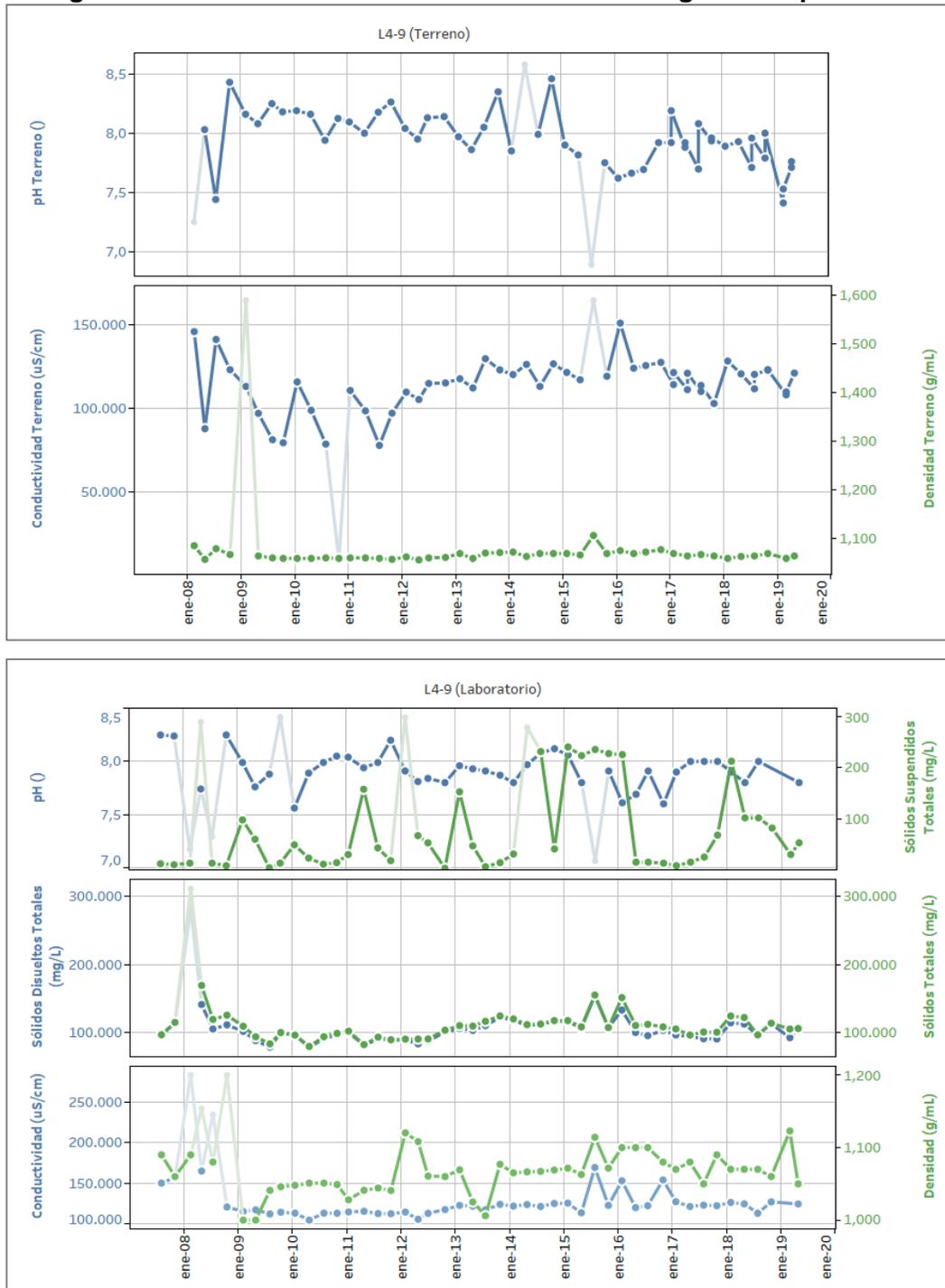
Fuente: Elaboración propia Los valores <LD ó >LM se presentan = LD ó LM y con la etiqueta "<" ó ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8



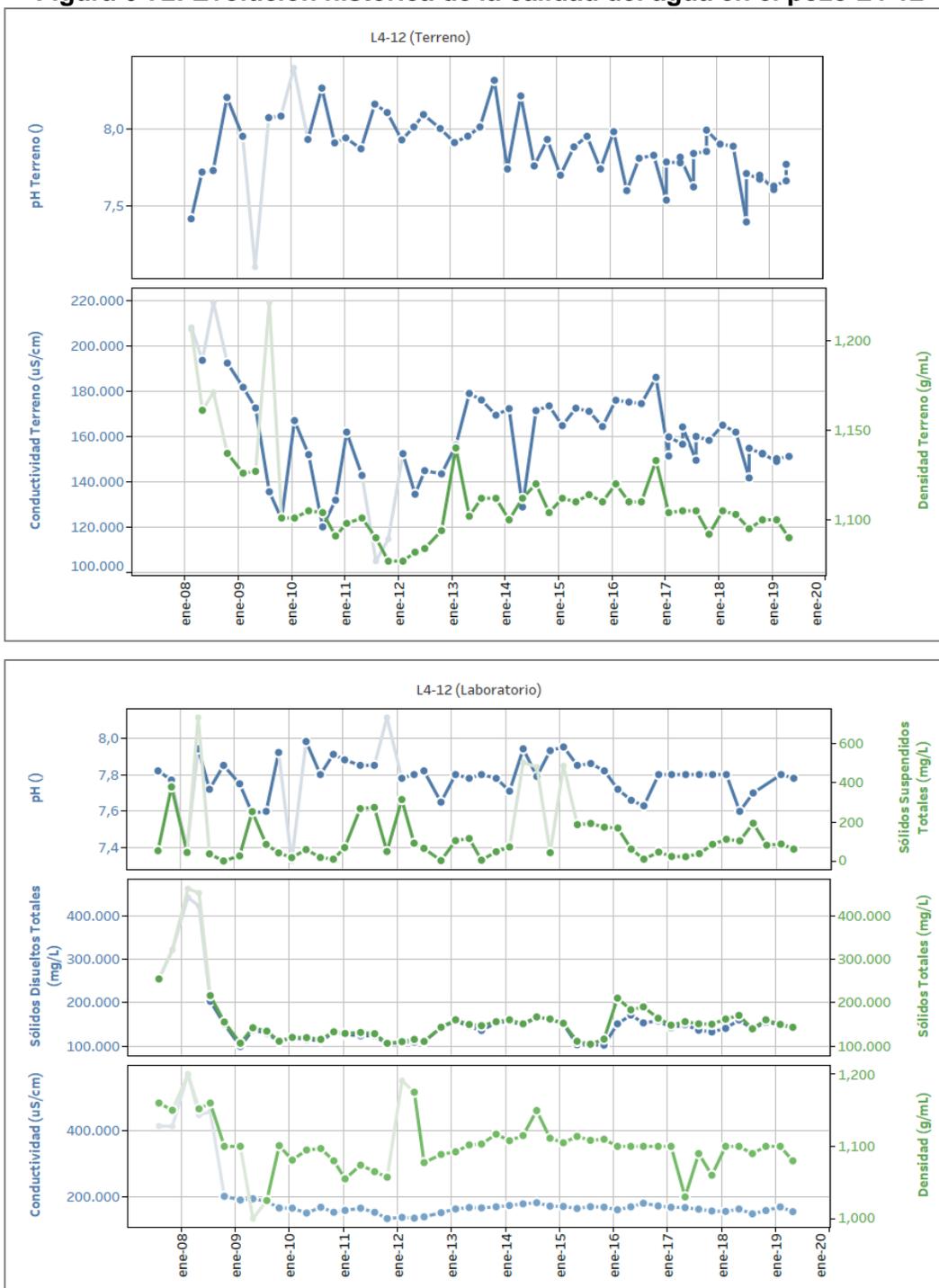
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9



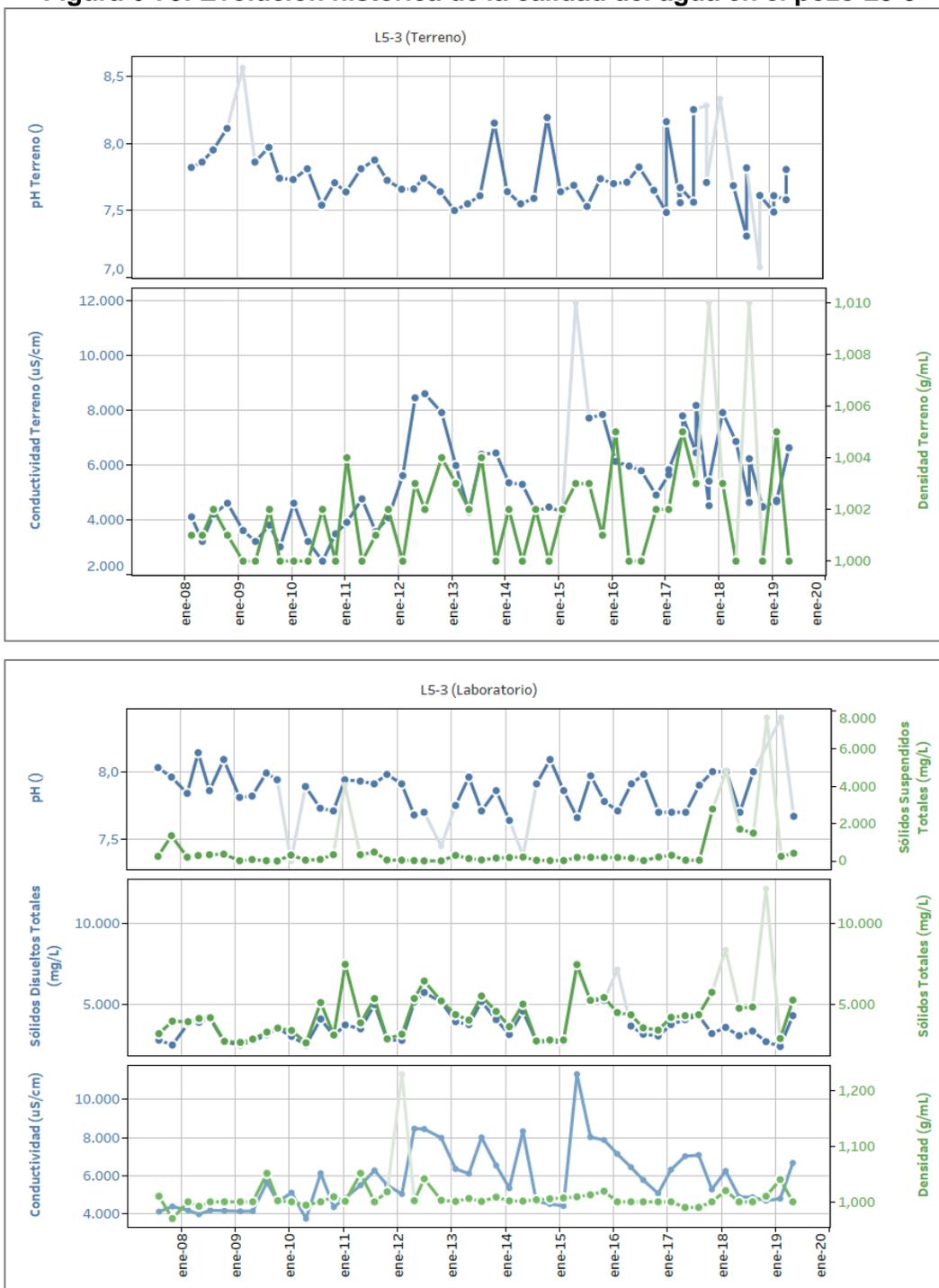
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-72: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12



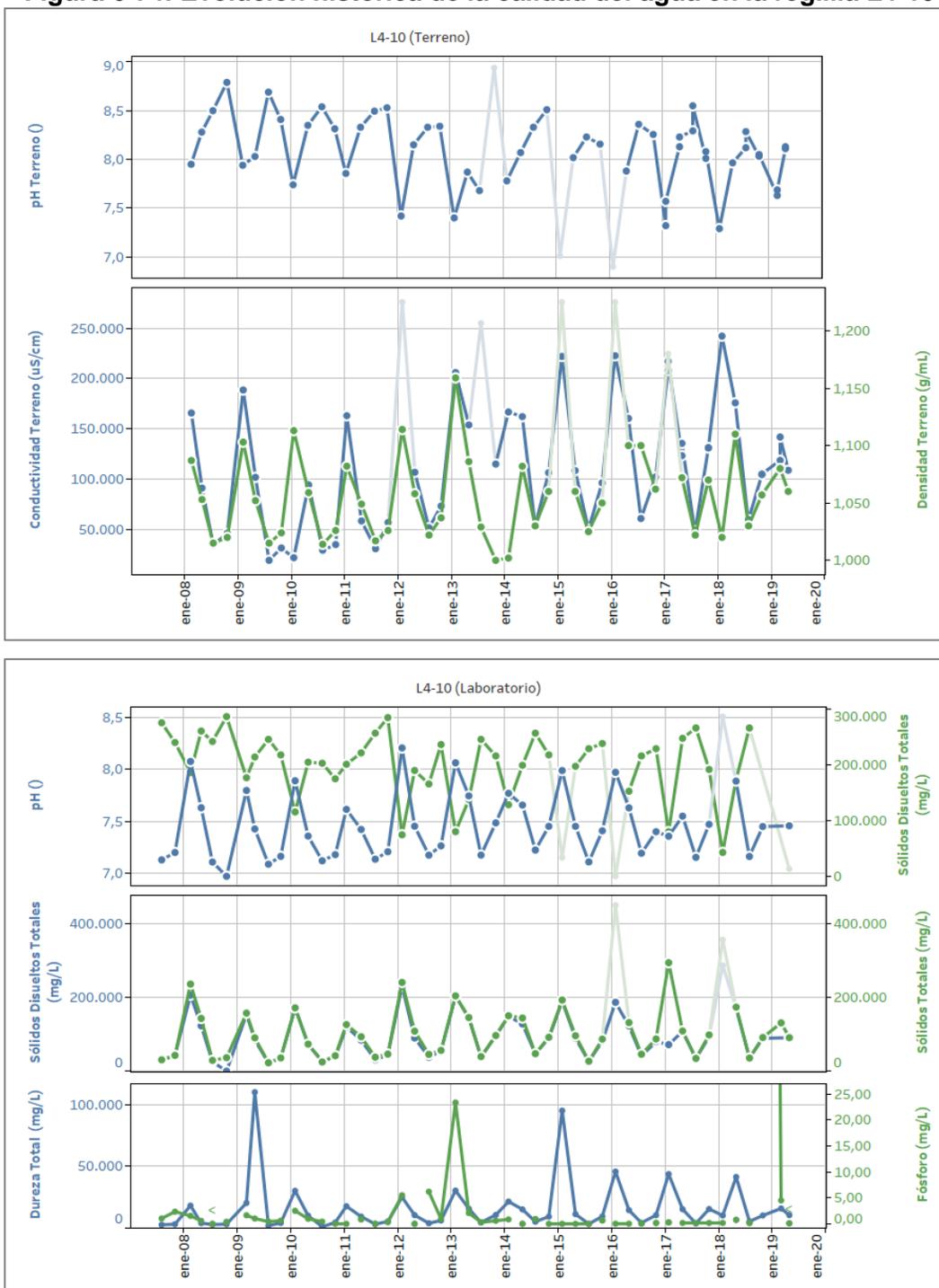
Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

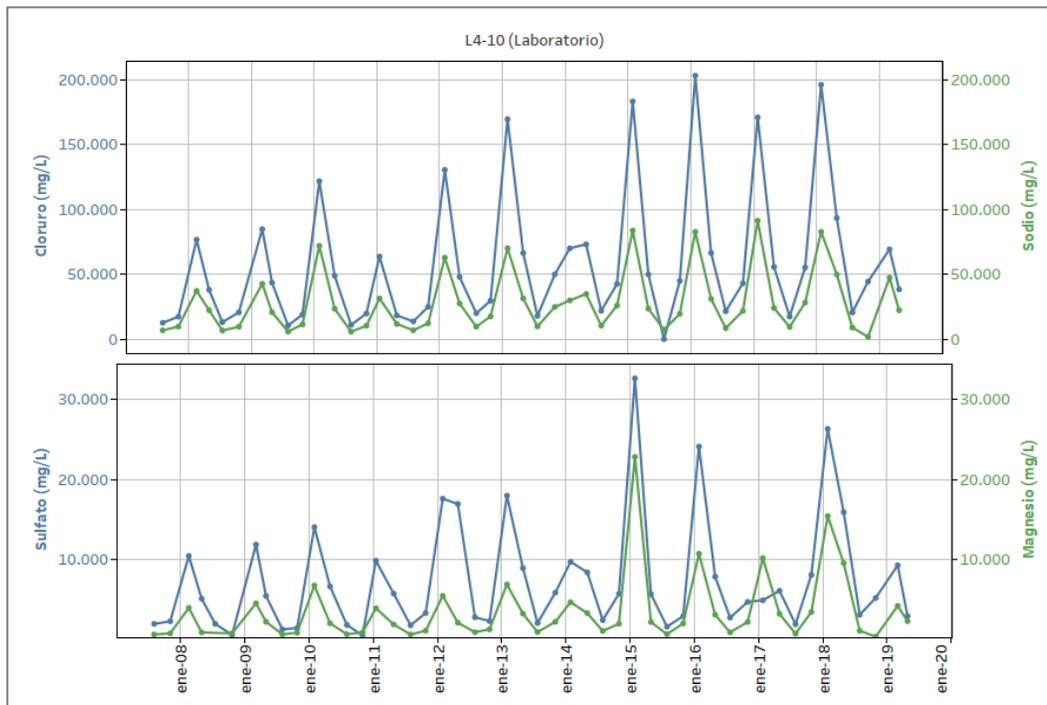
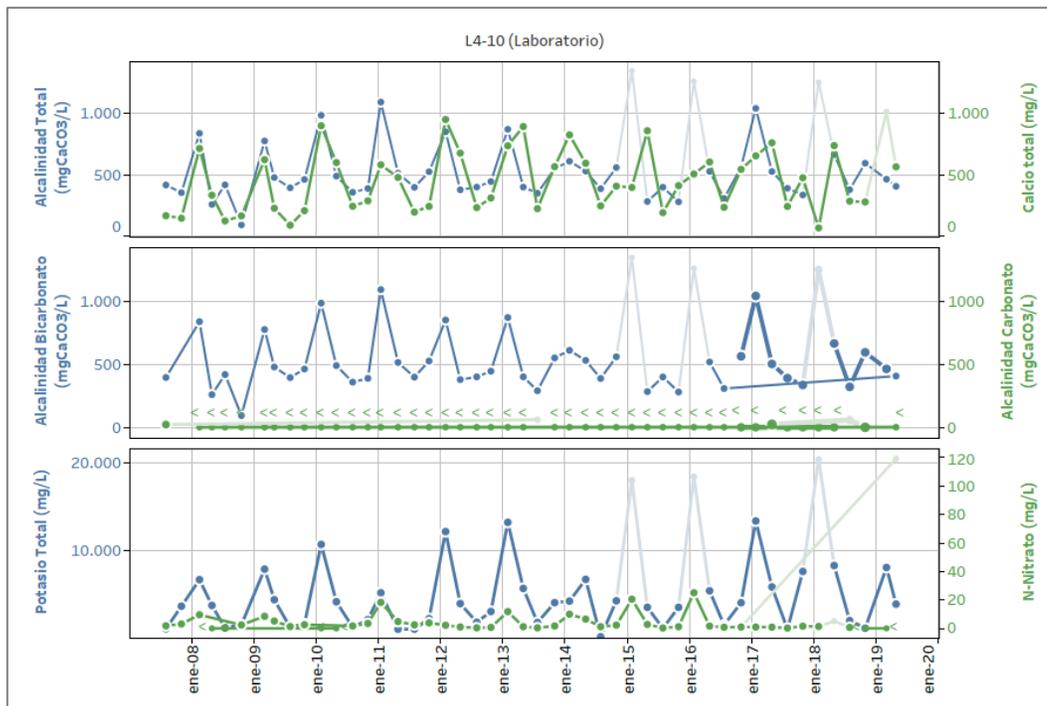
Figura 6-73: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3

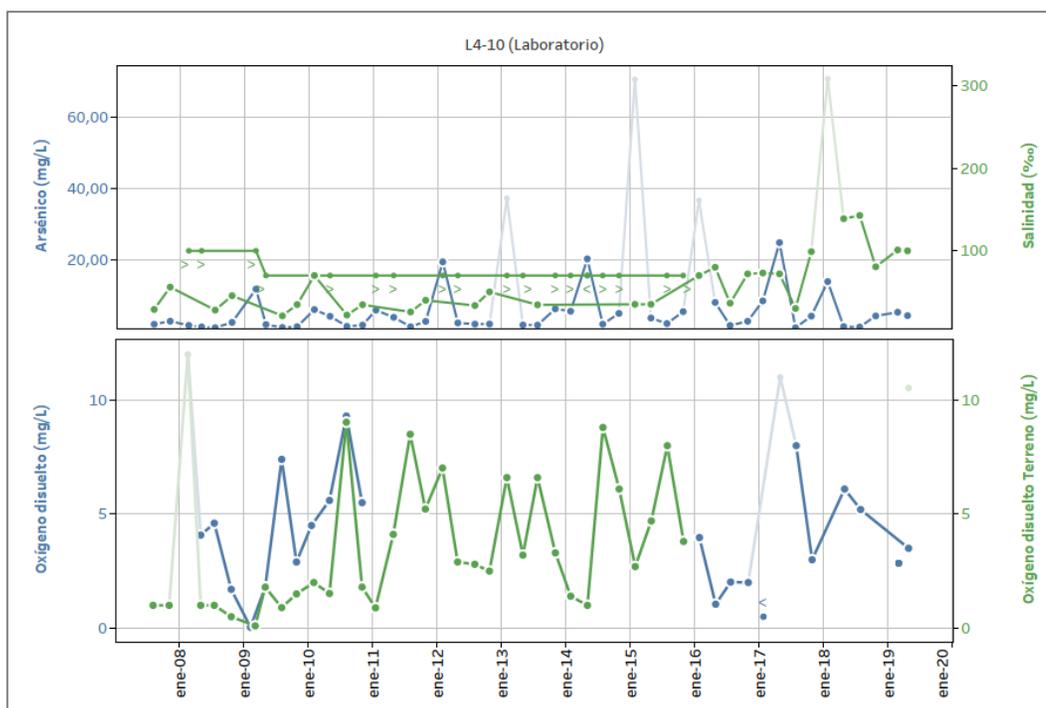


Fuente: Elaboración propia. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-74: 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente y pH ácido en torno 6.

Los menores valores de conductividad se encuentran en el punto más al sur, L5-3, en torno a 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y aumentan a medida que se avanza al W hasta valores cercanos a 240.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el punto L4-6. El pH para estos puntos tiene valores entre 7 y 8.

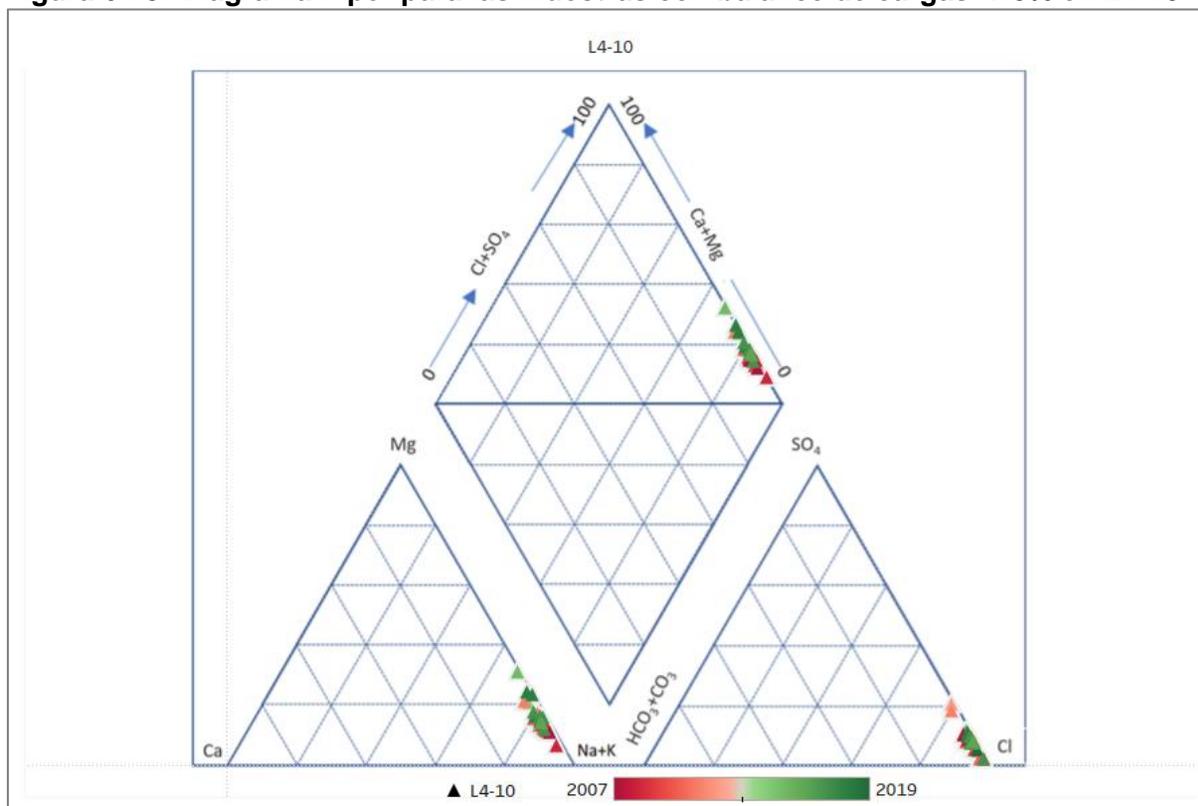
La Reglilla L4-10 presenta como principal característica una marcada estacionalidad, como consecuencia de la evaporación, oscilando su conductividad entre valores en torno a 50.000 y 220.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entre invierno y verano, respectivamente.

En el segundo semestre de 2019, los puntos monitoreados (L4-3 y L4-6), presentan resultados para todos los parámetros dentro del registro histórico.

En la Figura 6-75 se observa el diagrama de Piper para las muestras de la reglilla L4-10 con valores de BI inferiores al 10%. Puede observarse que todas las muestras son cloruradas sódicas no mostrando ninguna tendencia temporal marcada.

En relación con la evolución temporal, el punto L4-3 presenta una leve tendencia descendente para conductividad y densidad de terreno, conductividad, densidad, sólidos disueltos y sólidos Totales. 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

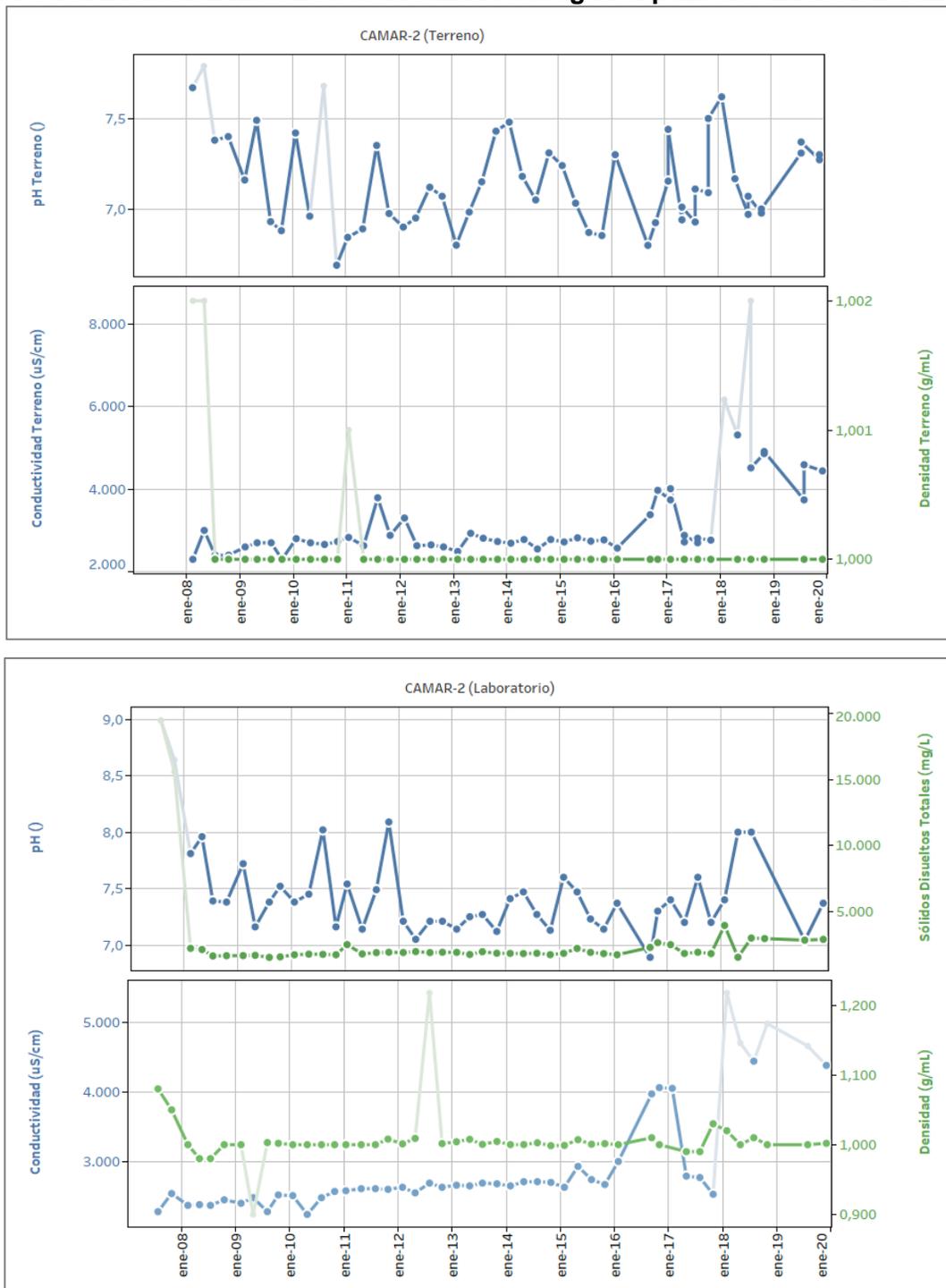
La evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B se presenta en la Figura 6-76 y Figura 6-77 respectivamente.

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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

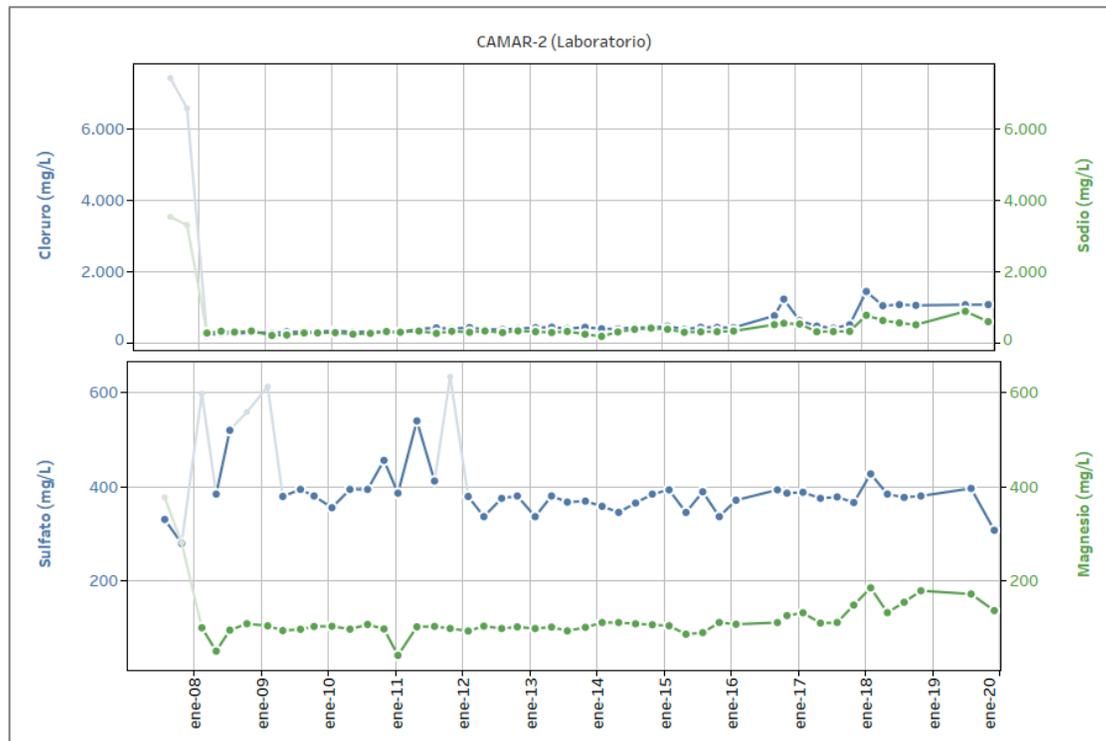
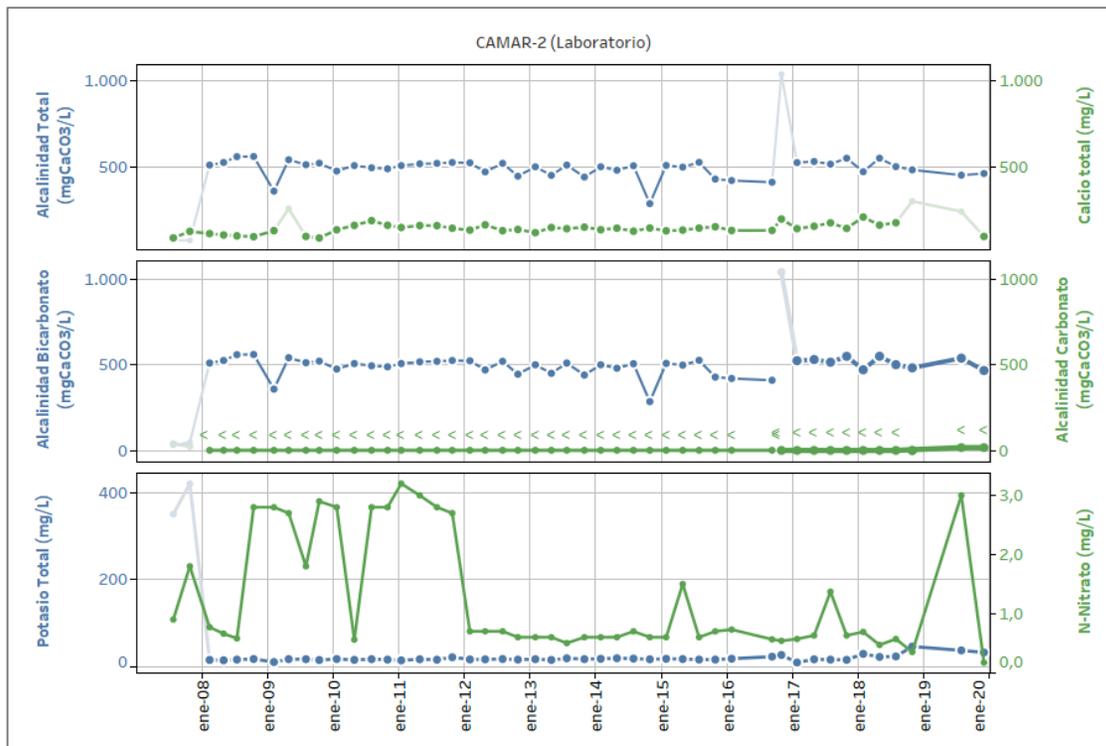
Para el punto Camar-2 se observa en julio de 2019 que para N-Nitrato se estuvo cerca del máximo histórico, retornando en el último trimestre de 2019 a sus valores históricos. Este hecho sugiere que la anomalía tuviera su origen en un error de medición. El sulfato en el último trimestre ha mostrado un valor más bajo que el registro histórico. Los parámetros de hierro y manganeso, han mostrado un aumento en julio hasta valores nunca alcanzados y que posteriormente han descendido, para el caso del hierro los valores continúan en valores superiores al registro histórico. En el primer semestre el punto fue afectado por un aluvión, por lo que no resulta extraño encontrar algunas anomalías.

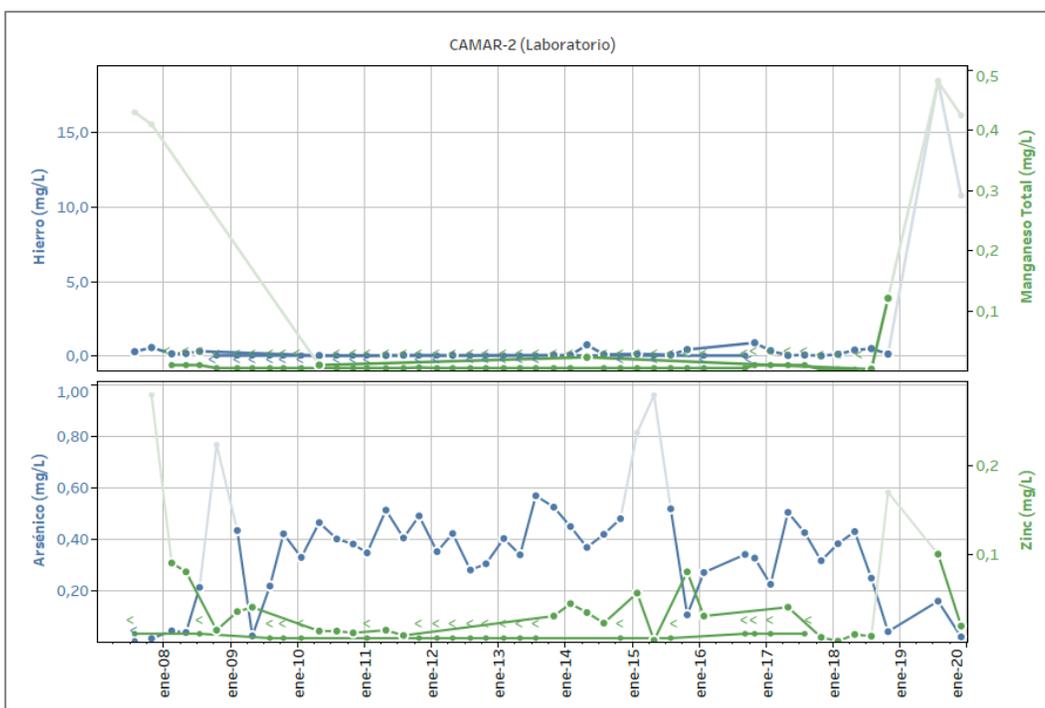
En el punto Socaire-5B todos los parámetros se encuentran dentro del registro histórico, a excepción del hierro y el manganeso que mostraron un aumento también en julio de 2019, retornando a valores normales en el último trimestre.

Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2



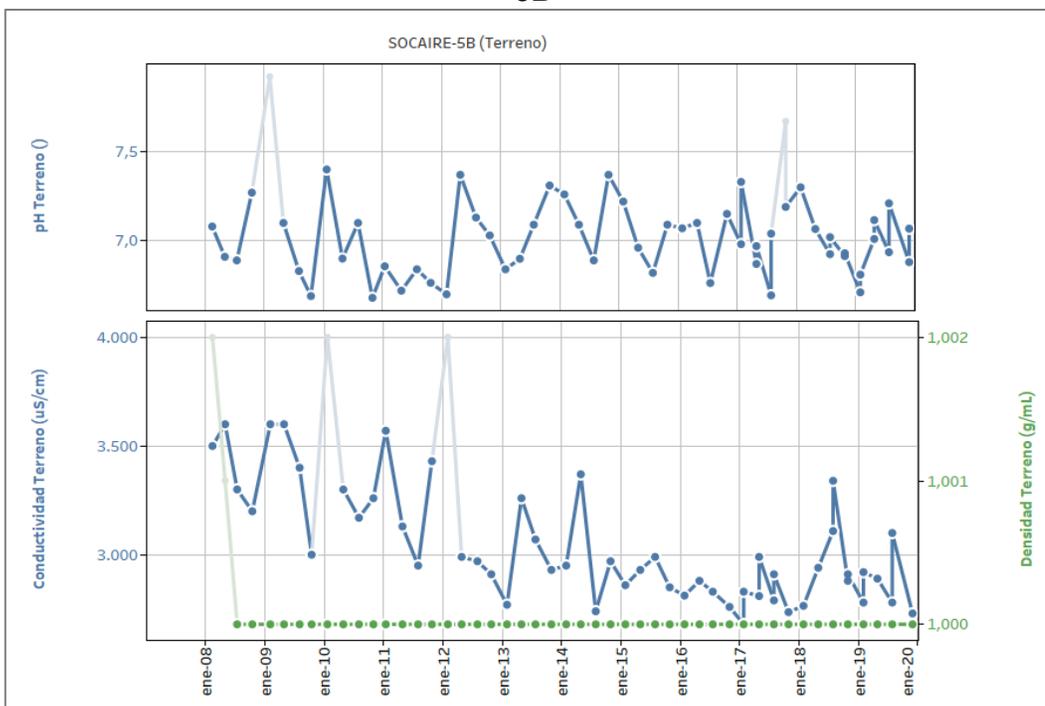
INFORME N.º 26 DEL PSAH PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACA
RCA N.º 226/2006



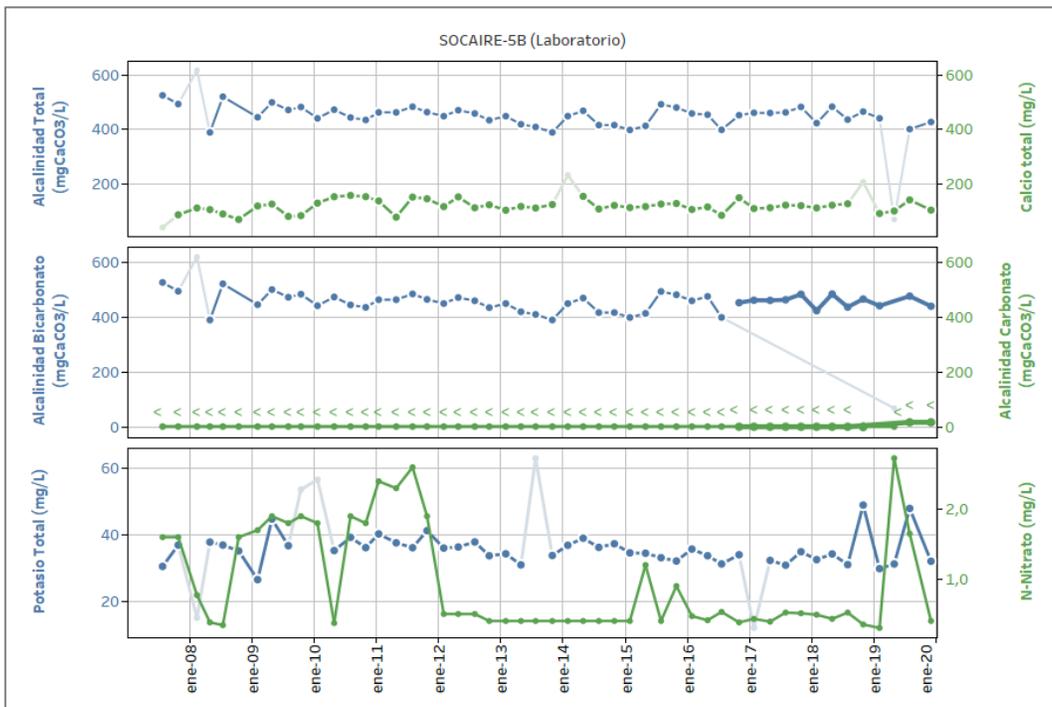
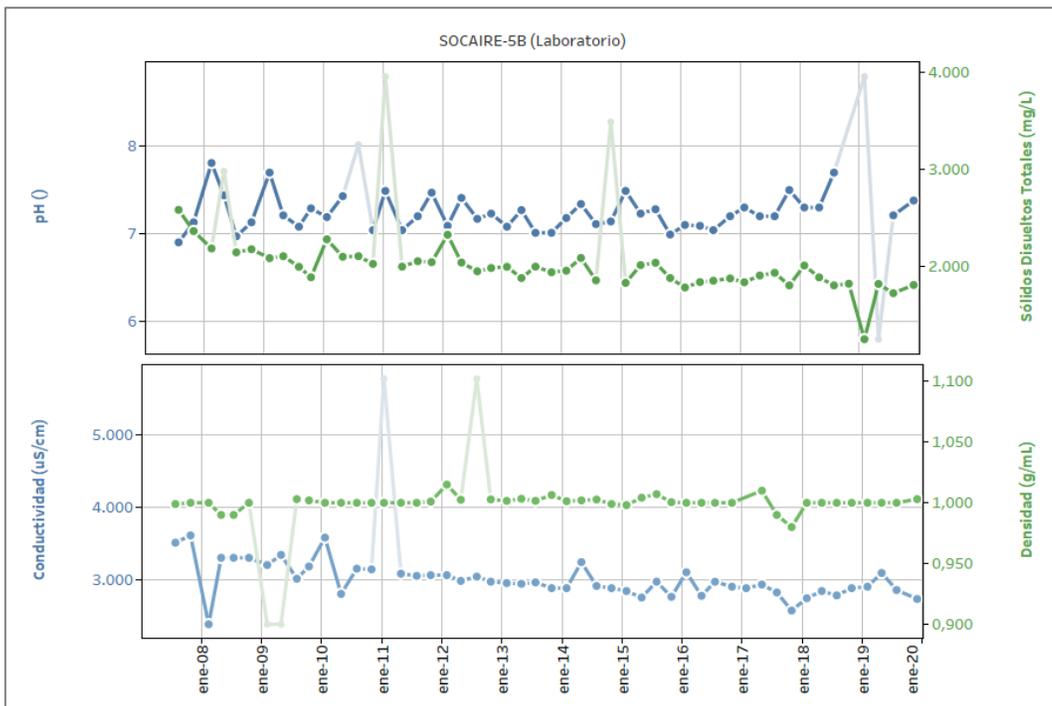


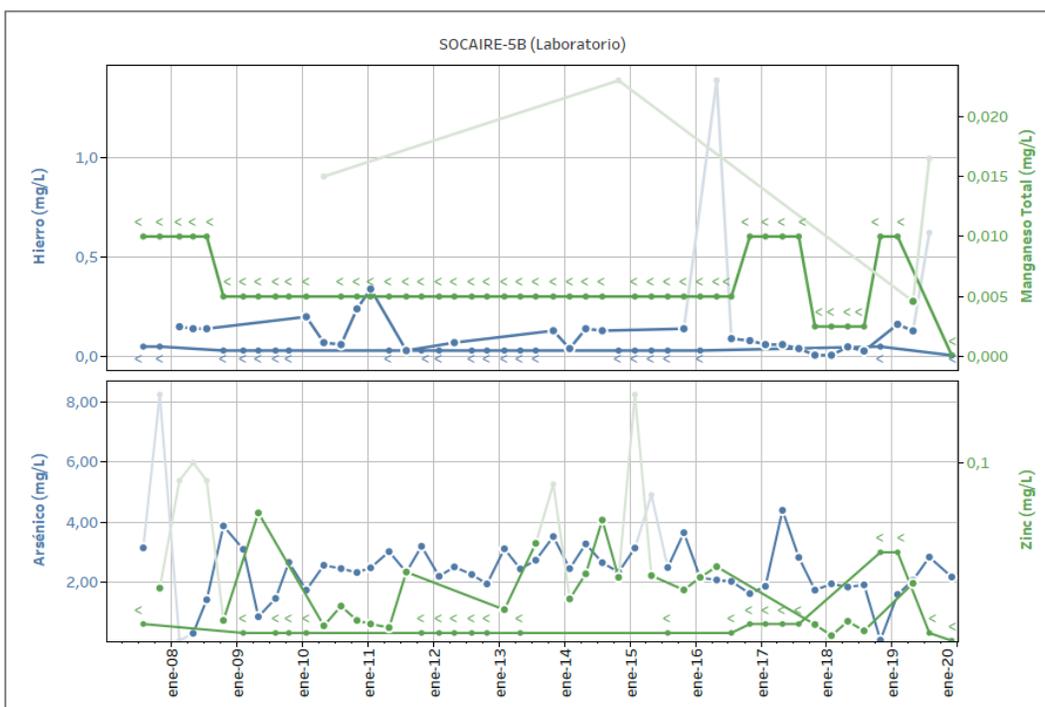
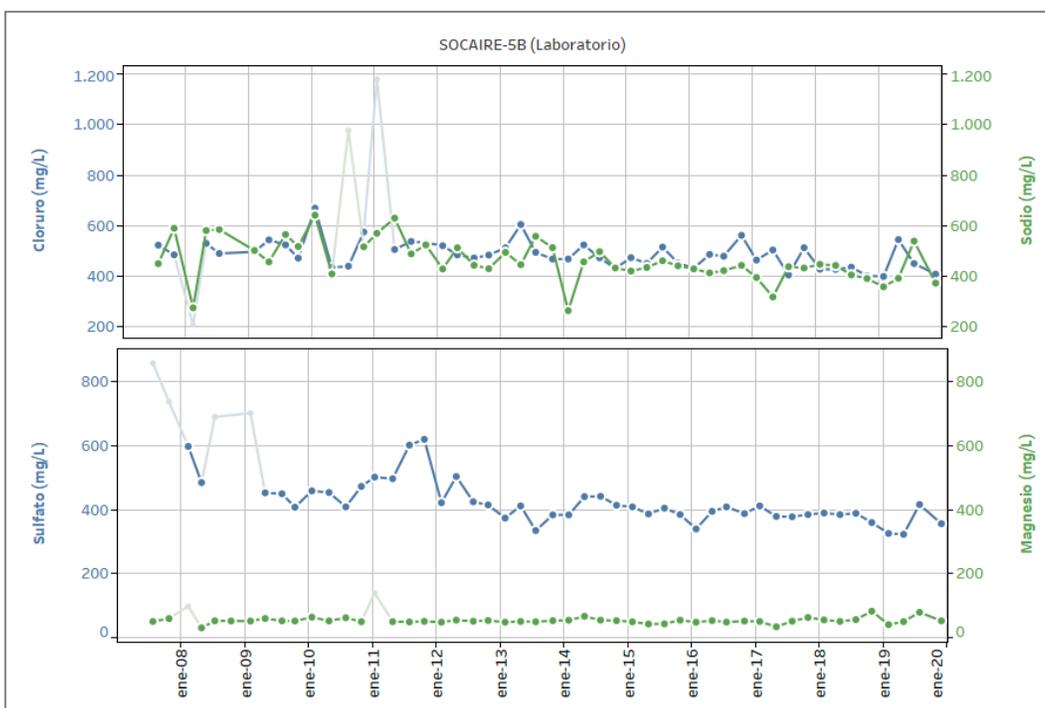
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

Figura 6-77: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B



INFORME N.º 26 DEL PSAH PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACA
RCA N.º 226/2006





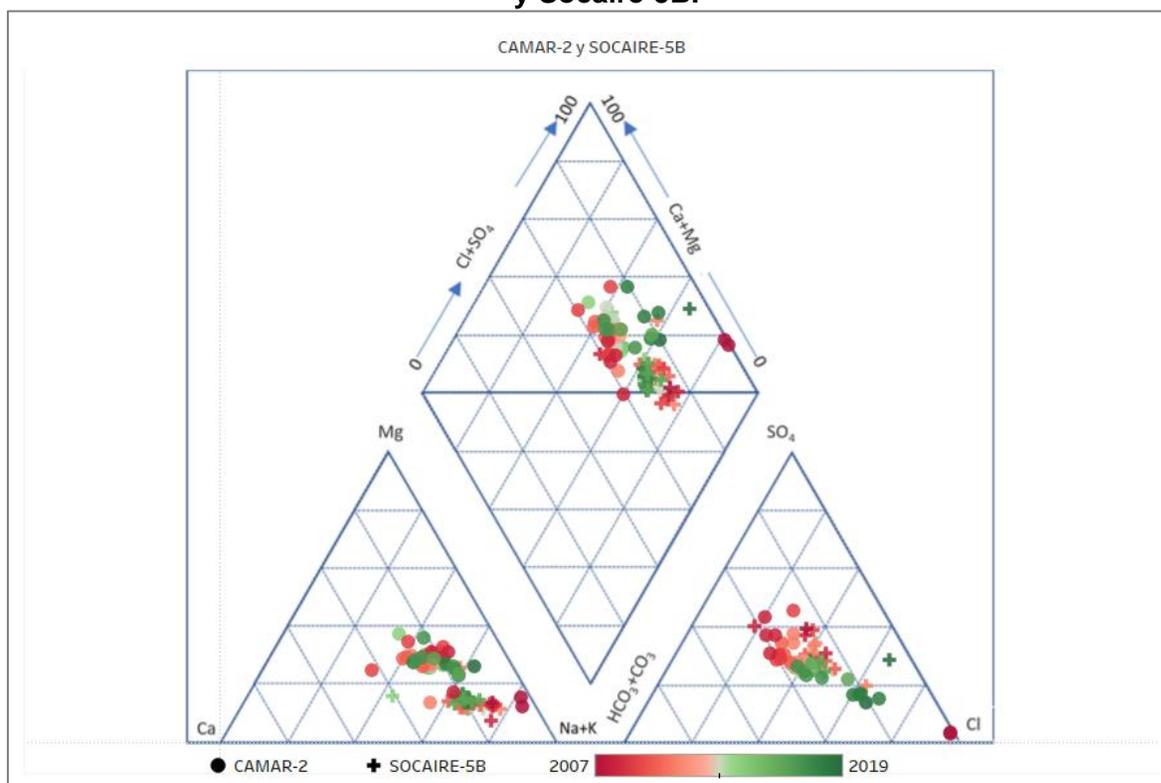
Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" ó ">" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

En la Figura 6-78, 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 6-78, 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 6-78: 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

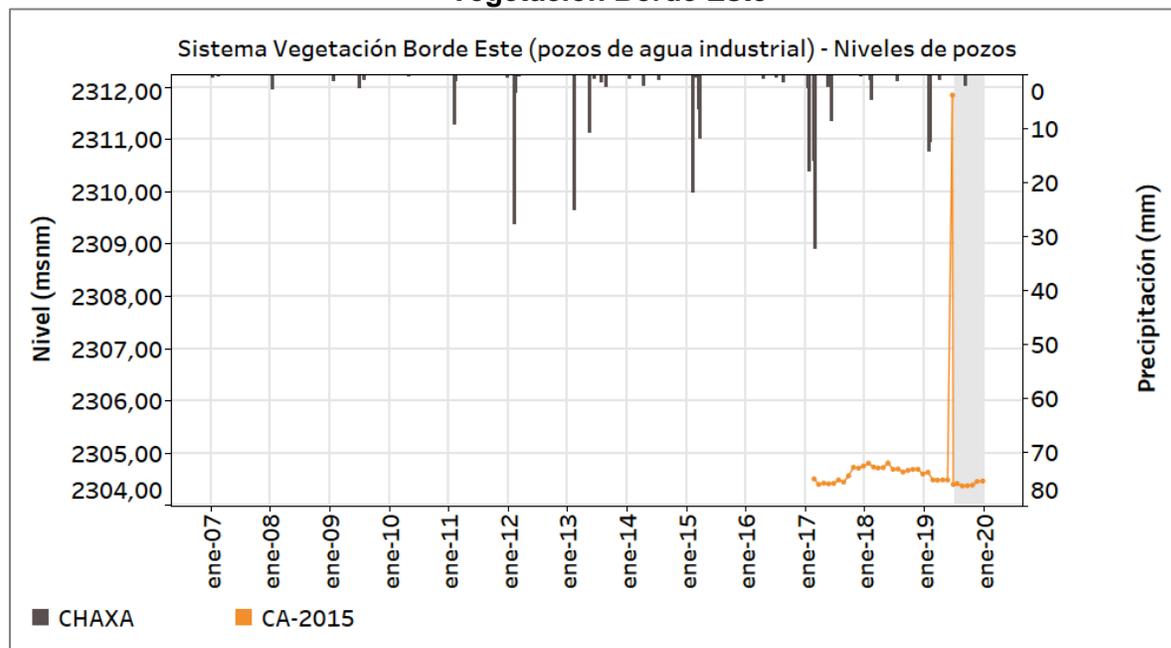
A continuación, se analiza el comportamiento histórico de los pozos pertenecientes al Sistema Vegetación Borde Este. Como ya se ha indicado al inicio de este capítulo, se han descrito los puntos separados en función del sistema hídrico en el que se ubican (sistema Soncor o sistema Aguas de Quelana). Esto ha permitido poder describir y entender mejor la dinámica hidrogeológica de estos sistemas. En este apartado, que 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 reemplazó al pozo P2 a partir de febrero de 2017 (según Res. 296/2016 de la DGA). Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-79. Este pozo ha mantenido su caudal debajo y cercano a los 35 L/s; a partir de julio de 2019 disminuyó el caudal promedio y desde entonces ha estado oscilando alrededor de los 30 L/s. De todas formas, el nivel en este pozo, para este semestre de 2019, se ha mantenido alrededor de 2.304,41 m s.n.m.

Figura 6-79: Niveles medidos en el pozo de agua industrial perteneciente al sistema de Vegetación Borde Este



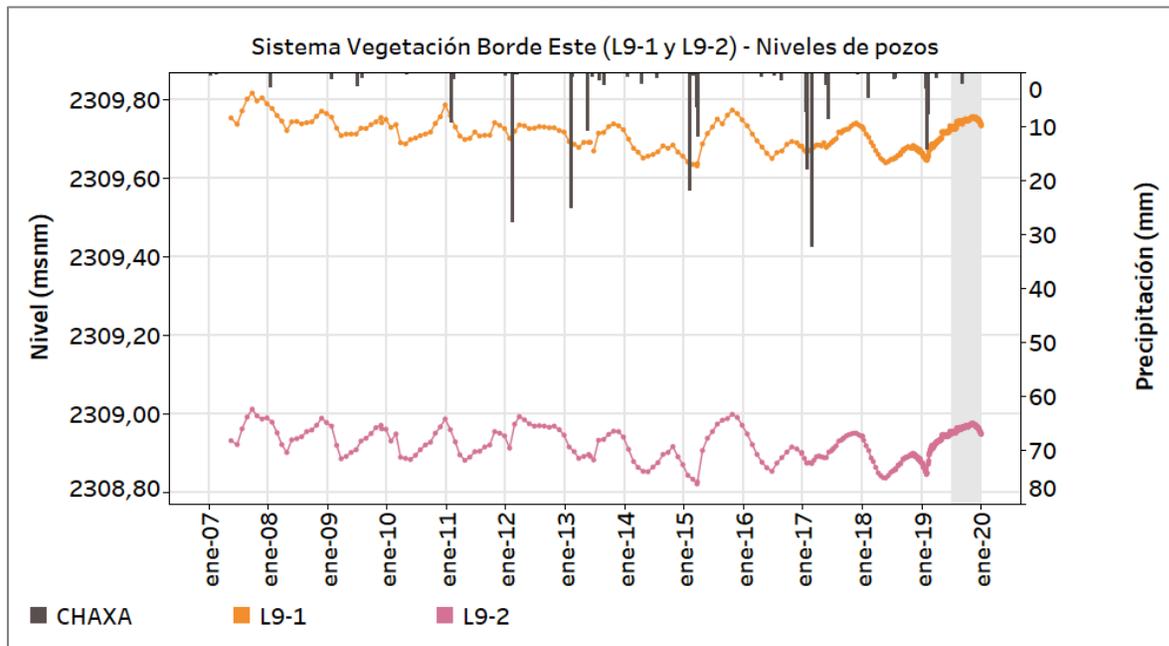
Fuente: Elaboración propia.

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 6-80 y descensos calculados en la Figura 6-81) 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.

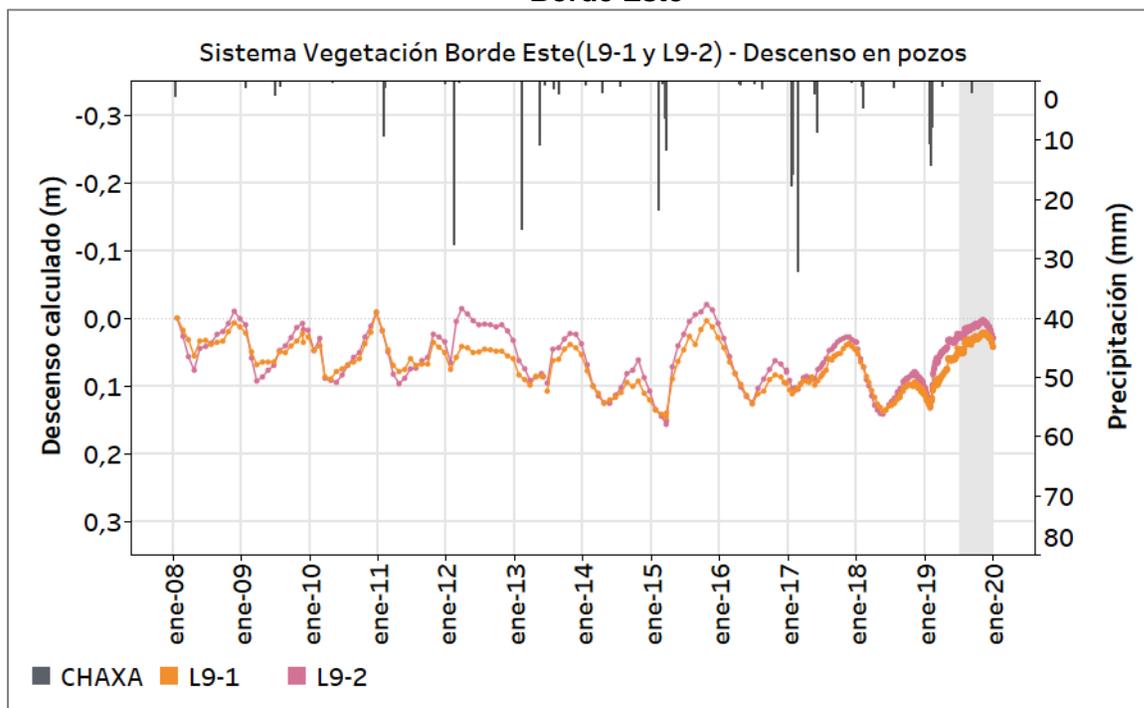
De los niveles medidos en el segundo semestre de 2019, se observa cómo se ha alcanzado el máximo en noviembre propio de los ciclos estacionales que registran estos puntos. Este máximo ha alcanzado una cota más elevada, con respecto los ciclos de los años más secos y parecida a los otros años con lluvias intensas (2012, 2015 y 2017).

Figura 6-80: Niveles medidos en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-81: Descensos calculados en los puntos L9-1 y L9-2 del sistema Vegetación Borde Este

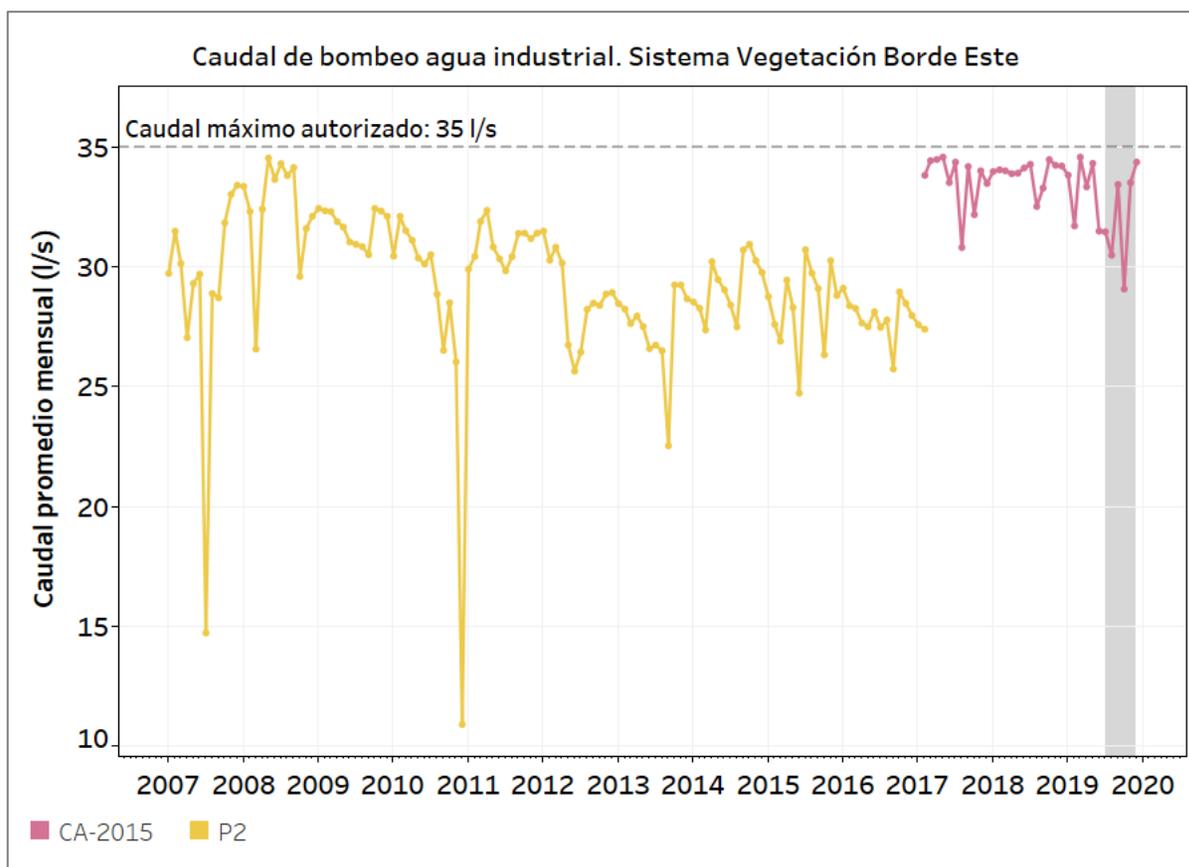


Fuente: Elaboración propia.

Caudal Bombeado

En la Figura 6-82 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). Se observa también una disminución gradual de los caudales bombeados en P2 en el período previo a su reemplazo. Existe una disminución de los caudales bombeados en el pozo CA-2015 durante el segundo semestre de 2019, alcanzando un mínimo de 29,07 L/s para el mes de octubre (ver anexo 12).

Figura 6-82: Caudal bombeado - Sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 2019 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.

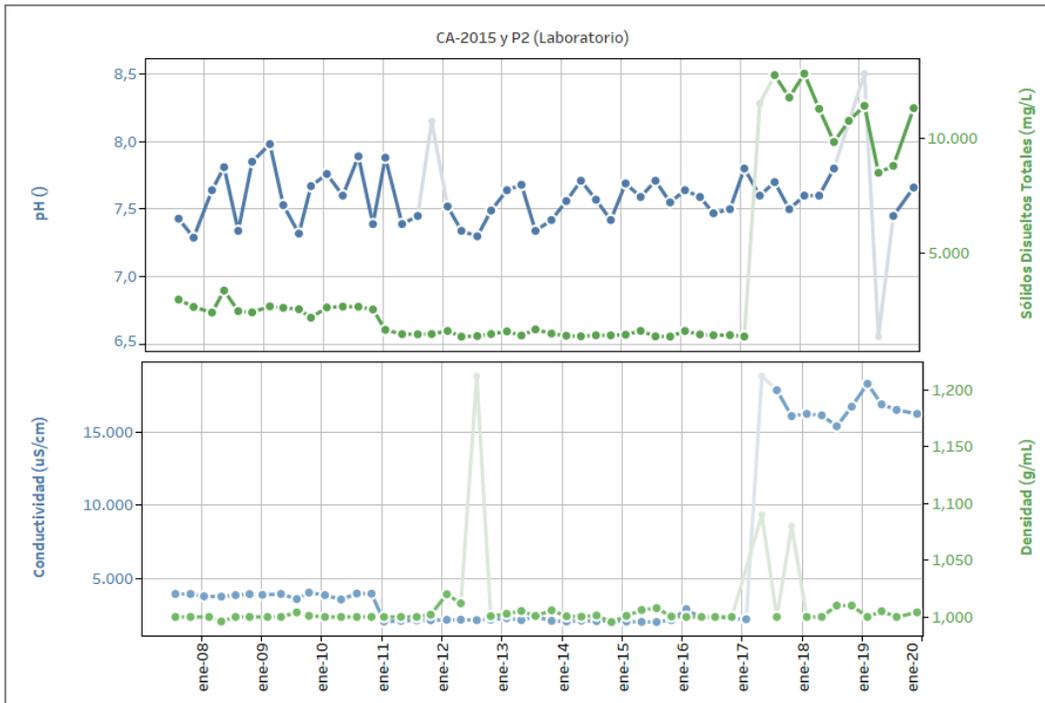
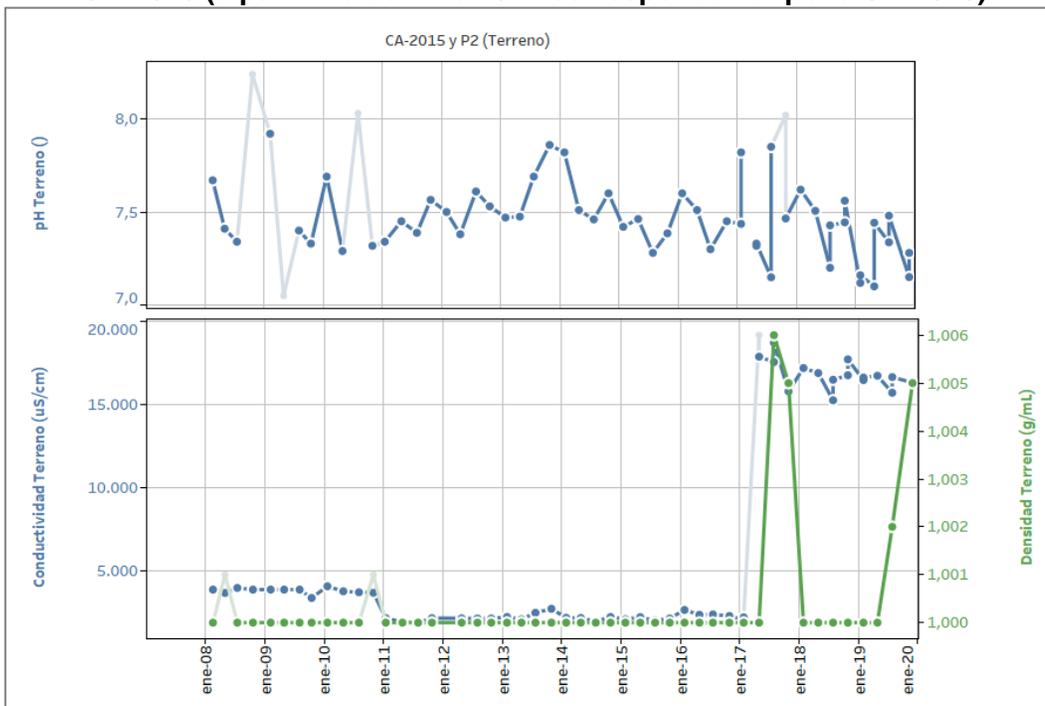
El monitoreo de este sistema se realiza en los pozos L2-4, L4-3, L7-3 y en el pozo de extracción de agua industrial P2 (actual CA-2015). Los tres pozos de monitoreo de agua subterránea (L2-4, L4-3, L7-3) corresponden también a puntos de monitoreo de otros sistemas y fueron presentados en las secciones 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 6-83).

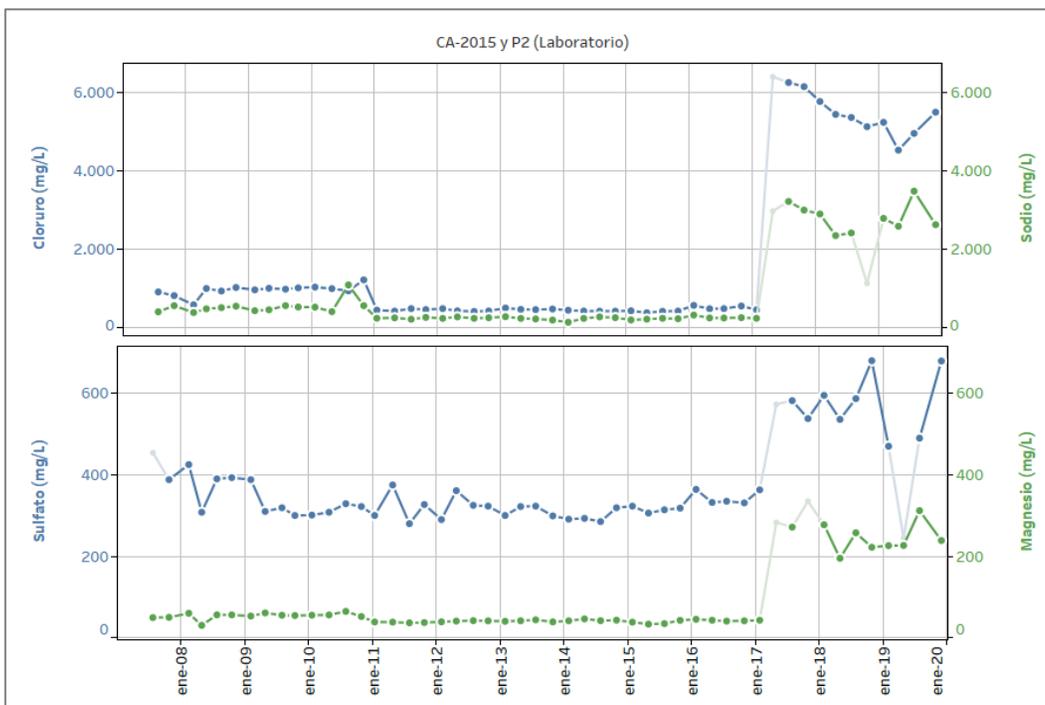
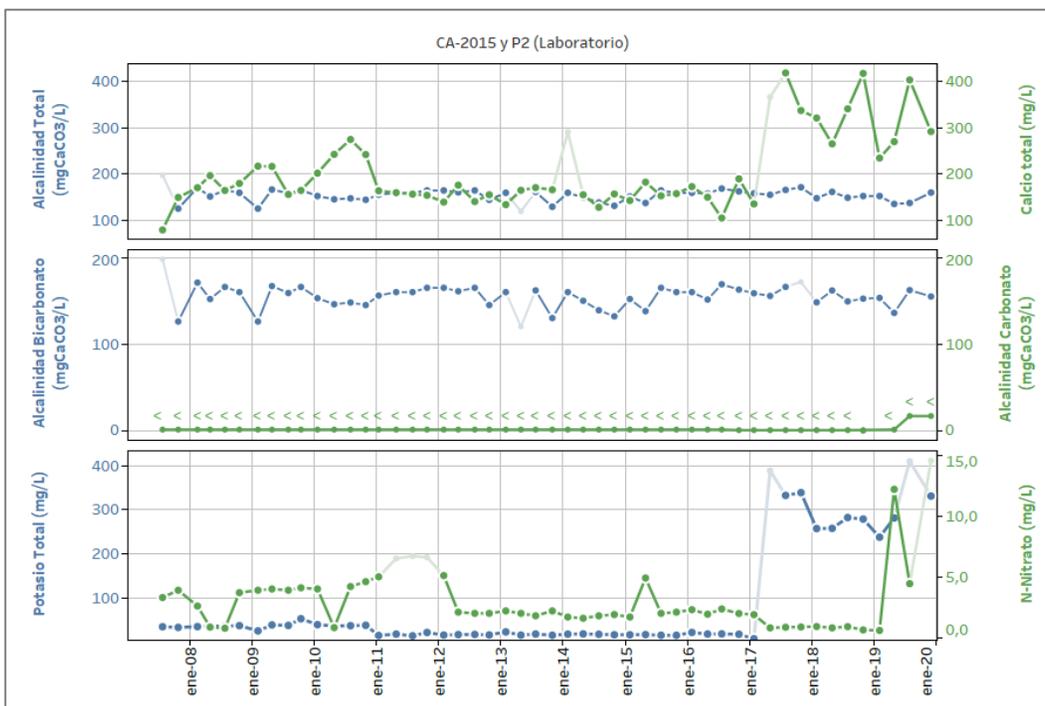
Ambos puntos, P2 y CA-2015 presentan aguas de baja conductividad (menor a 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente) y concentraciones en general también bajas, al encontrarse en el acuífero aluvial que representa las aguas de recarga a la zona marginal y proveniente de las aguas infiltradas en los Altos Andinos.

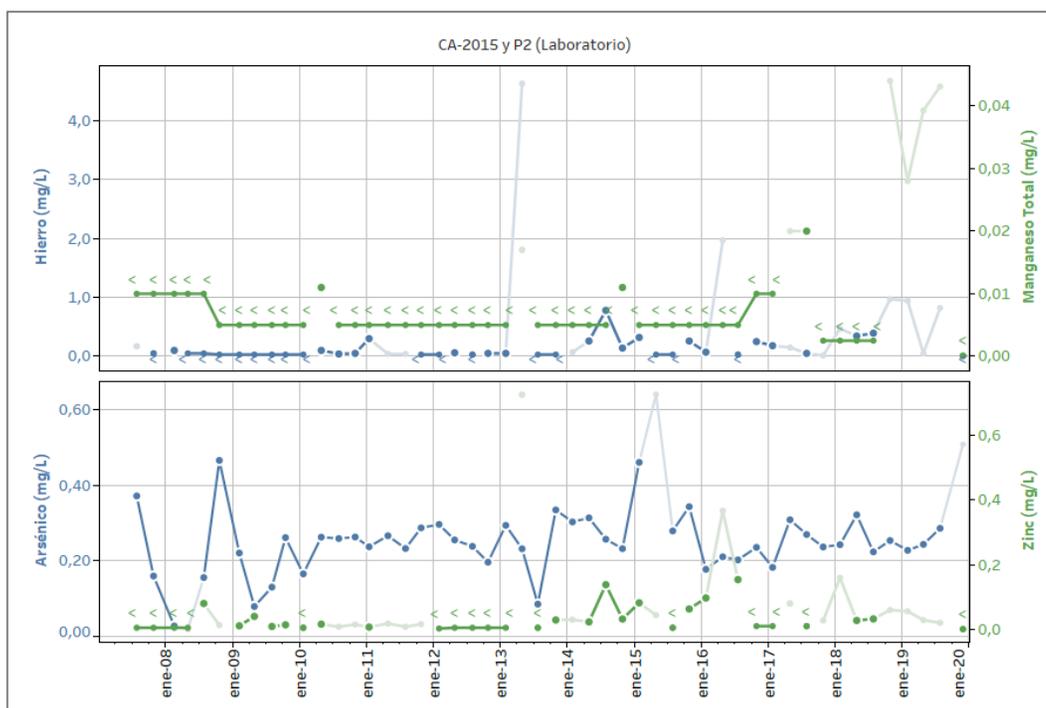
En este semestre la mayor parte de las variables analizadas se han mantenido dentro de los rangos de variación histórica, únicamente hay 4 parámetros que han alcanzado valores superiores al máximo histórico: potasio y sodio en julio, que retornaron a valores dentro del rango histórico en la última medición del semestre. Como se ya se ha comentado en el capítulo de resultados (5.1.4), en la muestra de julio se obtuvo un resultado de balance iónico del 15%, por lo que estas concentraciones que posteriormente retornaron a valores normales explican ese desbalance. Para el mes de noviembre se observaron valores mayores al registro histórico para nitrógeno nitrato y arsénico. Es destacable también que la concentración de manganeso, que se encontraba alta desde octubre de 2018, ha descendido al límite de detección en la medición del último trimestre de 2019.

Figura 6-83: 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)



INFORME N.º 26 DEL PSAH PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACA
RCA N.º 226/2006



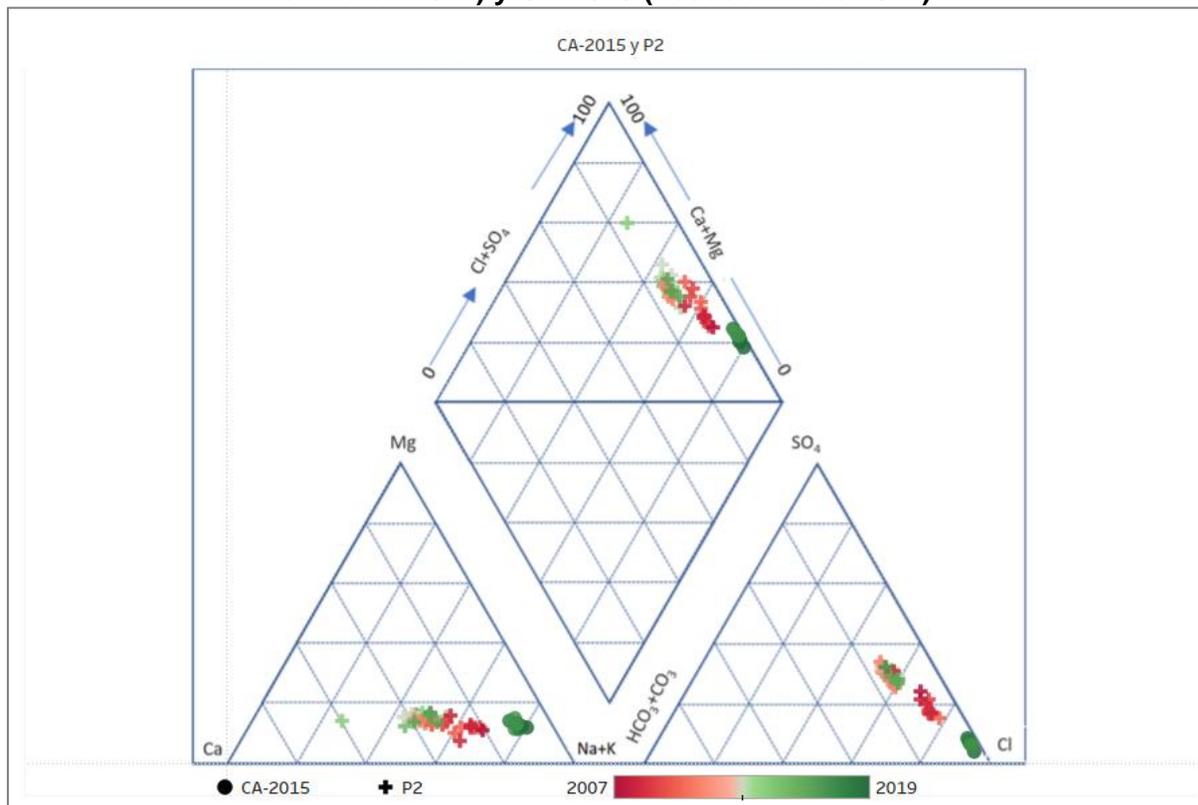


Fuente: Elaboración propia. Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. En el gráfico se muestran los colores para los parámetros igual que el color en los ejes respectivos. Los valores validados (ver apartado 4.4.8) se muestran con resalte.

La Figura 6-84 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 6-84, 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 6-83, 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 6-84: 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

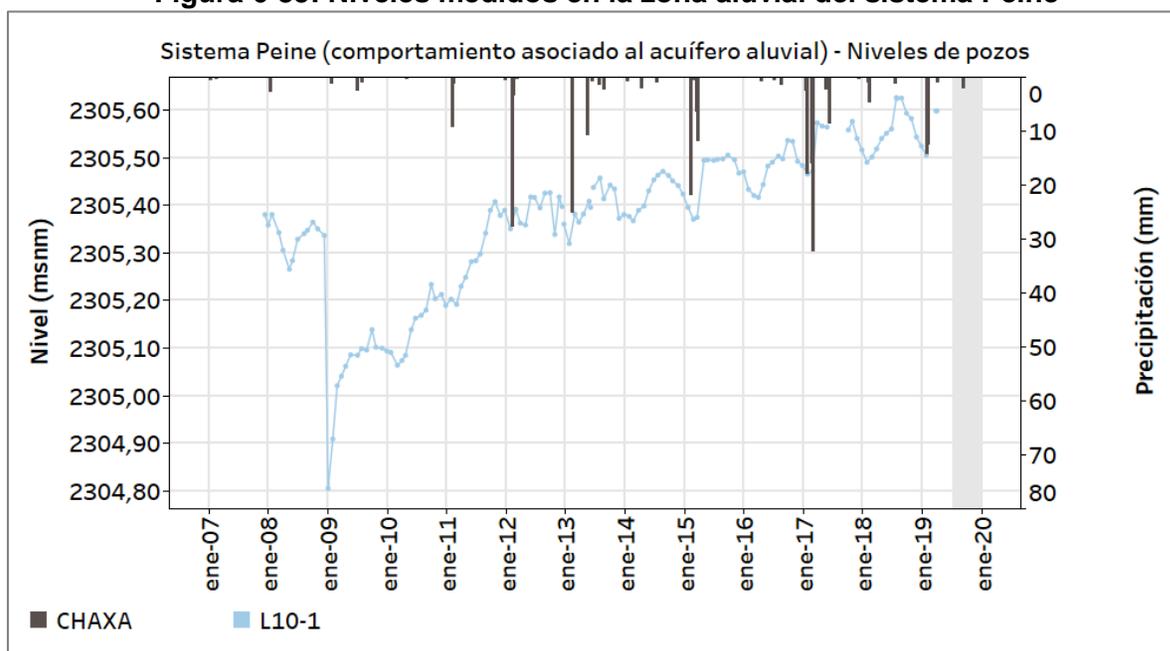
Pozos en zona aluvial

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 se 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 6-85 se muestran los niveles históricos medidos, se puede ver como presenta oscilaciones, pero no son regulares y 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 continuas desde enero de 2019⁶⁵, por lo que no se puede comprobar la tendencia actual de este punto.

Figura 6-85: Niveles medidos en la zona aluvial del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Pozos en zona marginal

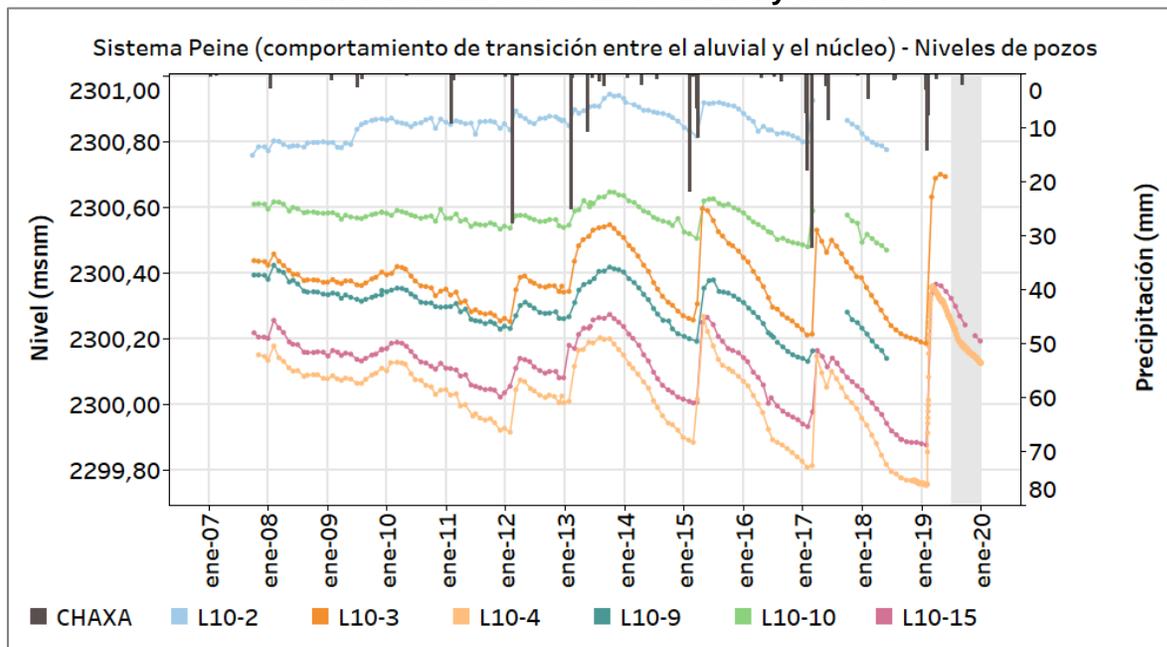
Desde la Zona aluvial hacia el Noroeste, siguiendo la dirección del flujo, se encuentra la Zona Marginal, donde los niveles muestran un comportamiento mixto entre el observado en el L10-

⁶⁵ 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 5.1.5.

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 6-86. 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). Estos últimos puntos además muestran la misma respuesta a los eventos de precipitación que la que se observa en los pozos del núcleo.

Durante el segundo semestre de 2019 solo se ha podido acceder a los puntos L10-4 y L10-15, que muestran una recuperación después del máximo registrado por la lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-86: Niveles medidos en los puntos que muestran un comportamiento de transición entre el acuífero aluvial y el núcleo



Fuente: Elaboración propia.

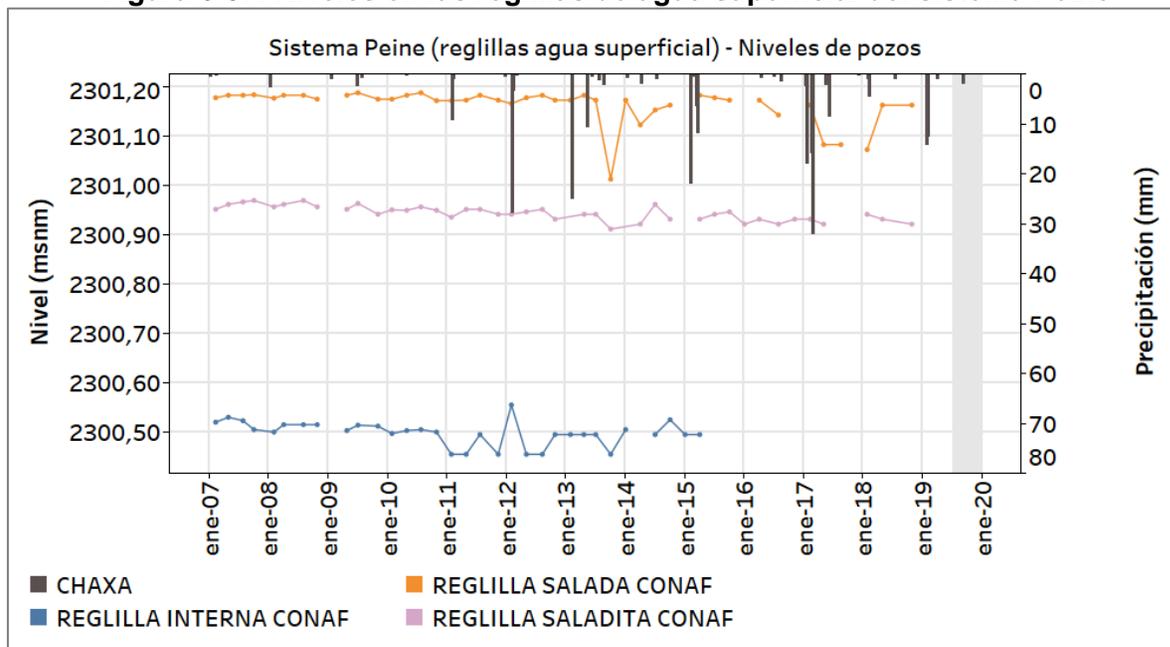
Nivel de agua superficial y lacustre

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 6-87.

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 mostró 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 segundo semestre de 2019, por lo que no es posible verificar las tendencias actuales de estos puntos.

Figura 6-87: Niveles en las reglillas de agua superficial del sistema Peine



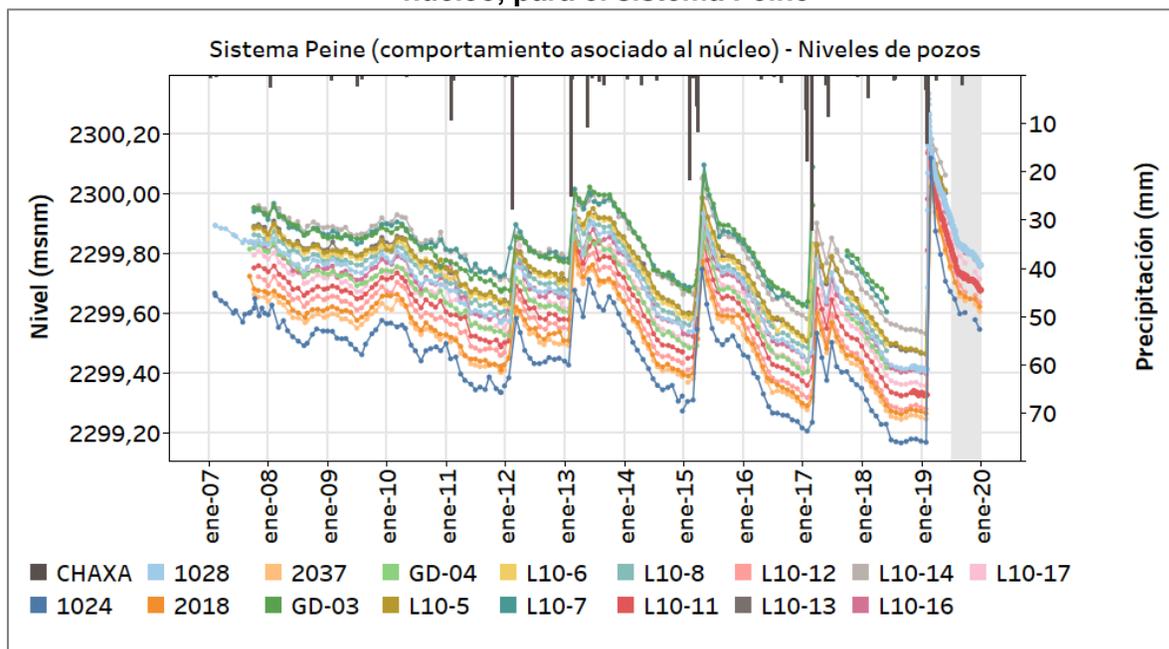
Fuente: Elaboración propia.

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), 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 corto tiempo de haber cedido dichos eventos. Los niveles medidos se muestran en la Figura 6-88, 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 próximos a la zona marginal.

Por otro lado, se observa también que los niveles se encuentran a cotas muy próximas entre ellas, dando pie a un gradiente hidráulico bajo; por ejemplo, entre el GD-03 y el L10-12 hay 20 cm de diferencia promedio sus niveles, mientras que distan 6,8 km.

Figura 6-88: Niveles medidos en los puntos asociados al comportamiento en el núcleo, para el sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

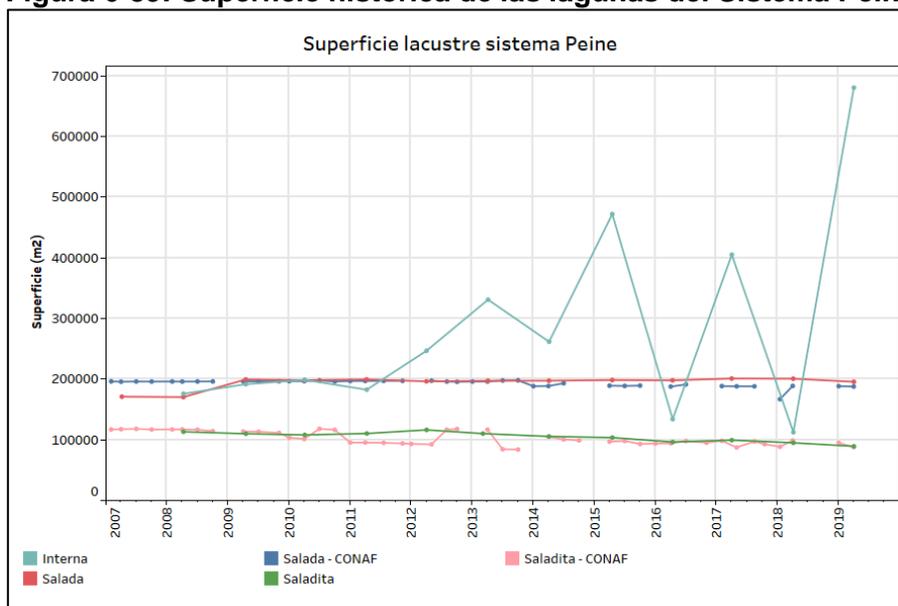
Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

Los sistemas lacustres de Peine son alimentados por un canal que es el resultado de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema. Las lagunas que componen este sistema son Salada, Saladita e Interna. Esta última laguna está formada por los desbordes de la Laguna Saladita, y su morfología es muy variable de un año a otro.

En la Figura 6-89 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 en el actual periodo (2019) y 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 año 2019 se observa una leve baja en la superficie de las lagunas Salada y Saladita, la que sería compensada con el fuerte incremento registrado en la laguna Interna.

Figura 6-89: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 2019 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

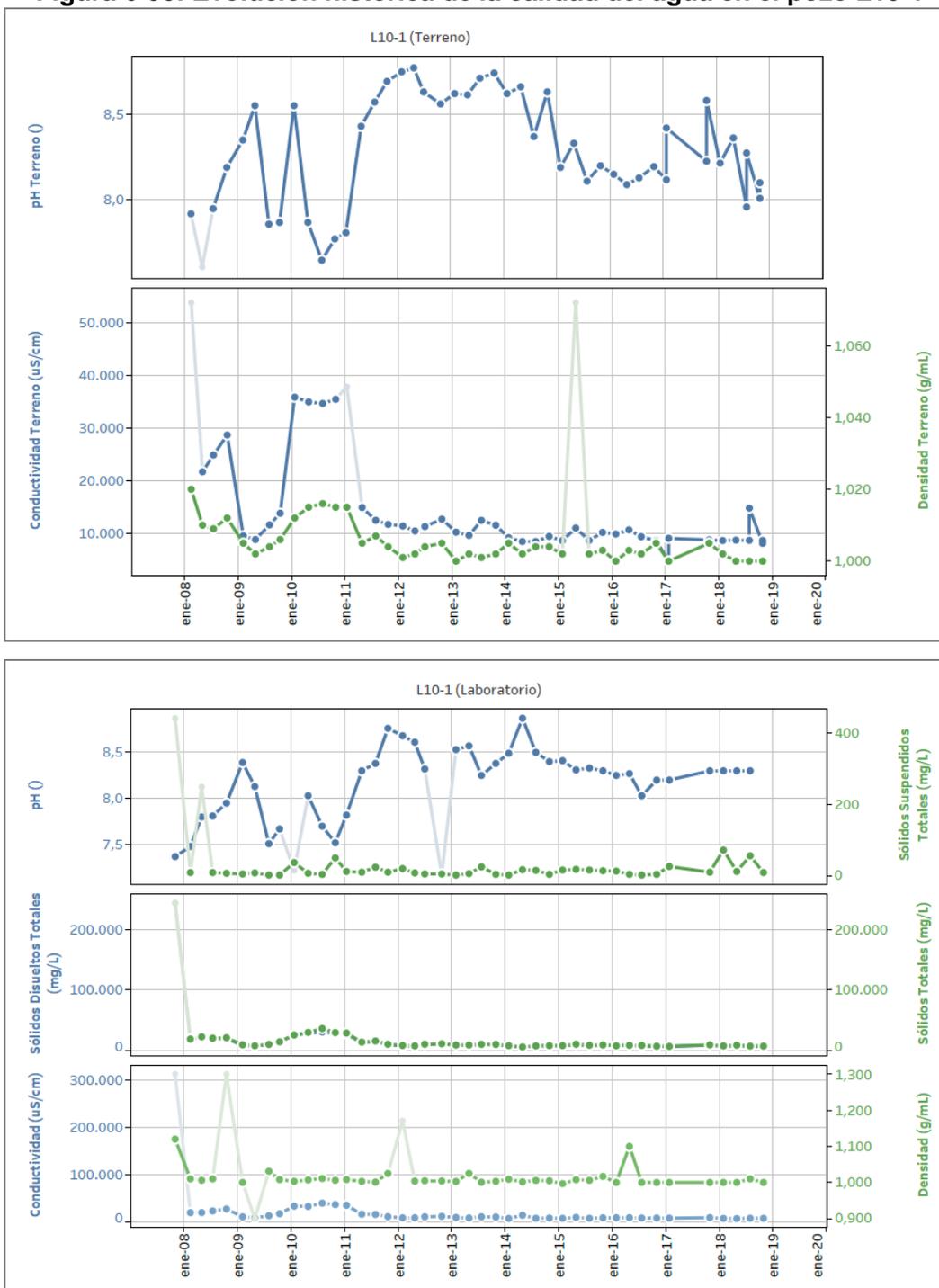
La calidad química del agua subterránea en el sistema Peine es monitoreada en los pozos L10-1, L10-4 y 1028, la evolución temporal para los distintos parámetros en estos pozos se muestra en la Figura 6-90, Figura 6-91 y Figura 6-92⁶⁶ presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos. Como ya se ha descrito en el capítulo de resultados (5.1.5), 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Como puede observarse, en el pozo L10-4 la CE, densidad, SDT, ST que en el anterior semestre superaron los máximos registrados en el semestre actual han retornado a valores que se encuentran dentro del registro histórico. los parámetros monitoreados el segundo semestre en el pozo 1028 se encuentran dentro de lo observado históricamente.

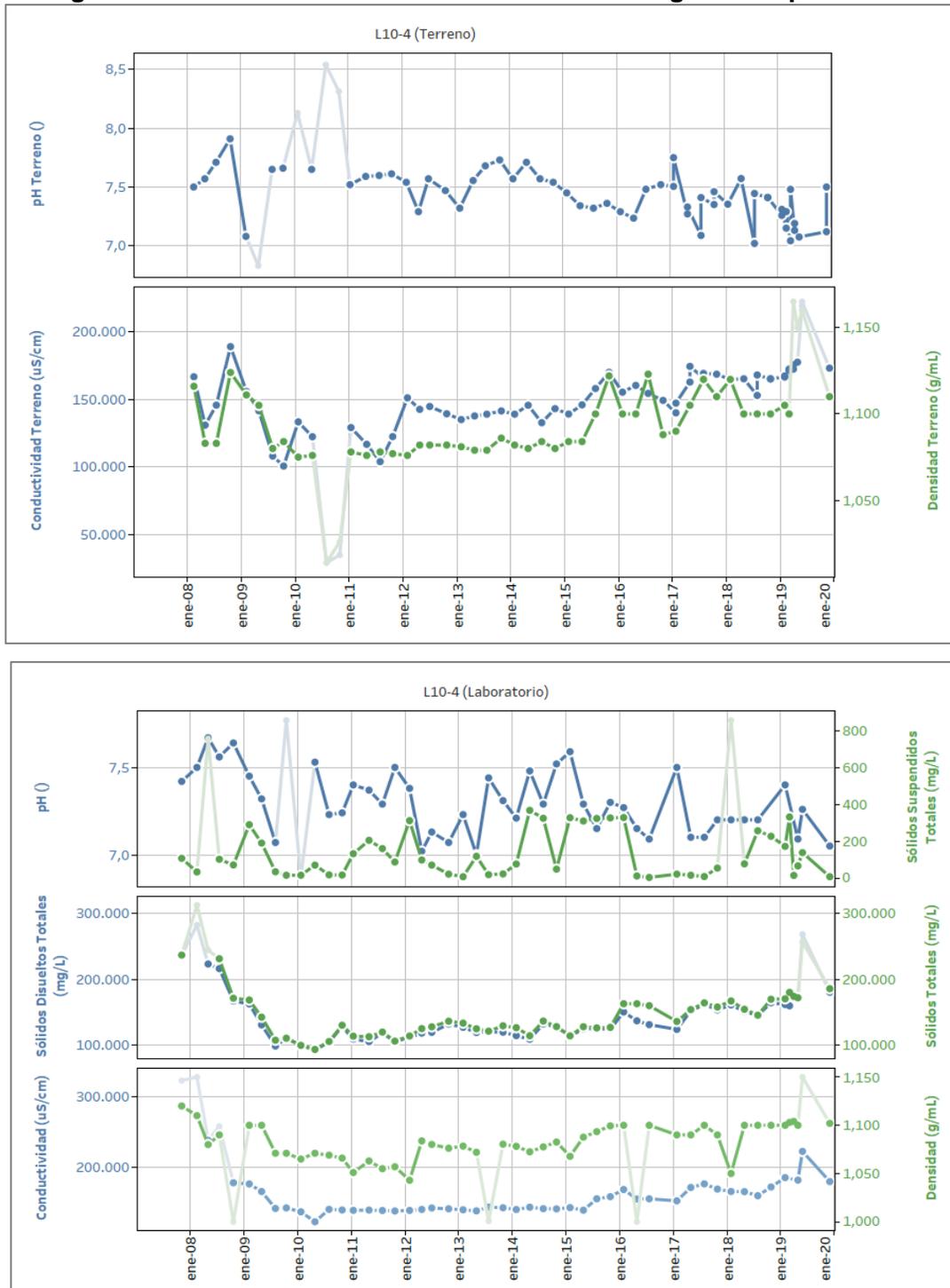
⁶⁶ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

Figura 6-90: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-91: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-92: 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

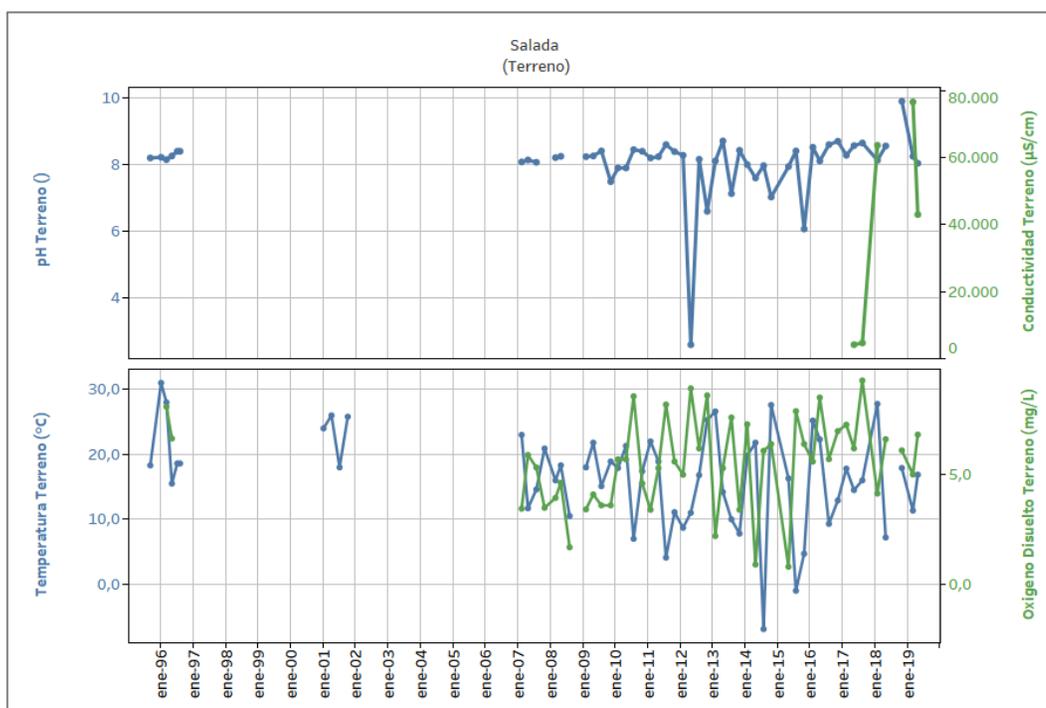
densidad de terreno y laboratorio y para sólidos disueltos y totales. El pH muestra tendencia descendente. El punto 1028 se muestra estable en todos sus parámetros, mostrando únicamente una leve tendencia al ascenso para el pH.

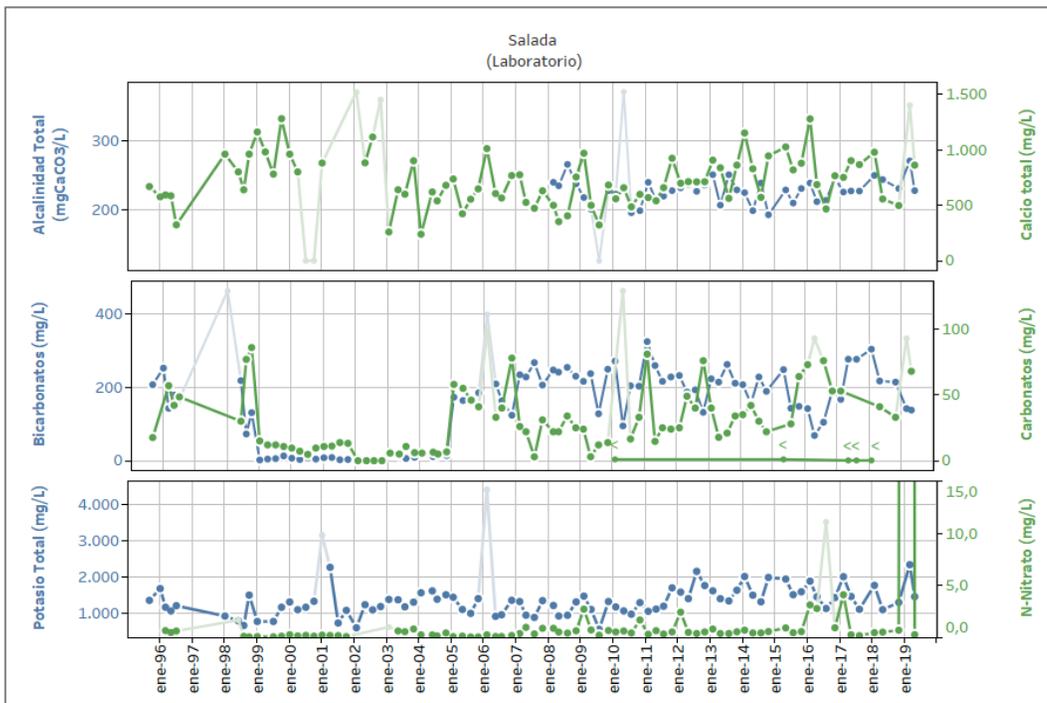
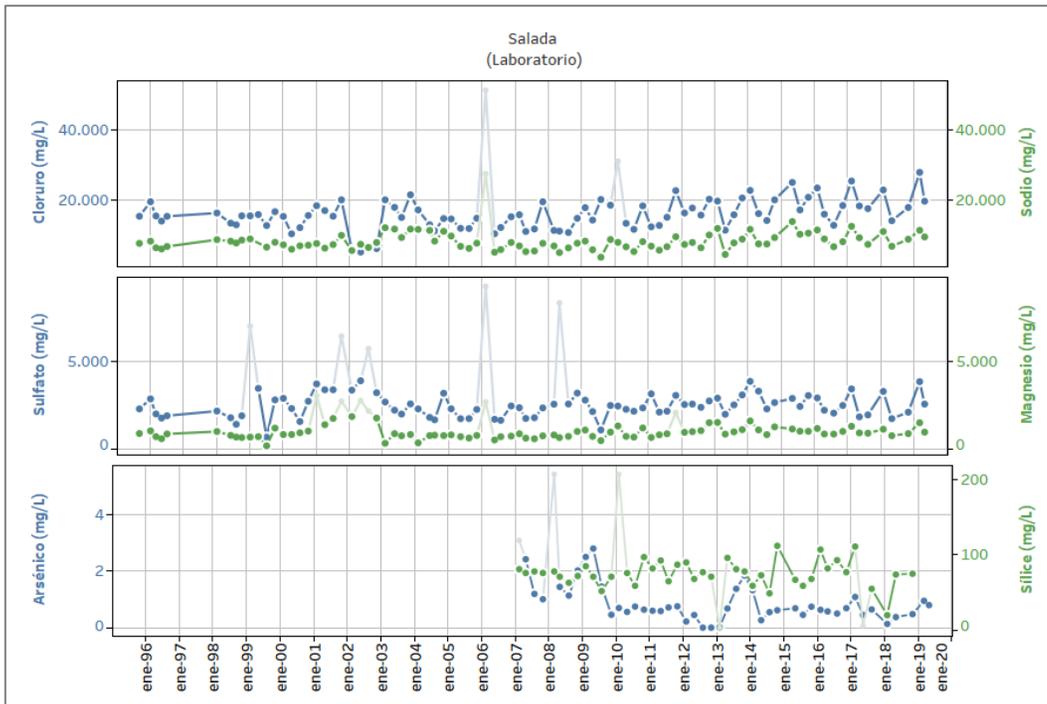
Calidad del agua en sistemas lacustres

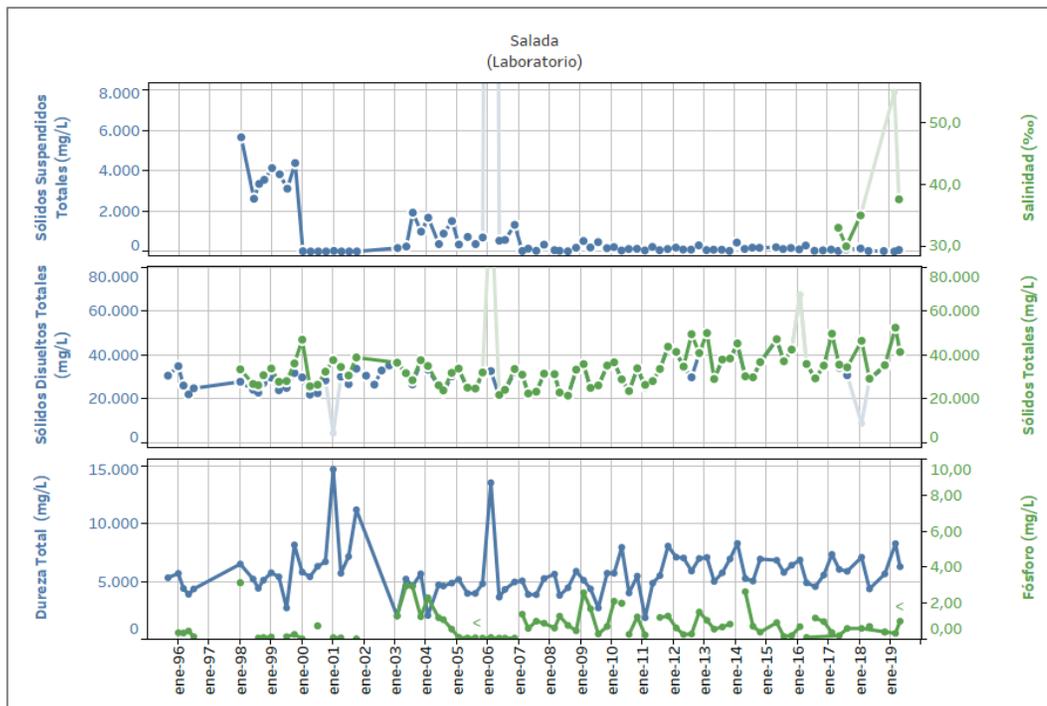
Las Figura 6-93, Figura 6-94 y Figura 6-95, presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en las lagunas Salada, Saladita e Interna, respectivamente. Como se comentó en el apartado 5, en el segundo semestre de 2019 no resultó posible acceder a muestrear estos puntos. Desde los informes de CONAF, "Hábitat y población de avifauna en el Salar de Atacama" se ha podido completar la serie de evolución temporal entre 2002 y 2007 para los parámetros del exconvenio CONAF.

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 6-93: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

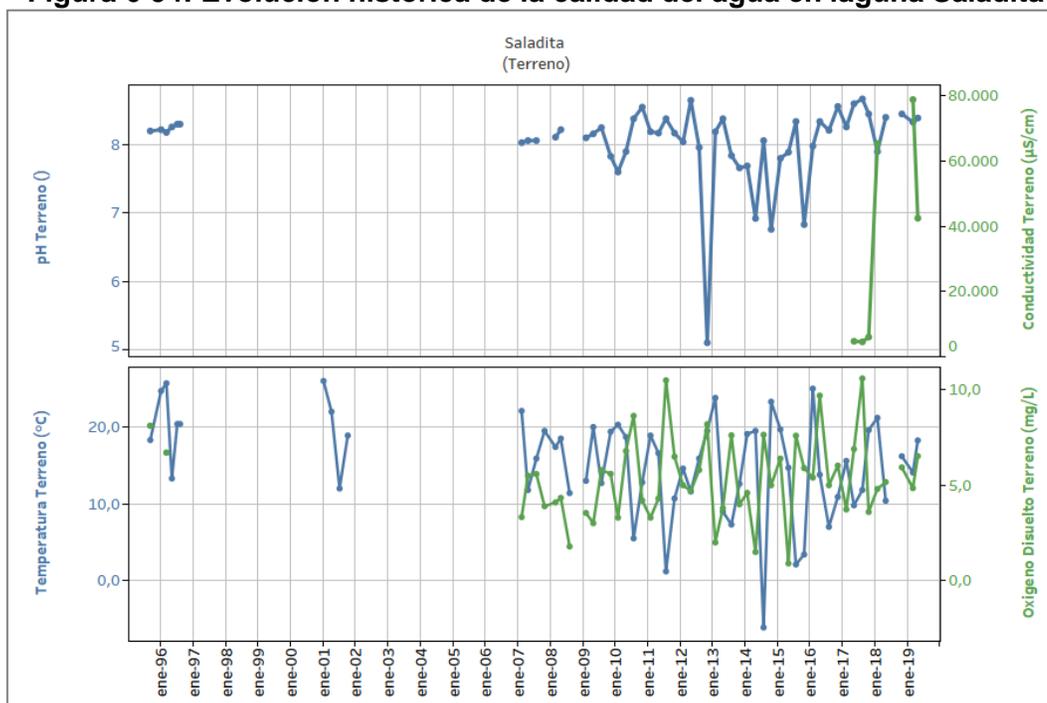


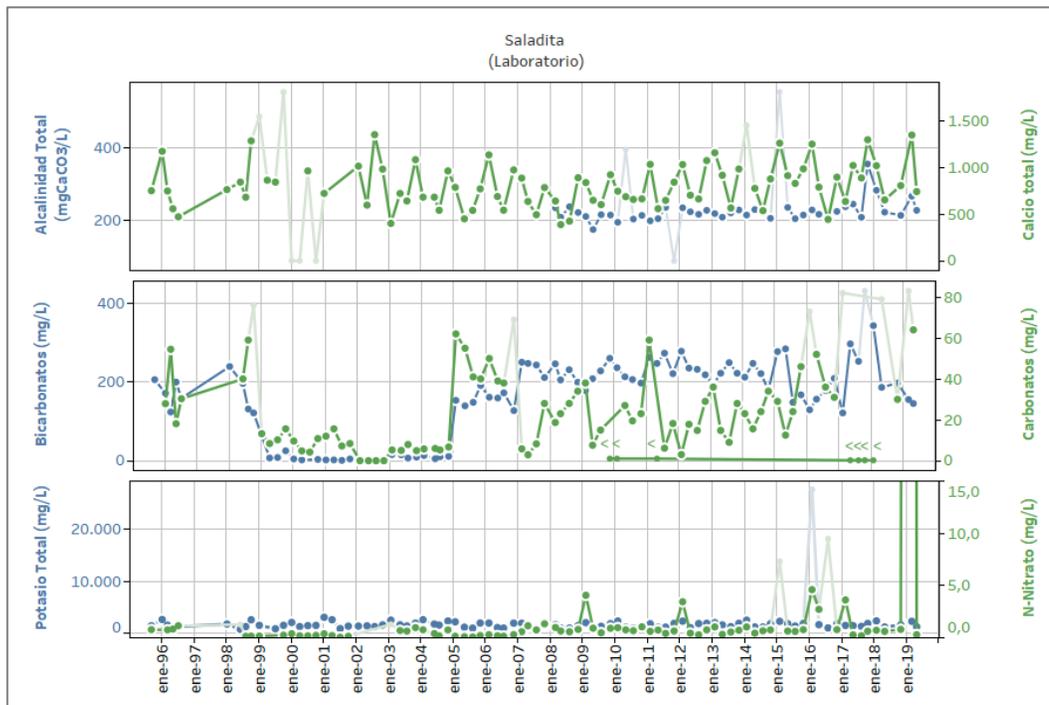
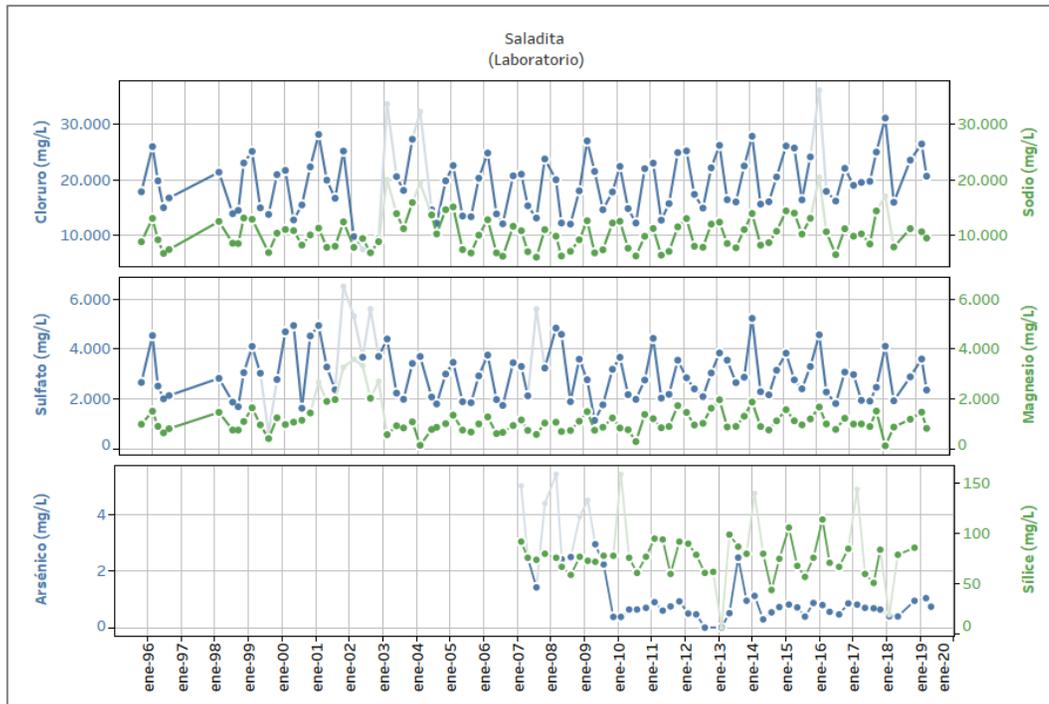


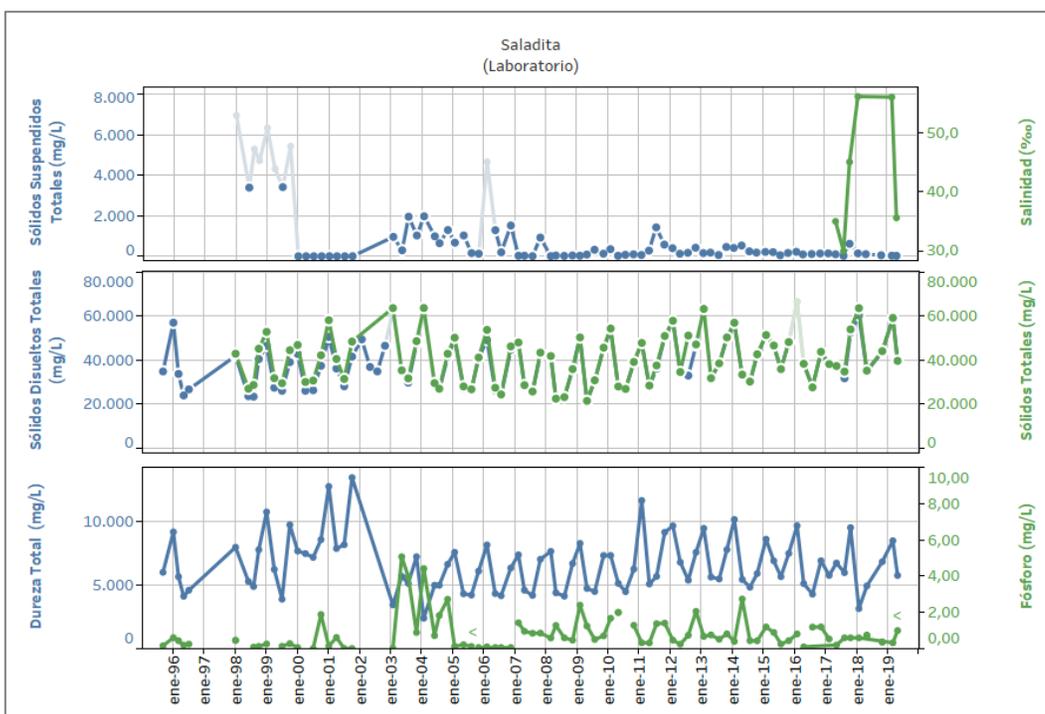


Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala, se han omitido del gráfico los valores para febrero de 2006 de Sólidos Suspendedos Totales (81.260mg/L) y Sólidos Totales (113.900 mg/L) y el valor de nitrógeno nitrato para febrero de 2019 (657mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa. Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-94: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita



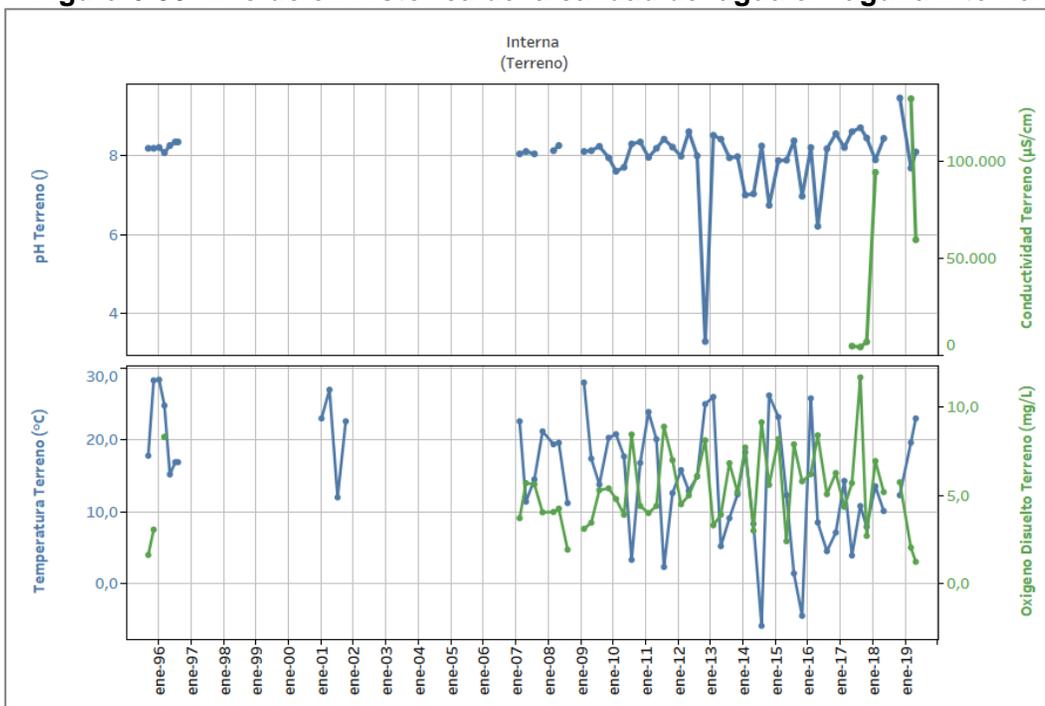


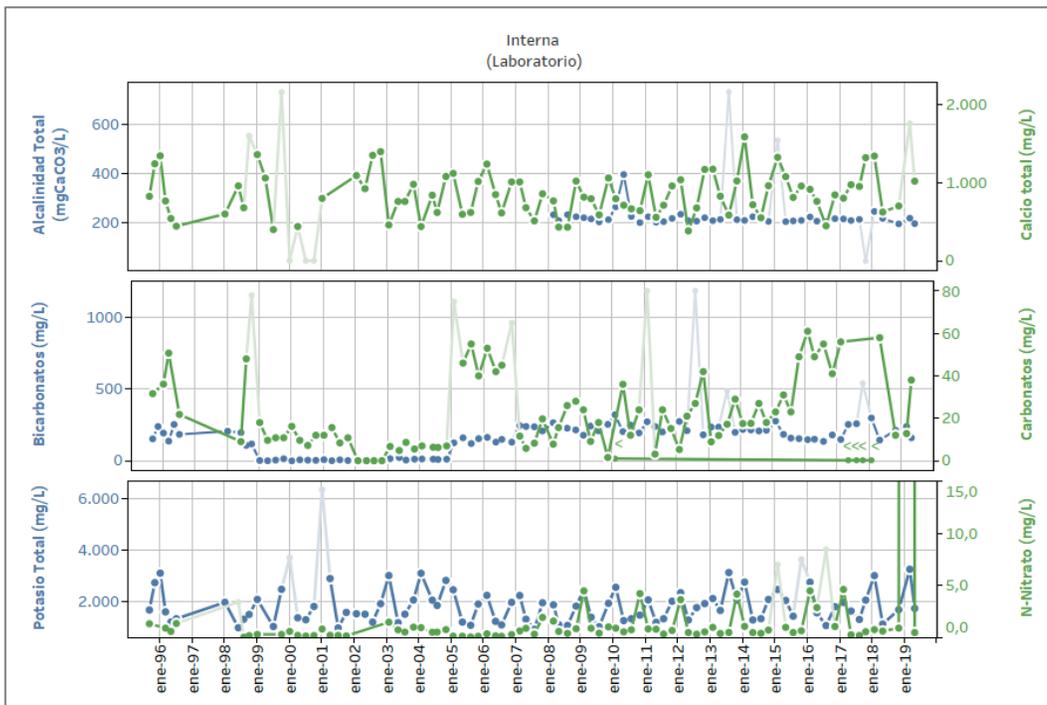
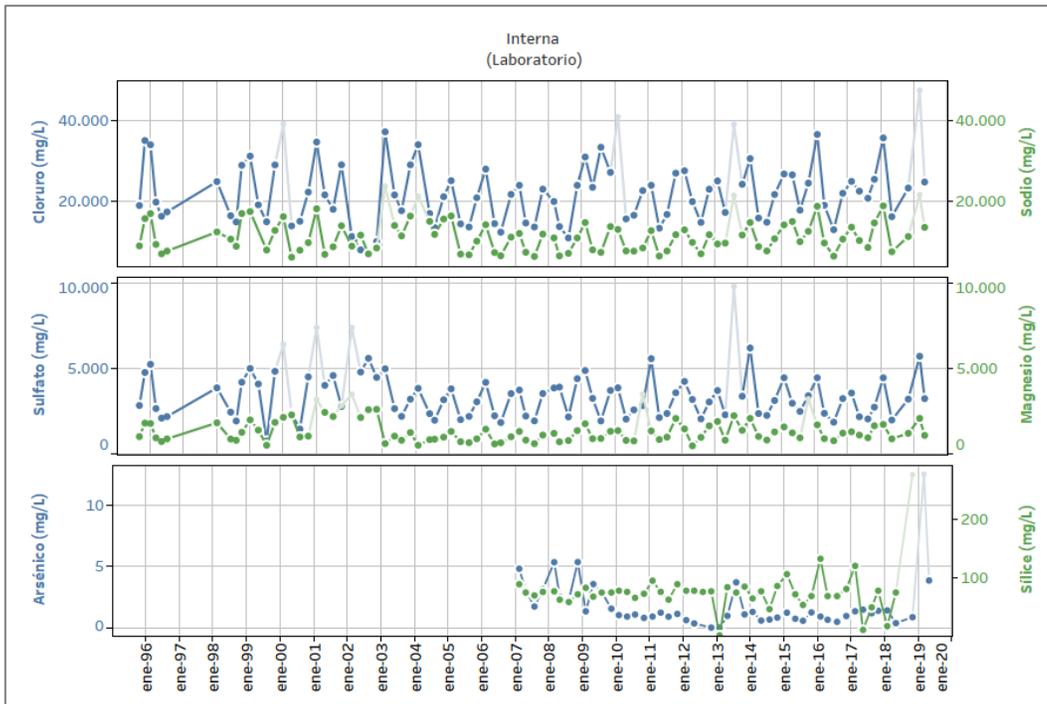


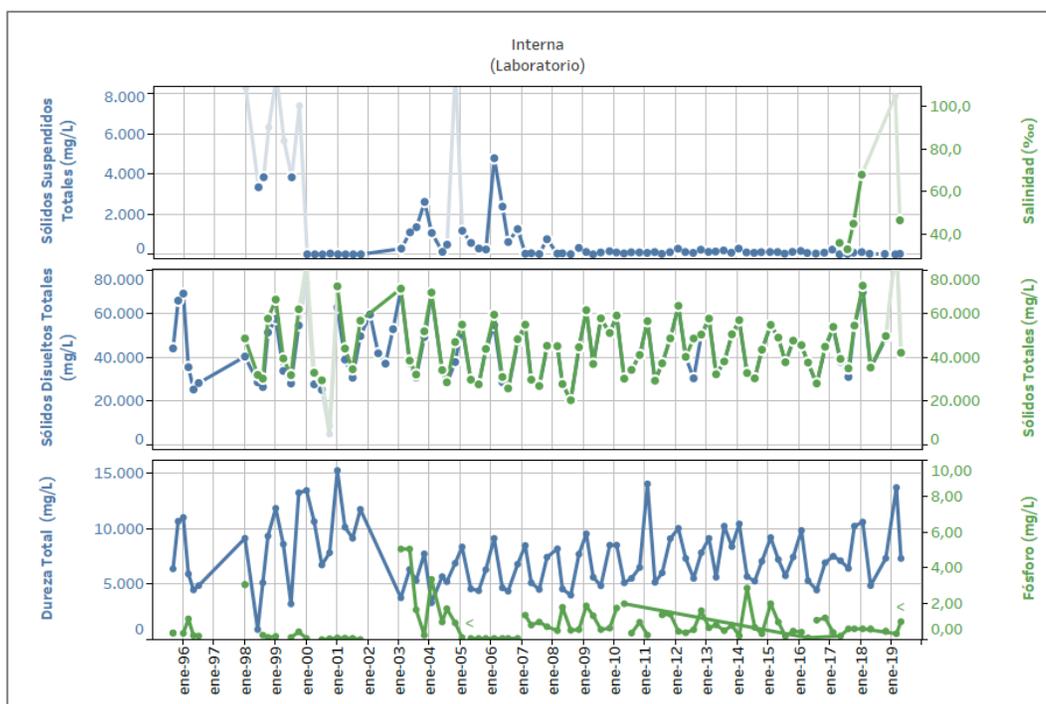
Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato de febrero de 2019 (493mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa.

Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

Figura 6-95: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna





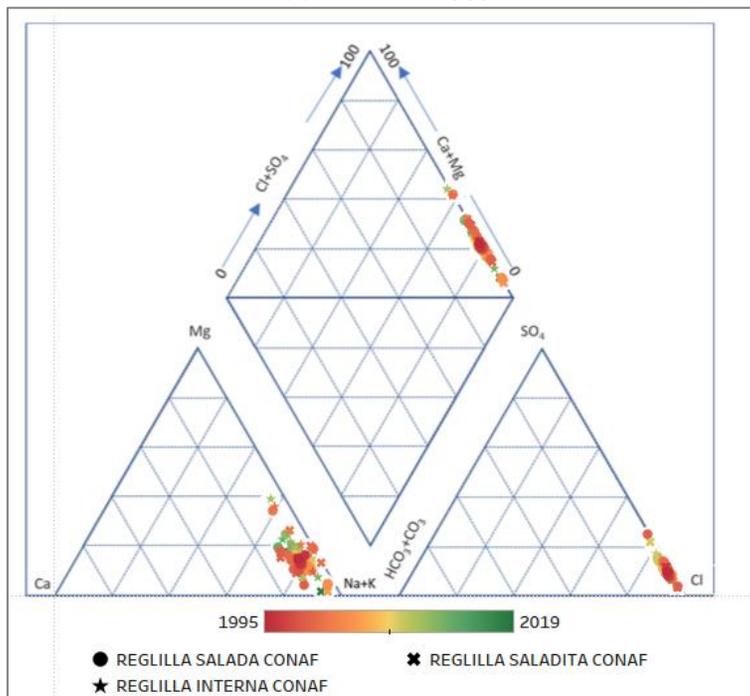


Fuente: Elaboración propia. Por cuestión de escala se ha omitido el valor de nitrógeno nitrato de febrero de 2019 (1062mg/L). Los valores <LD se presentan = LD y con la etiqueta "<" en el color del parámetro que representa.

Los valores validados según concentración se muestran resaltados.

En cuanto a las características generales, en la Figura 6-96 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.

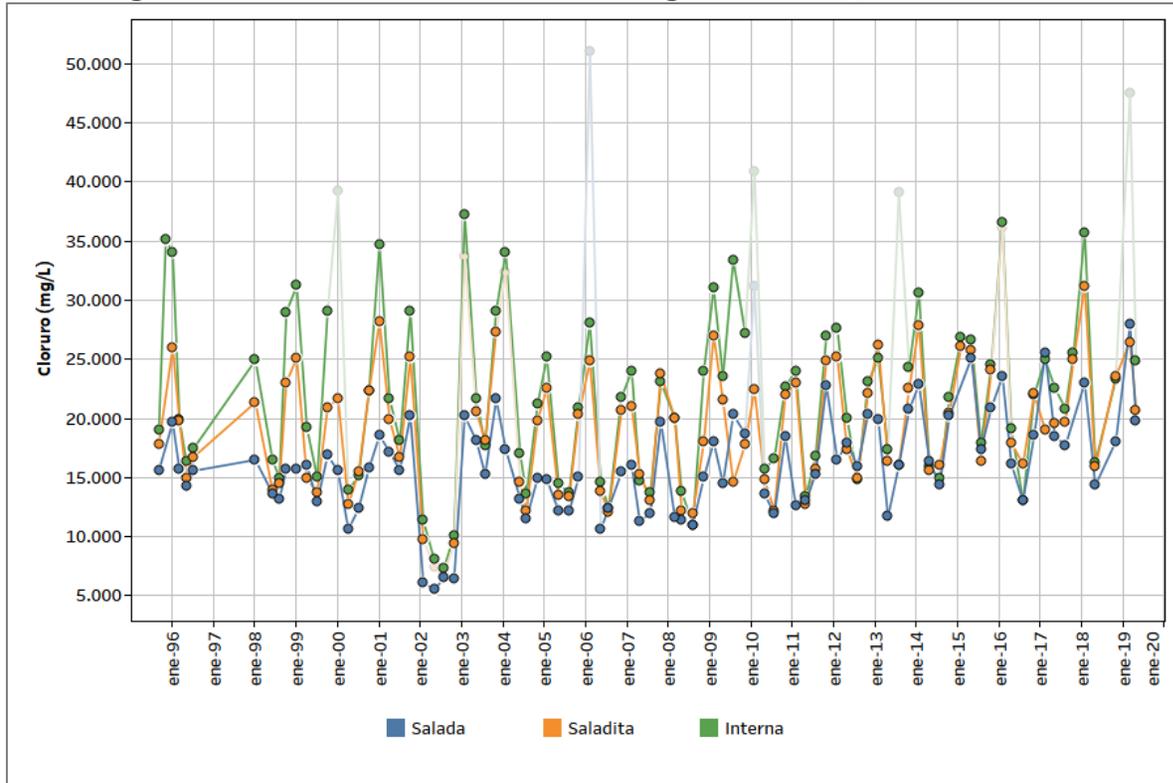
Figura 6-96: Diagrama de Piper para las muestras en las lagunas del sistema Peine, con un BI>10%



Fuente: Elaboración propia

Además, dado que en el canal que alimenta a las lagunas el flujo es de este- oeste, se produce un enriquecimiento en las concentraciones en este mismo sentido (Figura 6-97), debido fundamentalmente a evaporación. 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 6-97: Evolución cloruros en las lagunas Salada, Saladita e Interna



Fuente: Elaboración propia

Caudal de recarga superficial (aforos)

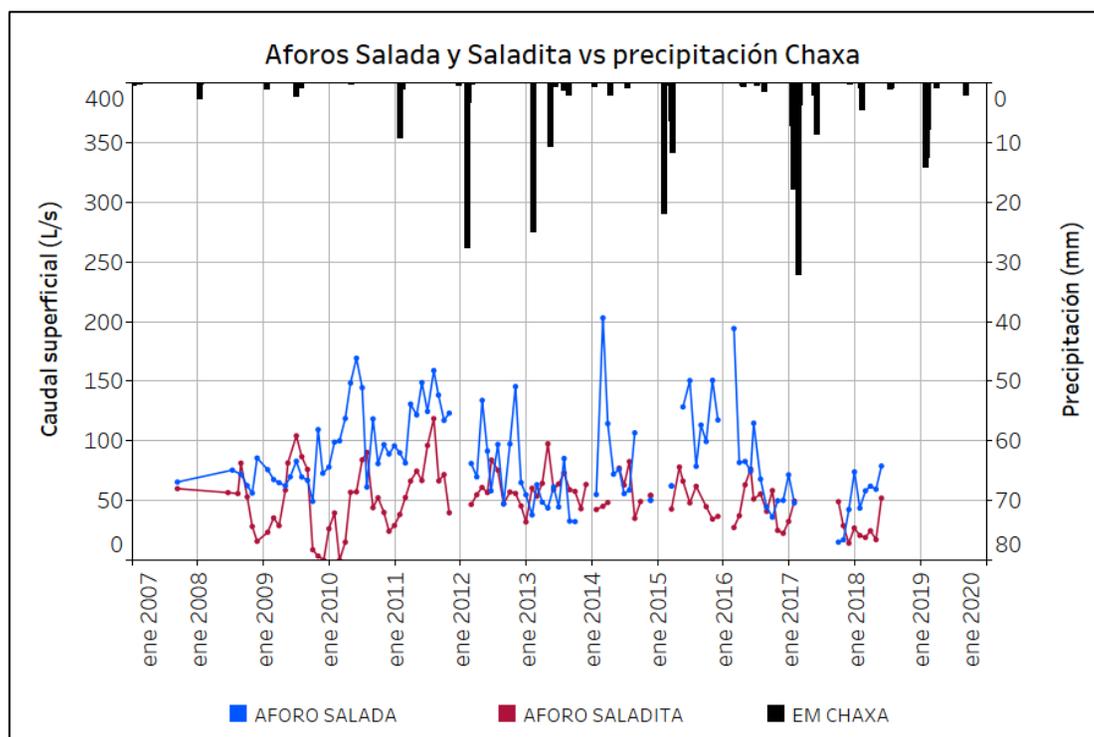
La red de monitoreo de la variable Caudal Superficial en el Sistema Peine está compuesta por las estaciones de aforo Salada y Saladita, ubicadas en los canales que alimentan dichas lagunas. Como ya se ha mencionado, durante el periodo reportado SQM no pudo efectuar mediciones de caudal en este sistema ya que la Comunidad Indígena de Peine no permitió el acceso al sector, situación que se produce desde junio de 2019. Por tanto, no se dispone de información adicional a la presentada en el informe PSAH N°25.

En relación con lo último, cabe destacar además que en el periodo comprendido entre febrero y agosto de 2017, tampoco fue posible monitorear estos puntos por la misma razón expuesta anteriormente (para mayor detalle consultar informes PSAH N°21 y N°22).

En la Figura 6-36 se muestran graficadas las series históricas de caudales obtenidas en los aforos de Salada y Saladita, y en la Tabla 6-6 se presentan los registros mínimos y máximos históricos en cada estación. En el gráfico indicado se observa cierto comportamiento estacional de los caudales superficiales, con máximos en el periodo otoño-invierno y mínimos en primavera-verano, respondiendo al régimen local de recarga superficial, no identificándose una relación directa entre los eventos de precipitación y los máximos de caudal superficial.

Los valores históricos de caudal aforado mínimo y máximo en la estación Salada ocurrieron en agosto 2017 y febrero de 2014, registrándose valores de 15,10 L/s y 203,00 L/s, respectivamente. En la estación Saladita no se registró caudal superficial en los meses de noviembre de 2009 y febrero del 2010, y se registró un máximo histórico de 118,6 L/s en agosto de 2011.

Figura 6-98: Evolución del registro histórico de caudales aforados en las estaciones de Salada y Saladita



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-6: Registros mínimos y máximos de caudal superficial en Sistema Peine

	Estación de aforo			
	Aforo Salada (Registro manual)		Aforo Saladita (Registro manual)	
	Fecha	Caudal (L/s)	Fecha	Caudal (L/s)
Mínimo 2º semestre 2019	S/I		S/I	
Máximo 2º semestre 2019	S/I		S/I	
Mínimo histórico	agosto 2017	15,10	noviembre 2009 febrero 2010	0
Máximo histórico	febrero 2014	203,00	agosto 2011	118,60

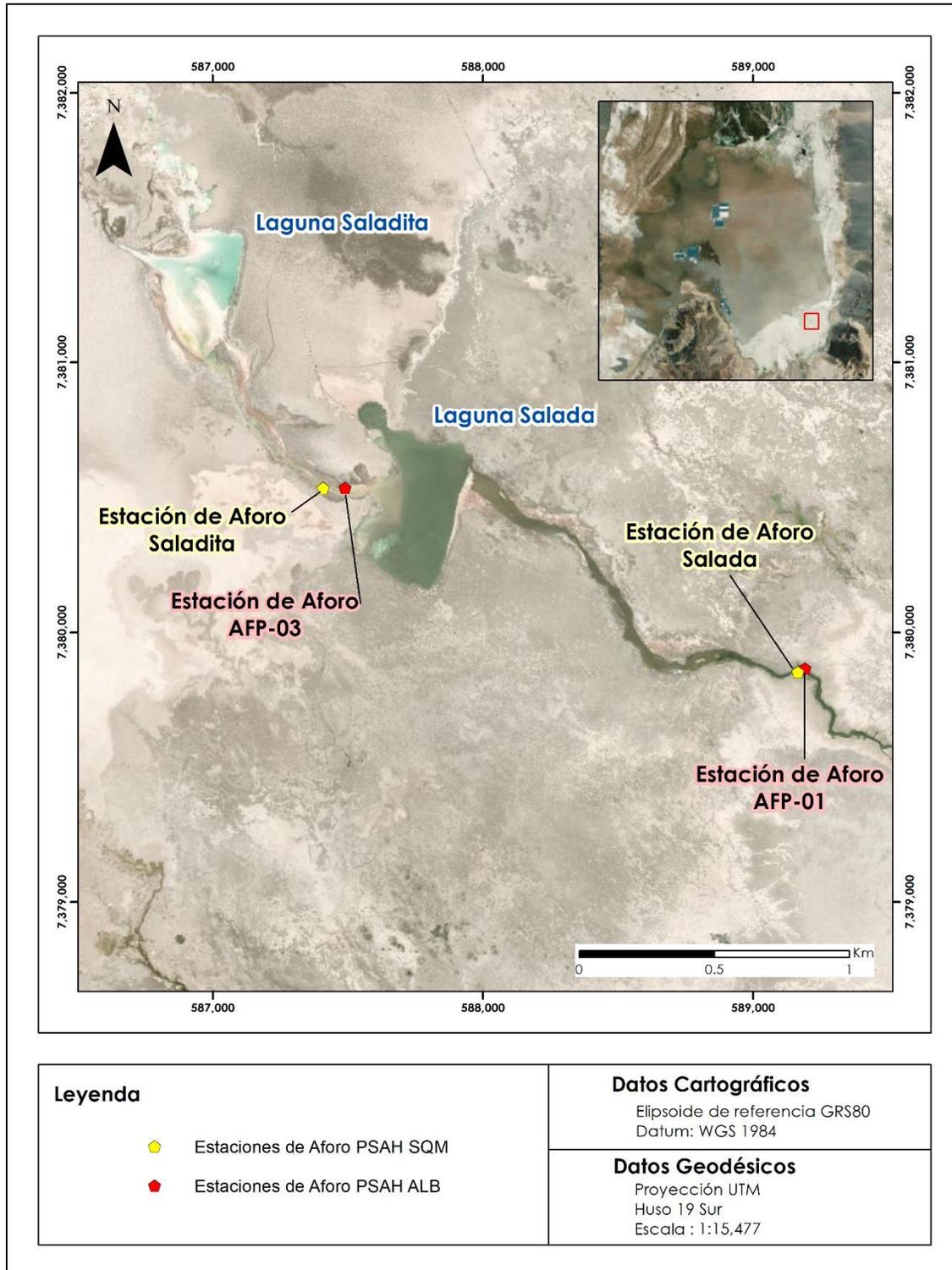
Fuente: Elaboración propia.

Si bien el SQM no pudo acceder al sector de Peine durante el periodo reportado por las razones indicadas anteriormente, el titular Albemarle sí realizó mediciones de caudal superficial en las estaciones de aforo AFP-01 y AFP-03, que forman parte de la red PSAH de su RCA 21/2016. Dichas estaciones se encuentran a 50 m de la estación de aforo Salada y a 100 m de la estación de aforo Saladita, respectivamente, tal y como se muestra en el

mapa de la Figura 6-99. El titular ha obtenido por intermedio de la sección de Seguimiento Ambiental del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA) la información pública del Informe Número 4 del PSAH de Albemarle, correspondiente al año 2019⁶⁷. En el citado informe Albemarle reporta dos registros para la estación AFP-01 durante el periodo reportado en este informe de 37,42 L/s y 30,72 L/s, en agosto y diciembre de 2019, respectivamente, que se sitúan dentro de los rangos medidos por SQM en sus estaciones de aforo del sector.

⁶⁷ Unidad Fiscalizable Planta Cloruro de Litio; Expediente 93.715; Informe Anual N°4. Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico

Figura 6-99 Estaciones de aforo de SQM y ALB en el sector del Sistema Lagunar de Peine



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1. 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

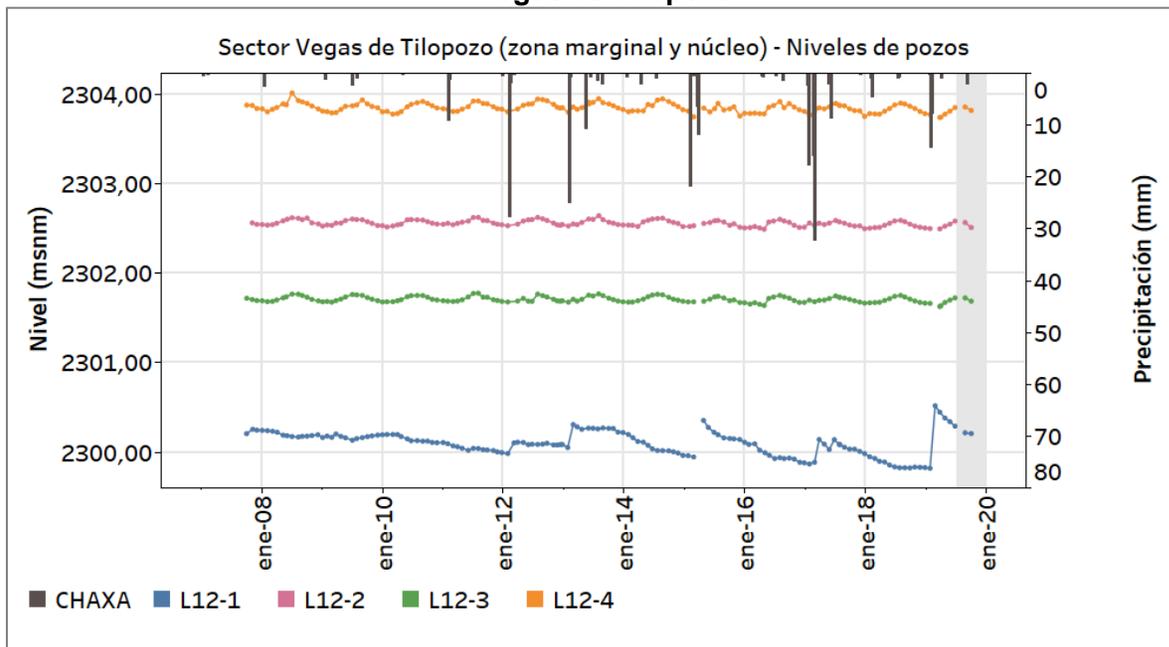
Los puntos de control en la zona marginal y núcleo corresponden al L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4. En la Figura 6-100 se muestran los niveles y en la Figura 6-101 los descensos calculados, que permiten visualizar mejor los patrones de comportamiento.

Como puede verse en la Figura 6-101 los puntos L12-2, L12-3 y L12-4 muestran una oscilación estacional bastante regular, propia de la zona marginal. Previa 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 Figura 6-101 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.

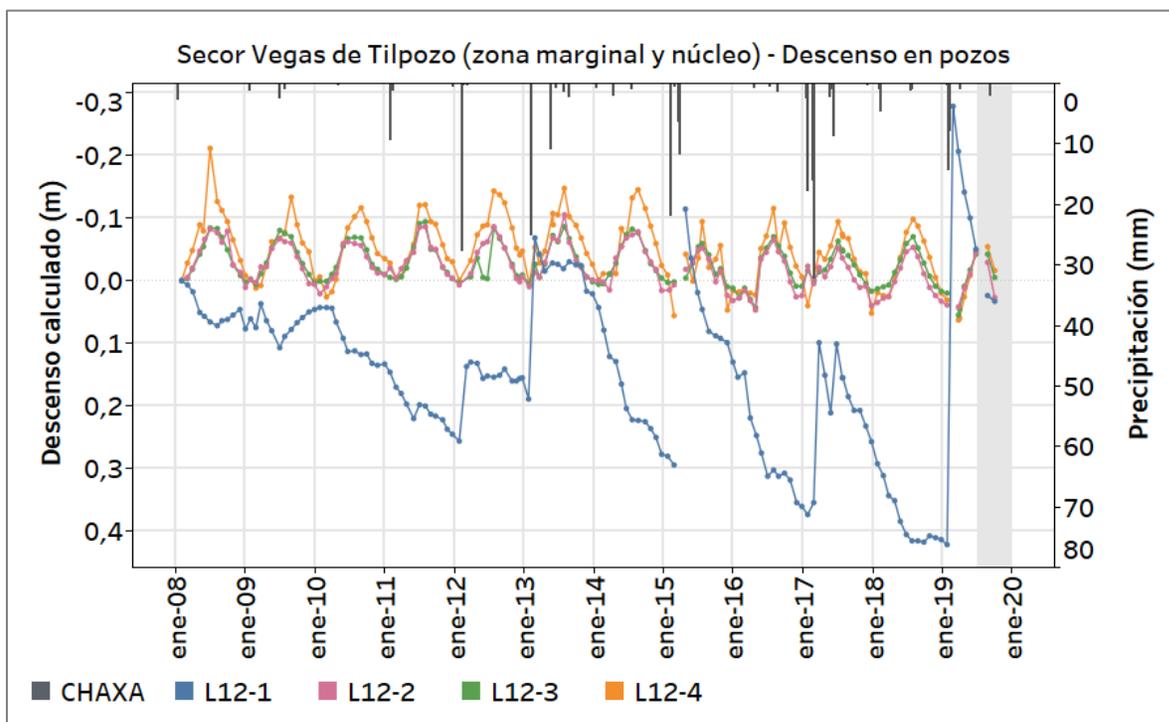
De las medidas del segundo semestre de 2019 se observa que los puntos mantienen el comportamiento descrito, por lo que no se observa ninguna desviación al respecto.

Figura 6-100: Niveles medidos en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-101: Descensos calculados en los puntos de la zona marginal y núcleo del sector Vegas de Tilopozo



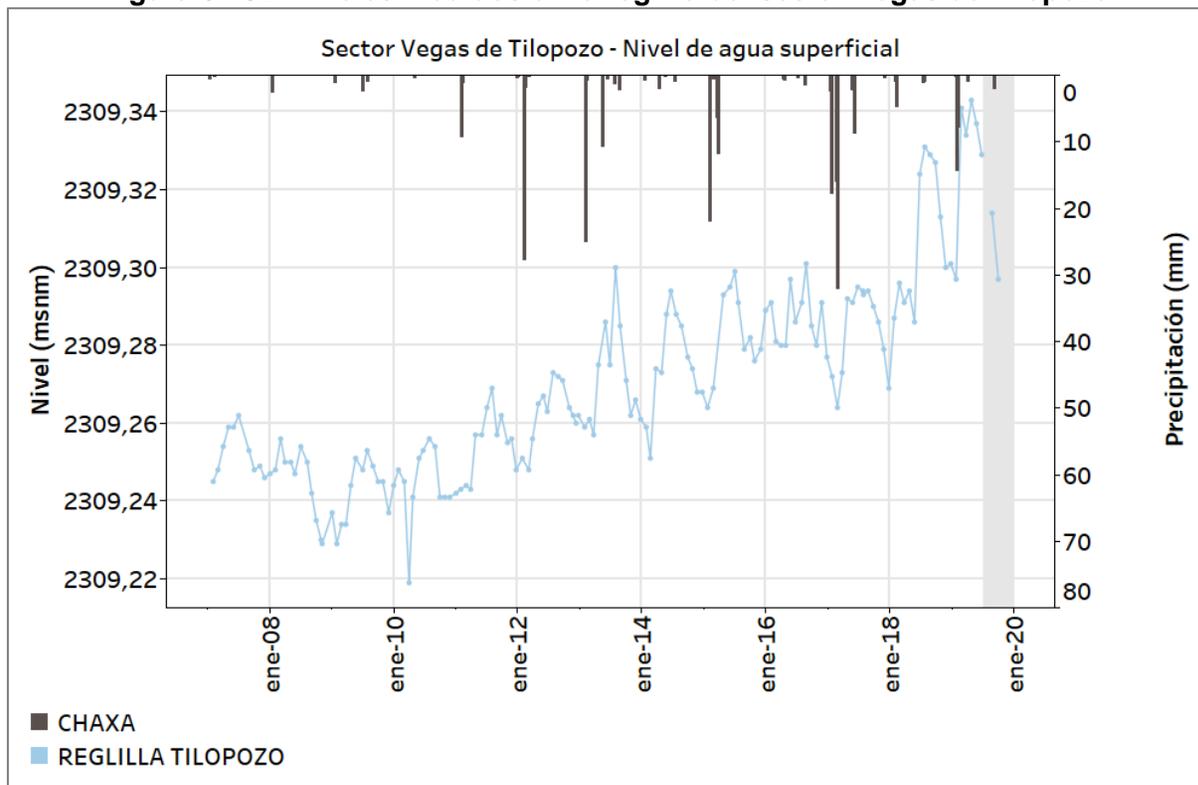
Fuente: Elaboración propia.

Nivel de agua superficial

Para monitorear el nivel del agua superficial en el sector, se ha utilizado la reglilla Tilopozo (Figura 6-102). En ella se ha observado 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.

De los datos tomados en el segundo semestre de 2019, se observa cómo se está reproduciendo el descenso propio del ciclo estacional, por lo que no se ve ninguna anomalía a destacar.

Figura 6-102: Niveles medidos en la reglilla del sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Niveles de agua subterránea

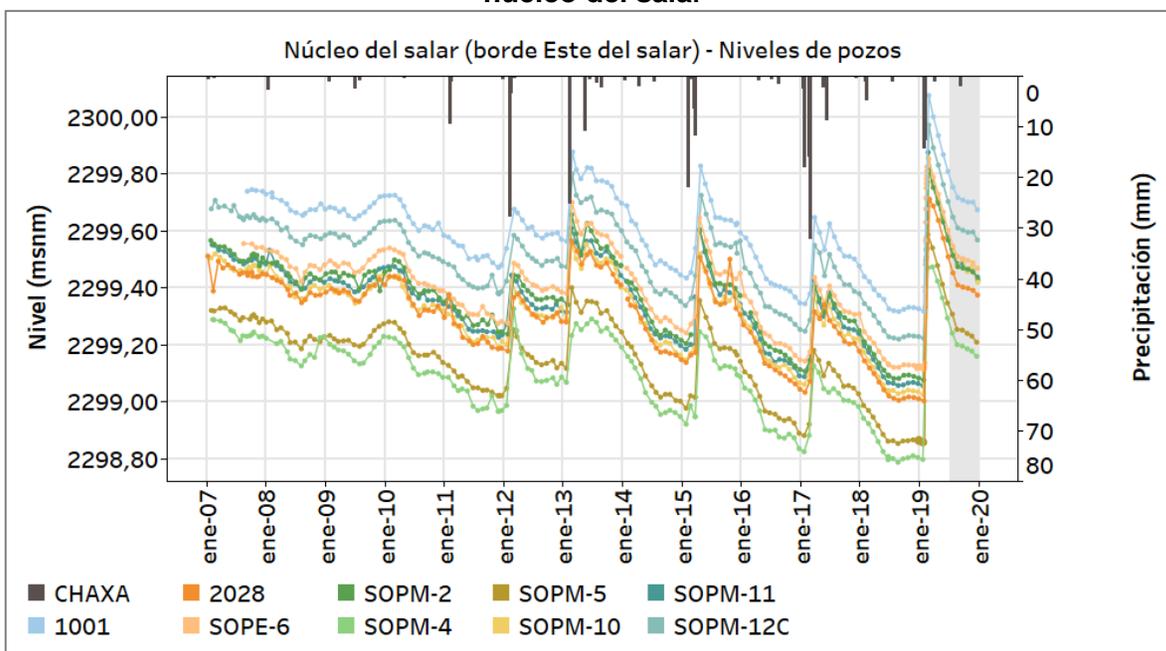
Los pozos que se encuentran ubicados en el sector Núcleo del Salar de Atacama se han clasificado en grupos según su ubicación en el salar:

- 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 6-103) se observa que presentan el comportamiento asociado al núcleo, de la misma forma que se ha identificado en todos los otros sistemas; los niveles muestran un descenso continuo que sólo recupera en los episodios de precipitación, ya que por la forma de la respuesta (ascenso inmediato y recuperación progresiva), esta agua llega en forma de recarga directa.

Actualmente, en el segundo semestre de 2019, se observa como los niveles se encuentran recuperando después de la lluvia caída en febrero de 2019. Aunque se observa que la pendiente de descenso ha disminuido en este periodo respecto la que se registró en el pasado semestre, será necesario ver qué ocurre en los próximos meses para determinar los motivos.

Figura 6-103: Niveles medidos en los pozos que se encuentran en el borde Este del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia.

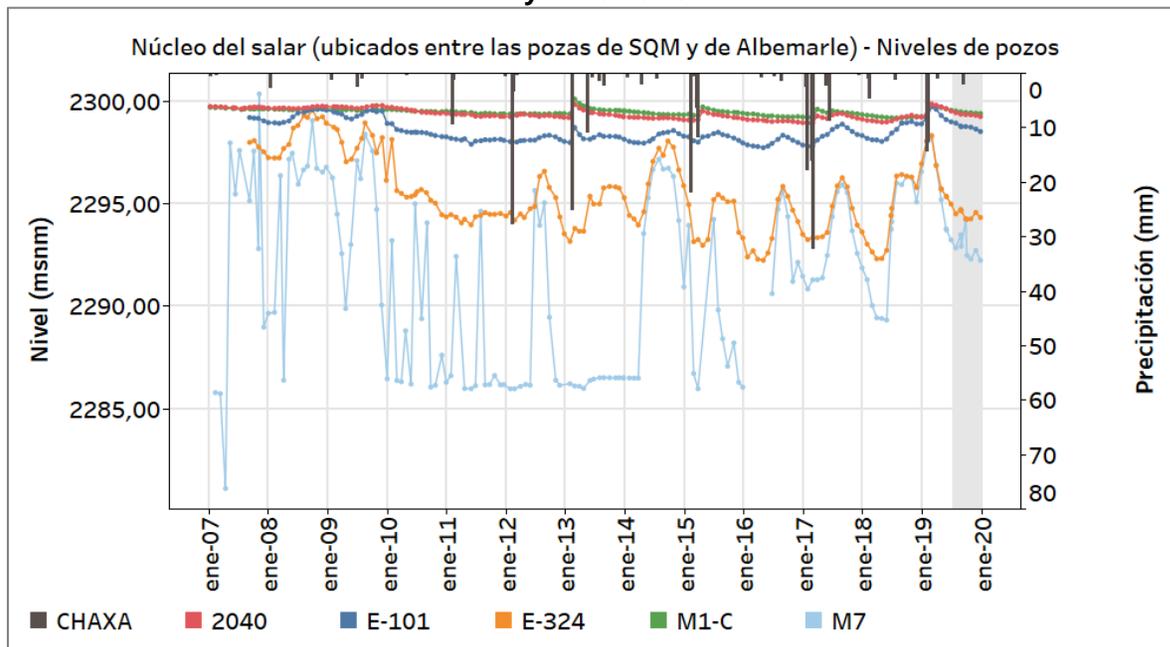
El siguiente grupo que se describe son los que se sitúan sobre la transecta entre las pozas de SQM y las de ALB y que, por tanto, parte se encuentra sobre el campo de pozos de producción de ese sector. Como puede verse en la Figura 6-104 los niveles del punto M7, que es el que se encuentra más cercano a las pozas de SQM, está claramente ligado al manejo operativo de los pozos productivos y no se observa tendencia para el periodo mostrado.

El punto E-324 es el segundo más cercano a las pozas de SQM y muestra en sus niveles la misma oscilación, pero el rango es menor que el M7, lo que indica que también está ligado al manejo de los pozos productivos, pero se ve menos influenciado.

Y, finalmente, están los puntos E-101 (que se ubica equidistante entre ambas pozas) y 2040 y M1-C (cercaños a las pozas de Albemarle), sus niveles se muestran de nuevo en la Figura 6-105, 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 observando de nuevo la Figura 6-104, puede verse como el efecto es menor. Y, por otro lado, los puntos 2040 y M1-C muestran un comportamiento idéntico al que se describía para los puntos ubicados en el borde este del núcleo.

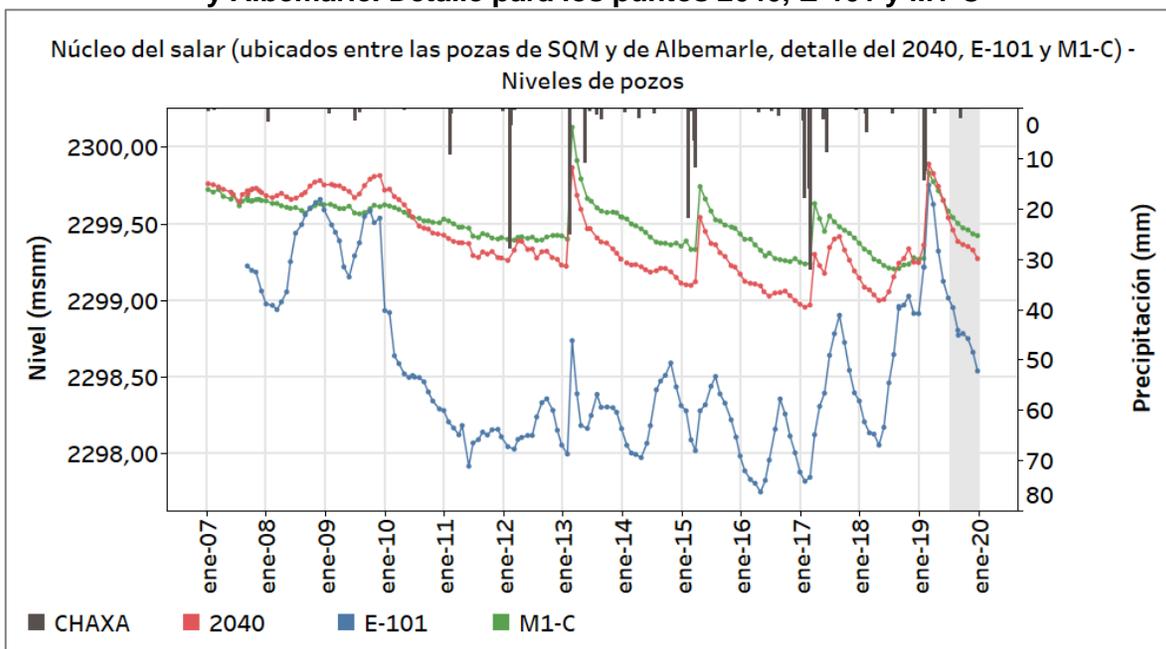
Resumiendo, los puntos M7, E-324 y E-101 están ligados al manejo de los pozos productivos del salar. Los puntos 2040 y M1-C tienen un comportamiento el asociado al borde este del núcleo y para el segundo semestre de 2019 se muestran recuperando el nivel después del episodio de lluvia de febrero de 2019.

Figura 6-104: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle



Fuente: Elaboración propia.

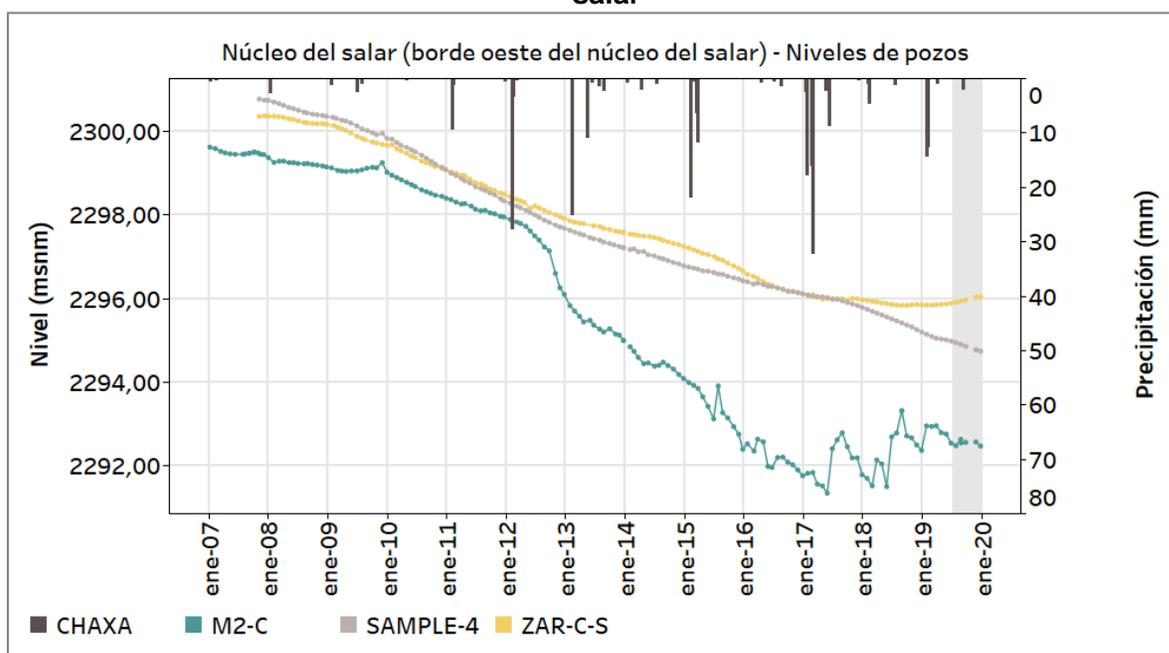
Figura 6-105: Niveles medidos en los pozos que se encuentra entre las pozas de SQM y Albemarle. Detalle para los puntos 2040, E-101 y M1-C



Fuente: Elaboración propia.

En el borde oeste del núcleo del salar se encuentran los puntos M2-C, Zar-C-S y Sample-4 (Figura 6-106). 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. En el segundo semestre de 2019, los niveles se encuentran estables alrededor de los 2.292,5 m s.n.m. Un comportamiento análogo ocurre con el punto Zar-C-S, que a partir también del año 2017 cambia la tendencia de descenso, que venía reproduciéndose desde el inicio de las mediciones (2007), para mantenerse más o menos estable en la cota 2.296 m s.n.m. El efecto contrario se observa en el Sample-4, que para esa misma fecha (2017) aumenta la pendiente de descenso que pasa a ser de 53 cm/año, y que se mantiene para el segundo semestre de 2019.

Figura 6-106: Niveles medidos en los pozos ubicados en el borde oeste del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia.

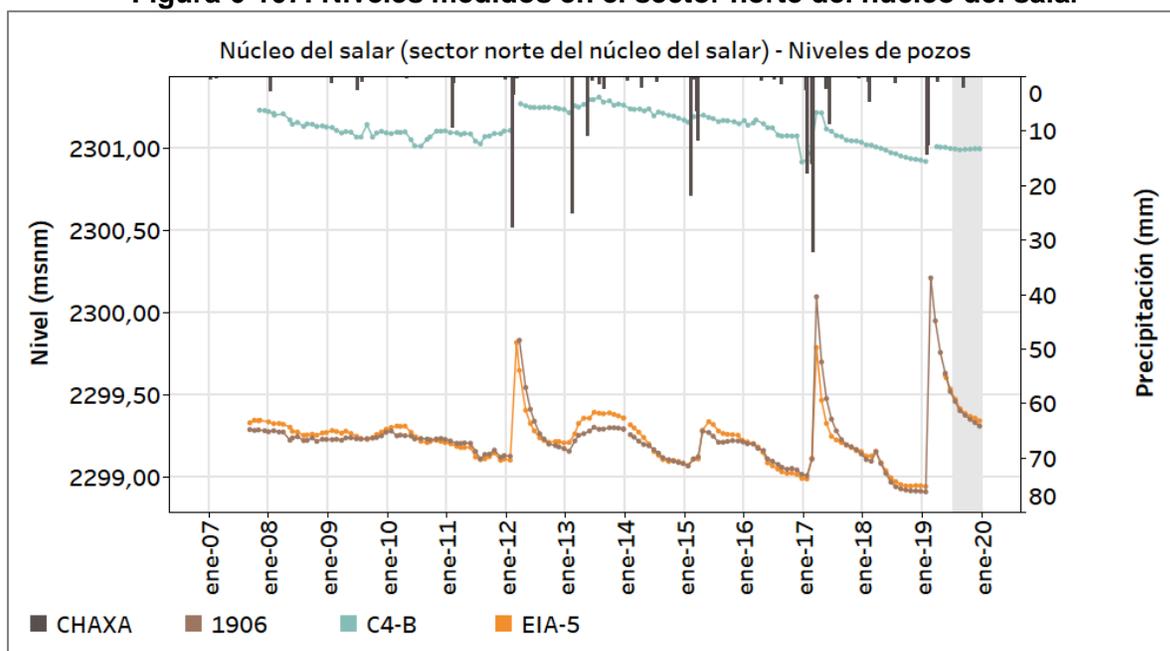
Por último, los tres puntos que restan y que se encuentran al norte del núcleo del salar, se muestran los niveles medidos en la Figura 6-107: y en la Figura 6-108 se muestran los descensos calculados ya que se observa mejor el comportamiento a describir.

Como puede verse en la Figura 6-107:, 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

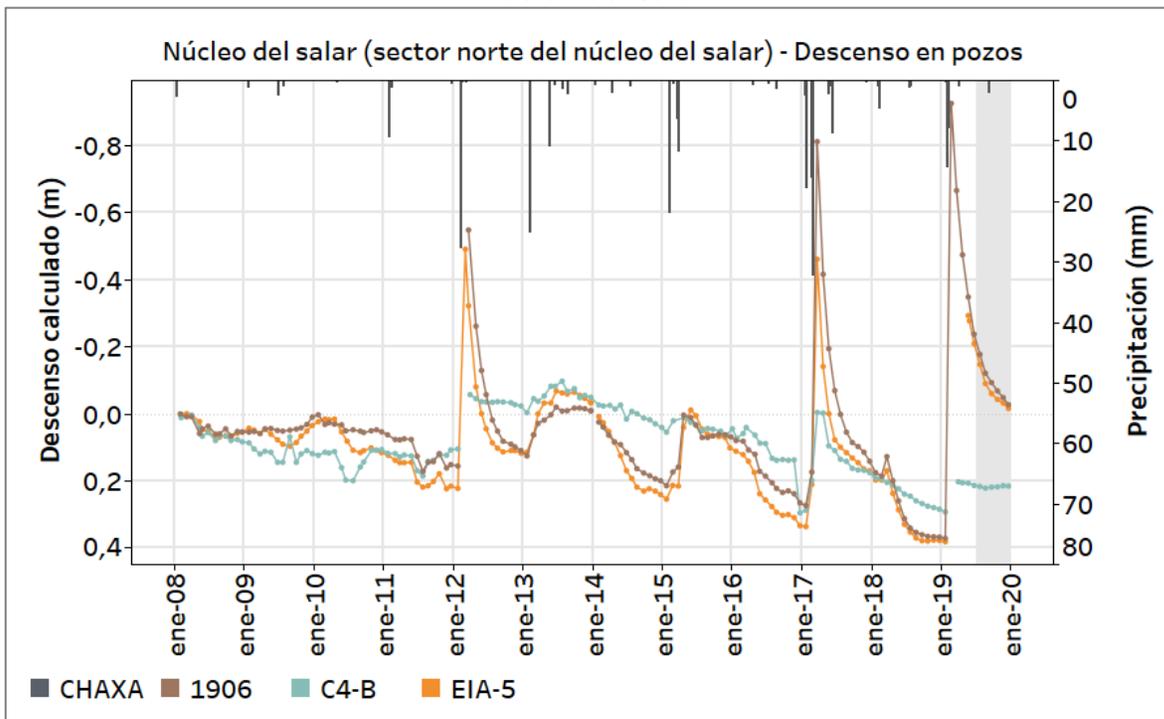
dos primeros puntos se encuentran en el extremo sur del delta de San Pedro, próximo al núcleo, y el C4-B se encuentra a la altura de la estación de Chaxa. Pero si se observa la Figura 6-108, puede verse que la tendencia promedio de los tres puntos es similar, con la diferencia de que los puntos 1906 y EIA-5 son reactivos a los eventos de precipitación, comportamiento que recuerda a los puntos del núcleo.

En el segundo semestre de 2019, los pozos 1906 y EIA-5 se encuentran recuperando los niveles después del episodio de lluvia de febrero de 2019 y el C4-B se mantiene estable alrededor de la cota 2.301 m s.n.m.

Figura 6-107: Niveles medidos en el sector norte del núcleo del salar



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-108: 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 considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, desde el inicio del proyecto Figura 6-109. 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.

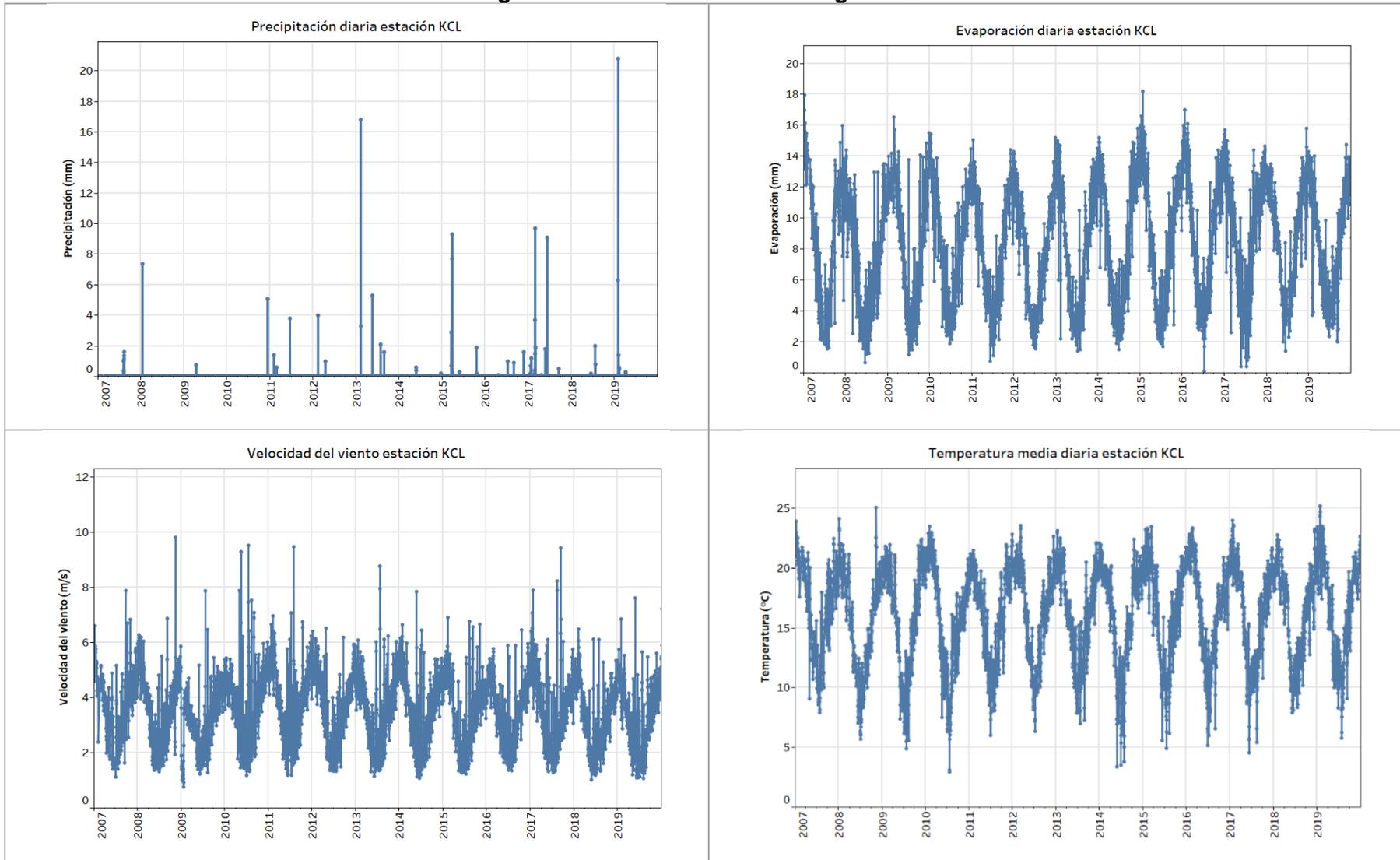
A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos de evaporación y temperatura en el verano.

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, por lo que se puede considerar que el actual período correspondió a un semestre húmedo.

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 6-109: Estación Meteorológica KCL



Fuente: Elaboración propia.

Calidad Química

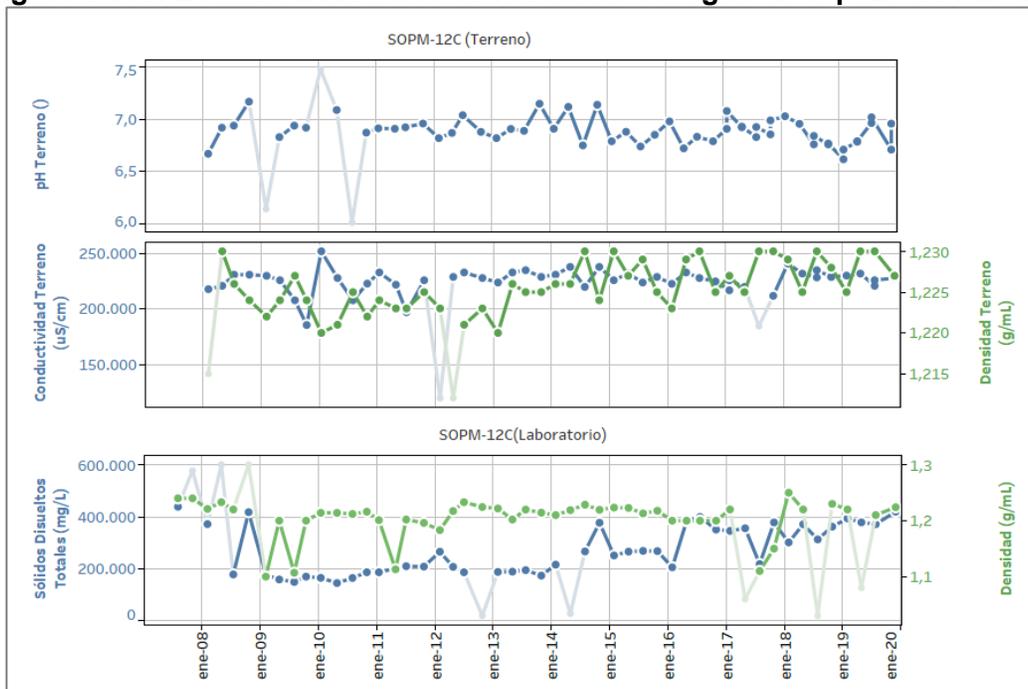
A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado el segundo semestre de 2019 en el Sistema Núcleo, en comparación con su evolución histórica (pozos SOPM-12C y 1001). Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base). Los parámetros monitoreados en los pozos SOPM-12C y 1001 se presenta en la Figura 6-110 y Figura 6-111, respectivamente⁶⁸.

Para los puntos del Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo se ha registrado una alta CE en torno a 230.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (característico de salmueras), y pH neutro (cercano a 7).

Los resultados del segundo semestre se encuentran para todos los parámetros dentro del registro histórico.

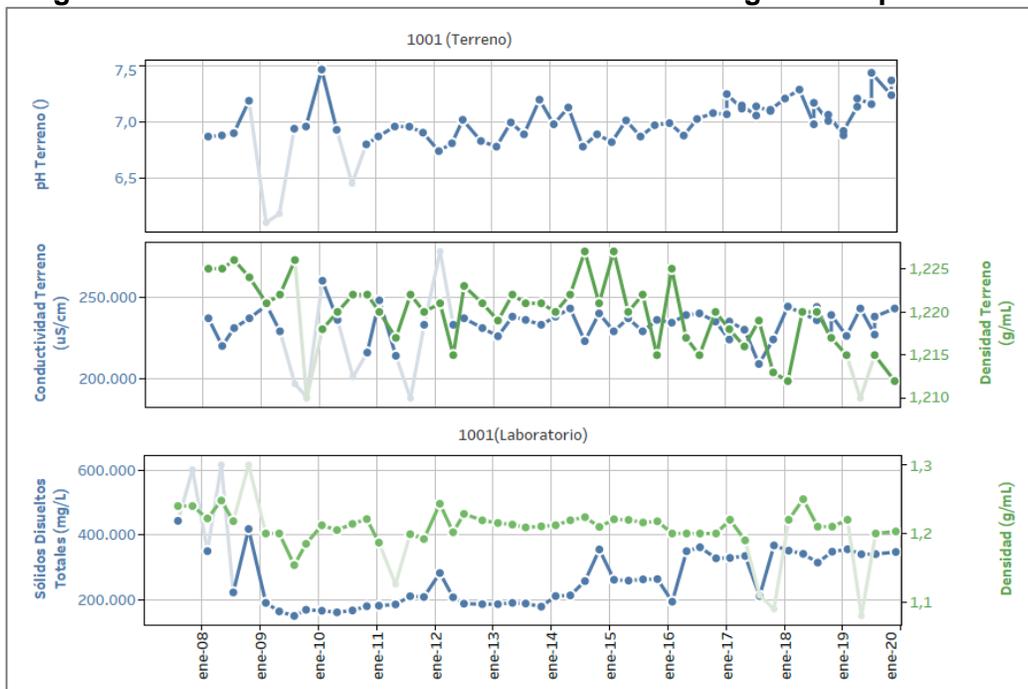
⁶⁸ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis.

Figura 6-110: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-111: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. 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. En la cuña salina se encuentran 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 en 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.

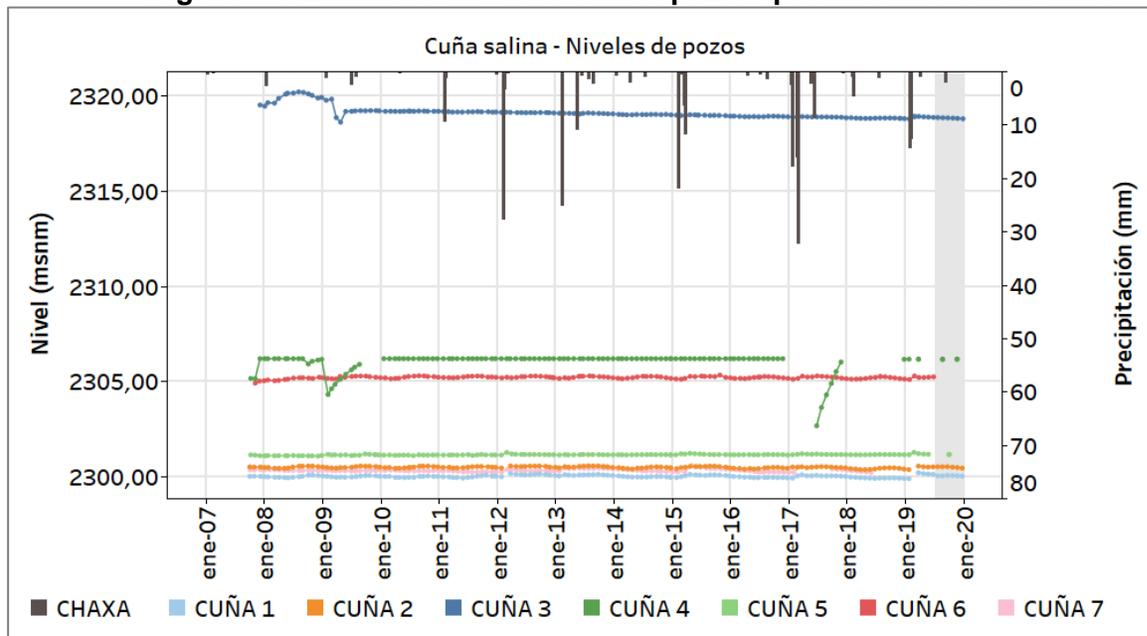
Niveles de agua subterránea

En la Figura 6-112 se muestran los niveles medidos de los puntos Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6 y Cuña 7. En la Figura 6-113 los descensos calculados para todos los anteriores a excepción del Cuña 4 ya que de esta forma se 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).

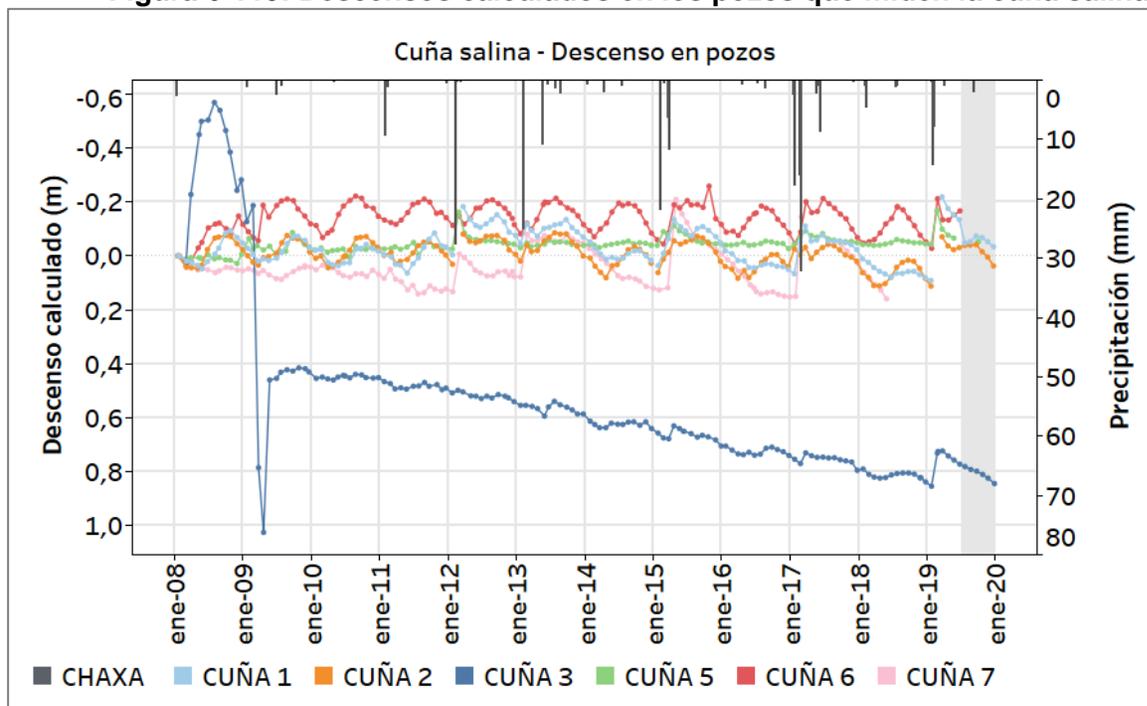
El pozo Cuña 3 no muestra oscilaciones ni respuesta evidente a los eventos de lluvia, exceptuando la precipitación de febrero de 2019, que elevó los niveles 12 cm. En el periodo del segundo semestre de 2019 los niveles se encuentran en etapa de recuperación. El otro punto que no muestra oscilaciones 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).

Figura 6-112: Niveles medidos en los pozos que miden la cuña salina



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-113: Descensos calculados en los pozos que miden la cuña salina



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 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)⁶⁹. 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 6-7.

Tabla 6-7: 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	S/i

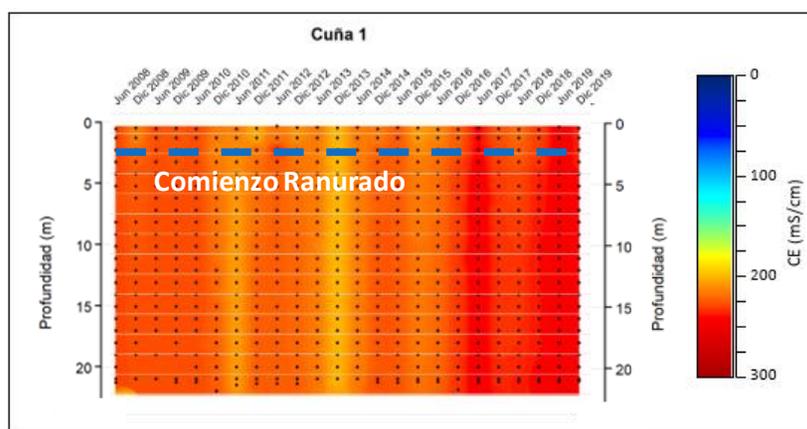
Fuente: Elaboración propia

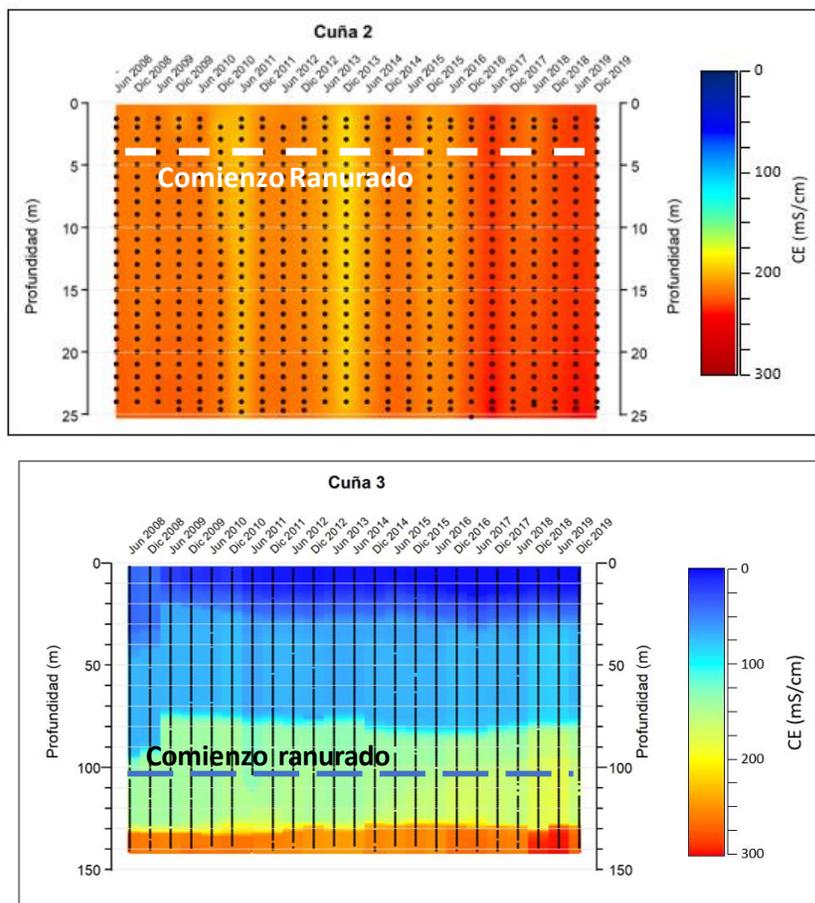
⁶⁹ Como se señaló en el Capítulo 5, durante el segundo semestre de 2019 no fue posible realizar el monitoreo del perfil de CE en los pozos Cuña 5, Cuña 7 y L10-1 debido a que no se permitió el ingreso al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine.

La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6-114. En ella se observa que, en para el punto Cuña 1 (ranurado entre 2-22m) y Cuña 2 (ranurado entre 4-22m.), presentan valores de conductividad superiores a 200mS/cm, encontrándose al oeste de la zona donde aflora la interfaz salina. Esto indicaría que los flujos subterráneos en el área provendrían del núcleo del salar, no encontrándose aún con el acuífero del margen. En cuanto a su evolución temporal, en ambas cuñas se observa que la CE presenta oscilaciones dentro de los rangos del núcleo, superiores a 200mS/cm.

En el punto Cuña 3 se observan aguas de baja CE en la superficie, 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 tendencias en el perfil de CE en esta última cuña. Sólo se evidencia 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 200 mS/cm desde 2014 a la actualidad. Dadas las características surgentes en buena parte del periodo monitoreado para este punto, se considera un indicador de confiabilidad moderada. Puede verse que la profundidad a la que se reconoce salmuera 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 6-114: Evolución histórica de perfiles de conductividad en Cuña 1, cuña 2 y Cuña 3. (De arriba abajo ordenados según dirección este)





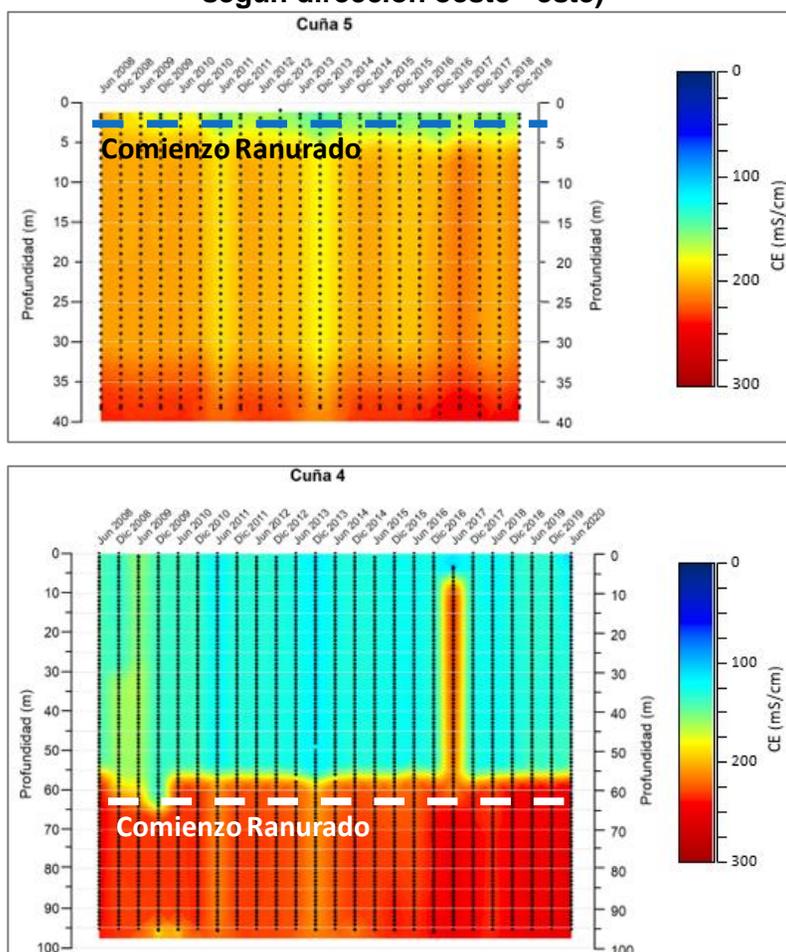
Fuente: Elaboración propia

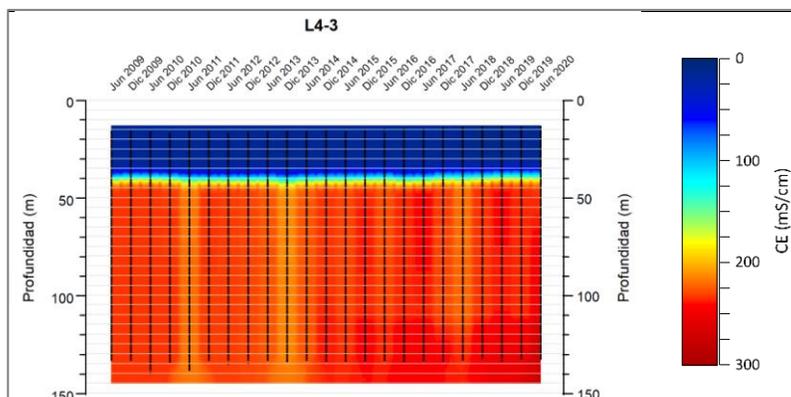
La evolución histórica de los pozos centrales se muestra en la Figura 6-115. En ella se observa que en Cuña 5 el agua cercana a la superficie es de menor CE que la más profunda. De todos modos, esta última presenta también altos valores de CE lo que indica que la interfaz comienza a aflorar más al E.

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. El hecho de que este punto sea surgente y se encuentre midiendo el cambio de valores de conductividad en un tramo no ranurado del pozo, le resta confiabilidad como indicador de la interfaz.

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 en torno, pero sin mostrar un comportamiento de tendencia.

Figura 6-115: Evolución perfiles CE en Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección oeste - este)



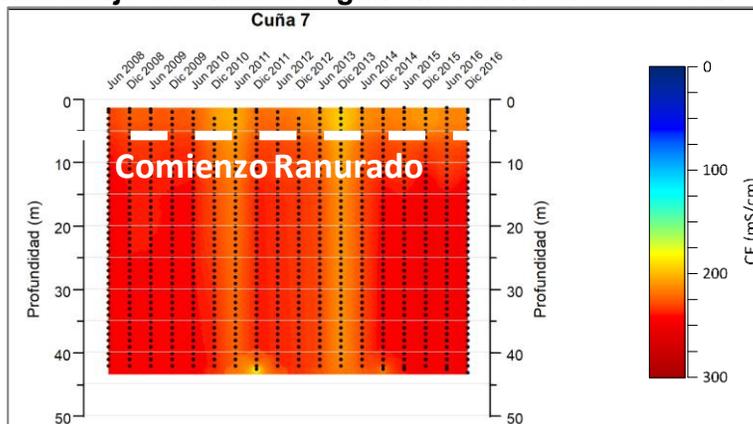


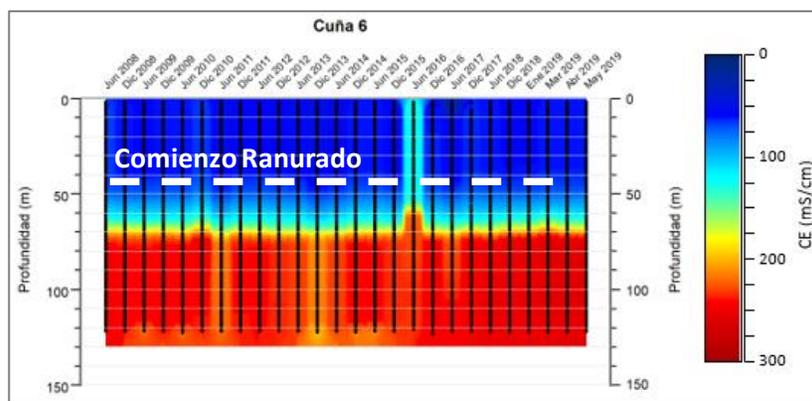
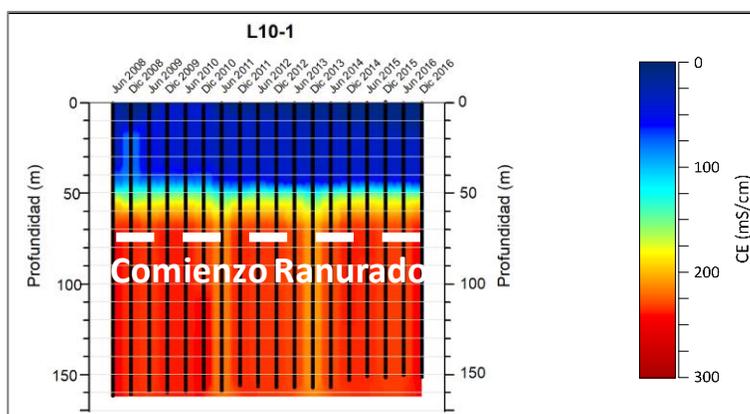
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la evolución histórica de los pozos del sur se muestra en la Figura 6-116. En ella se observa que en Cuña 7 la salmuera se encuentra cercana a la superficie. Siguiendo hacia el sureste, el pozo L10-1 es 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 la zona de transición se ha mantenido estable en el tiempo.

En Cuña 6, se observa un mayor predominio del acuífero del margen. Aquí la interfaz 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 6-116: 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 (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 produce la transición de agua salobre a salmuera 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 segundo semestre del año 2019 se presentan los estados de activación de los puntos L1-3, L2-7 y L7-6, todos pertenecientes al sistema Vegetación Borde Este – Brea Atriplex.

En los siguientes capítulos se muestra una descripción de los niveles históricos de todos los indicadores, junto con los umbrales definidos en el Plan de Contingencia. 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.

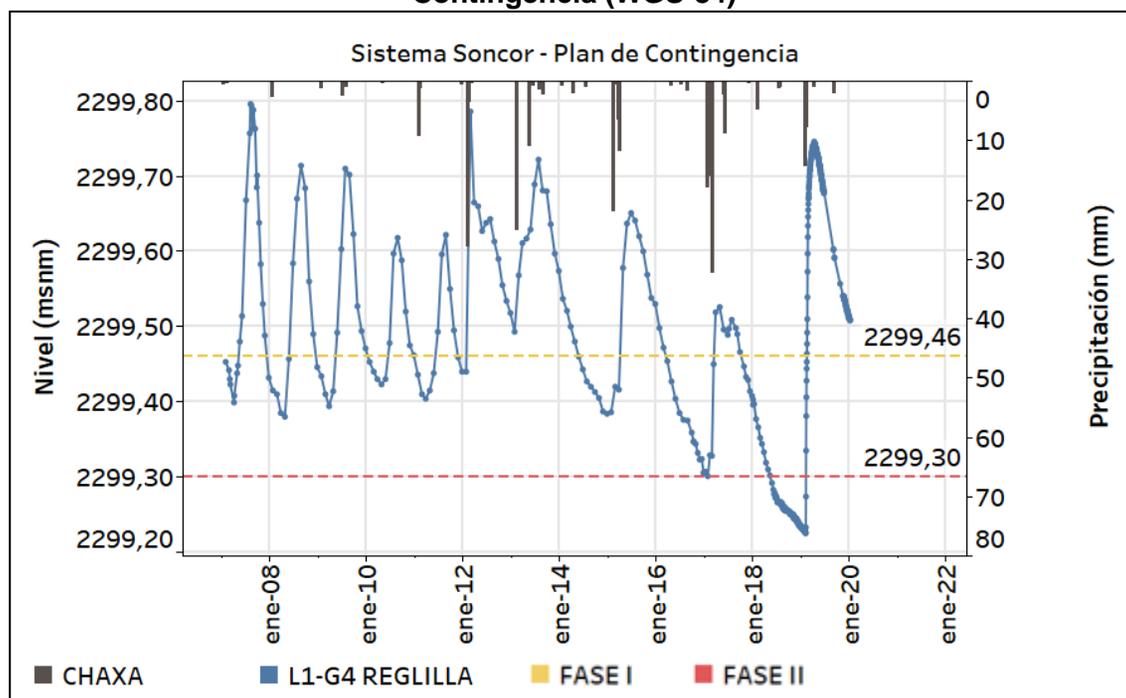
6.3.1. SISTEMA SONCOR

De acuerdo con la RCA N°226/2006 (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 y Allana. El pozo L7-4 es el indicador de estado para la Laguna Puilar por el bombeo del pozo Mullay y Allana.

Respecto los puntos Reglilla L1-G4 (Figura 6-117) y el L1-5 (Figura 6-118) 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 de los puntos vecinos, como 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, y como desde entonces reproducen el descenso propio del acuífero en ese sector con una respuesta inmediata a los episodios de precipitación. De esta manera, en diciembre de 2019 la reglilla L1-G4 presenta un nivel 5 cm por encima de la Fase I y el L1-5, 16 cm por encima su umbral de Fase I. Según el comportamiento descrito, se espera que el nivel de estos puntos siga hasta recuperar el nivel previo a la lluvia de 2019. Como ya se ha comentado, en el momento de la elaboración de este reporte, ambos indicadores activaron la Fase II en el mes de agosto de 2020, esta situación se describe con más detalle en la sección 4.7.

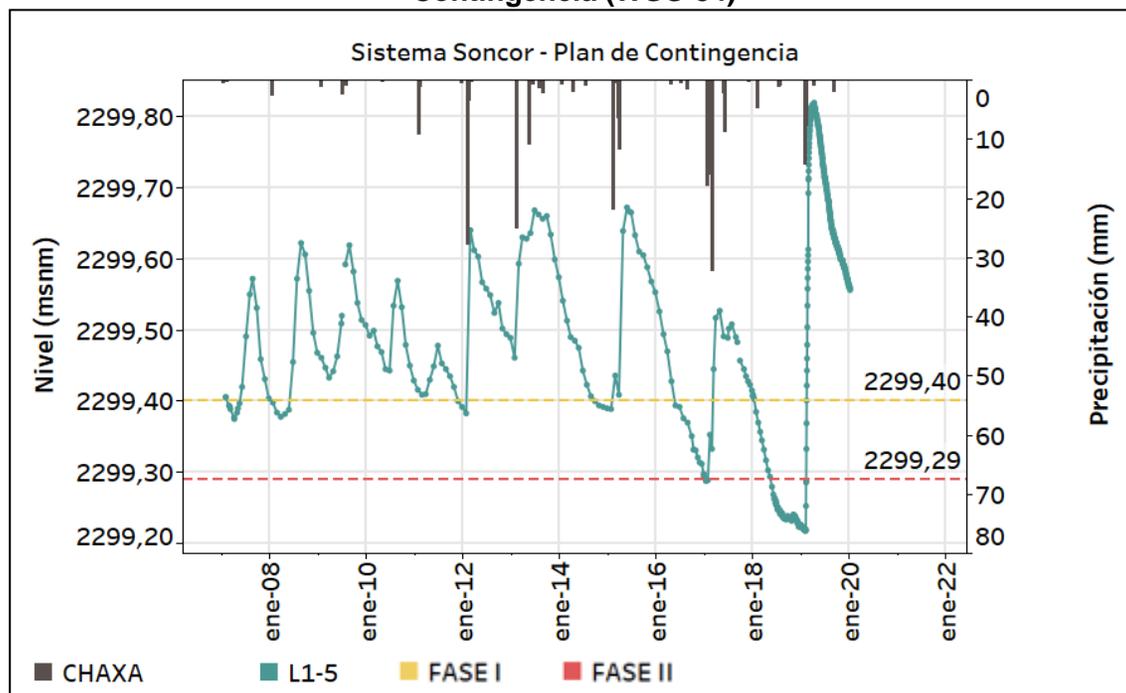
Cabe señalar que los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación efectuada con motivo de la activación de Fase II en mayo de 2018 de estos mismos puntos (IDAEA-CSIC, 2018) permitieron concluir que la causa principal de activación correspondió al cambio en 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 6-117: Niveles medidos en la Reglilla L1-G4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia

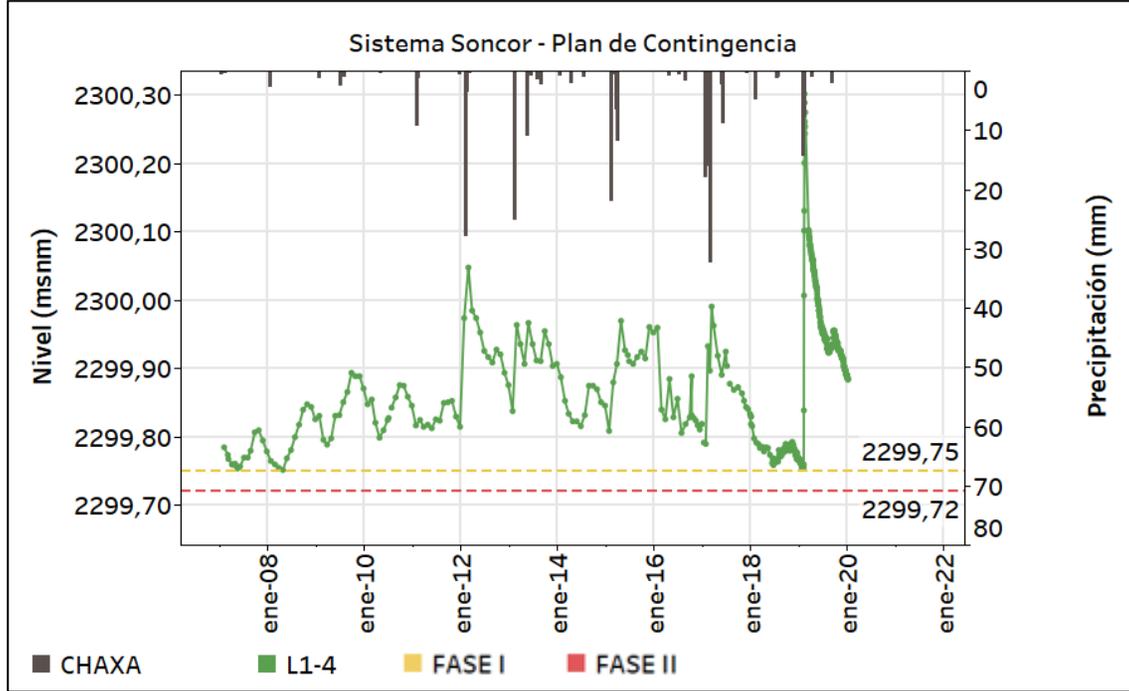
Figura 6-118: Niveles medidos en el L1-5 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, el punto L1-4 (Figura 6-119) 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 de 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. En enero de 2019 estuvo próximo a activar Fase I, pero la lluvia de febrero 2019 elevó el nivel 54 cm. Durante el segundo semestre de 2019, este punto se observa en fase de recuperación de los niveles después de la lluvia de enero-febrero 2019, y al término de este semestre, el nivel se encuentra 13 cm por encima de la Fase I.

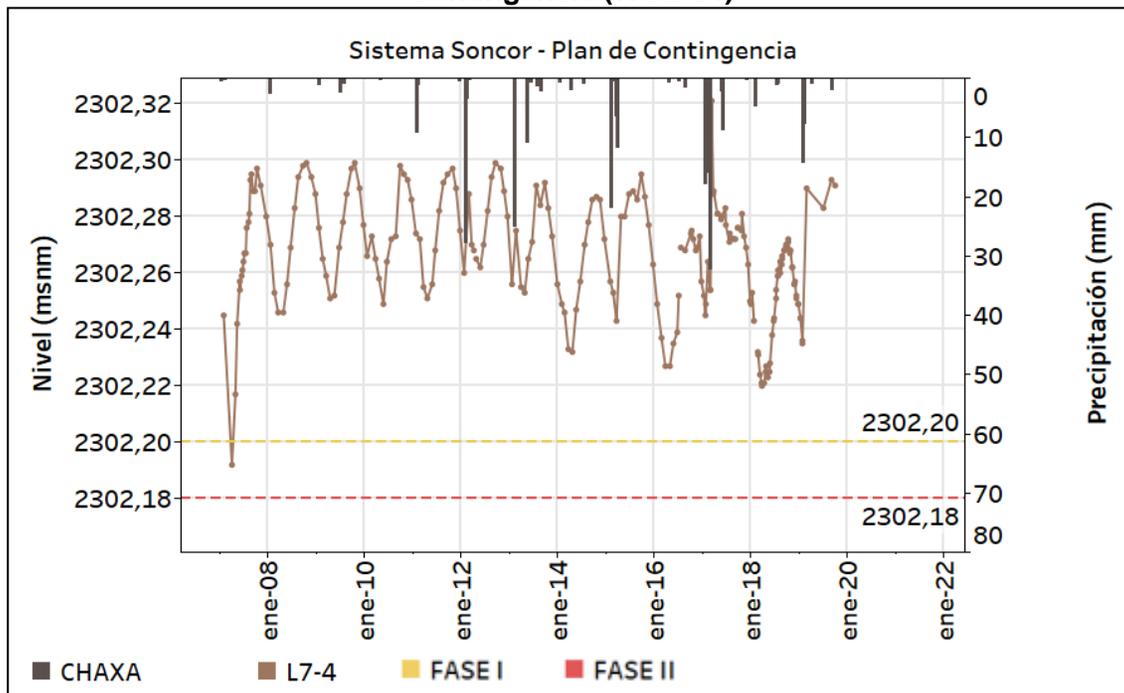
Figura 6-119: Niveles medidos en el L1-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia

El L7-4 (Figura 6-120), 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. Así, este punto se muestra oscilante, en el segundo semestre de 2019 y refleja el descenso propio de estos ciclos estacionales; en la última medición efectuada para este periodo (septiembre 2019), el nivel se encontraba 9 cm sobre el umbral de Fase I. La previsión es que durante el primer semestre de 2020 siga mostrando las oscilaciones estacionales descritas sin alcanzar la cota del umbral de la Fase I.

Figura 6-120: Niveles medidos en el L7-4 junto con sus umbrales del Plan de Contingencia (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia

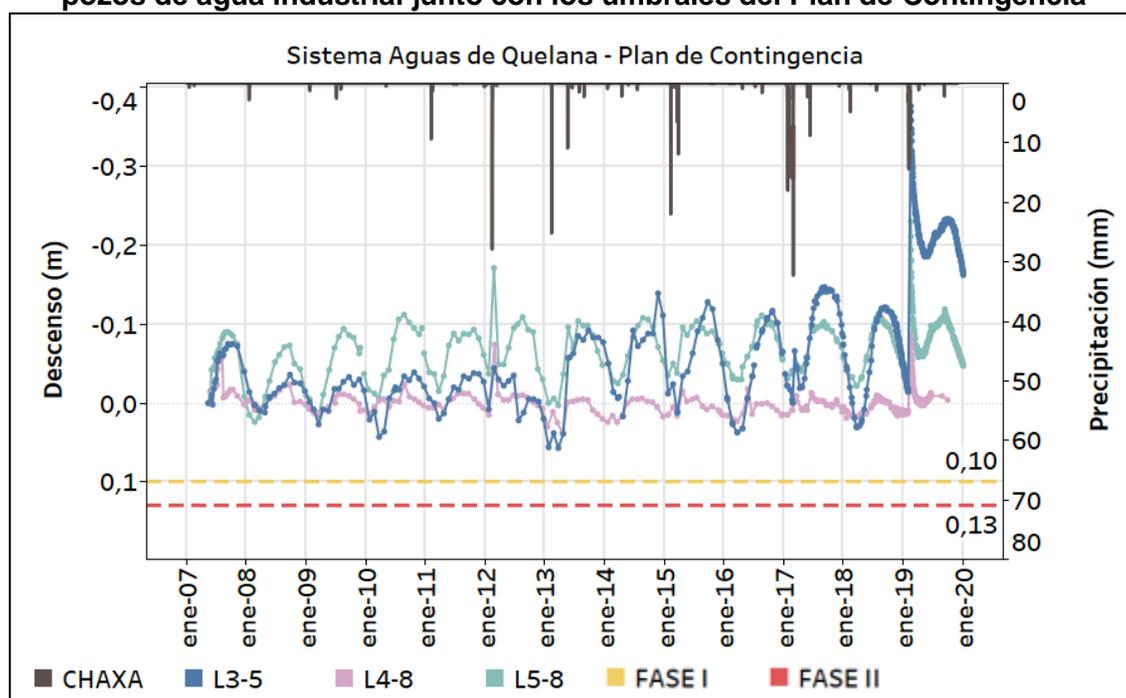
6.3.2. SISTEMA AGUAS DE QUELANA

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, anterior de la Reserva Nacional Los Flamencos de Aguas de Quelana.

Teniendo en cuenta el objeto de protección descrito, 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 se muestran en la Figura 6-121 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 los episodios de lluvia más intensos. Al término del segundo semestre de 2019, el L4-8 muestra el nivel 10,4 cm de la Fase I (respecto la última medida efectuada que fue en septiembre 2019), el L5-8 a 14,7 cm y el L3-5 a 26,2 cm. Por lo que, aunque estos puntos, durante este periodo muestran una recuperación de los niveles después de la lluvia de enero-febrero 2019 junto con el descenso asociado a los ciclos estacionales; no se prevé que alcancen los umbrales de Fase I y Fase II, ya que se estima que sigan reproduciendo estos ciclos estacionales con la amplitud histórica que han mostrado desde 2007.

Figura 6-121: 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

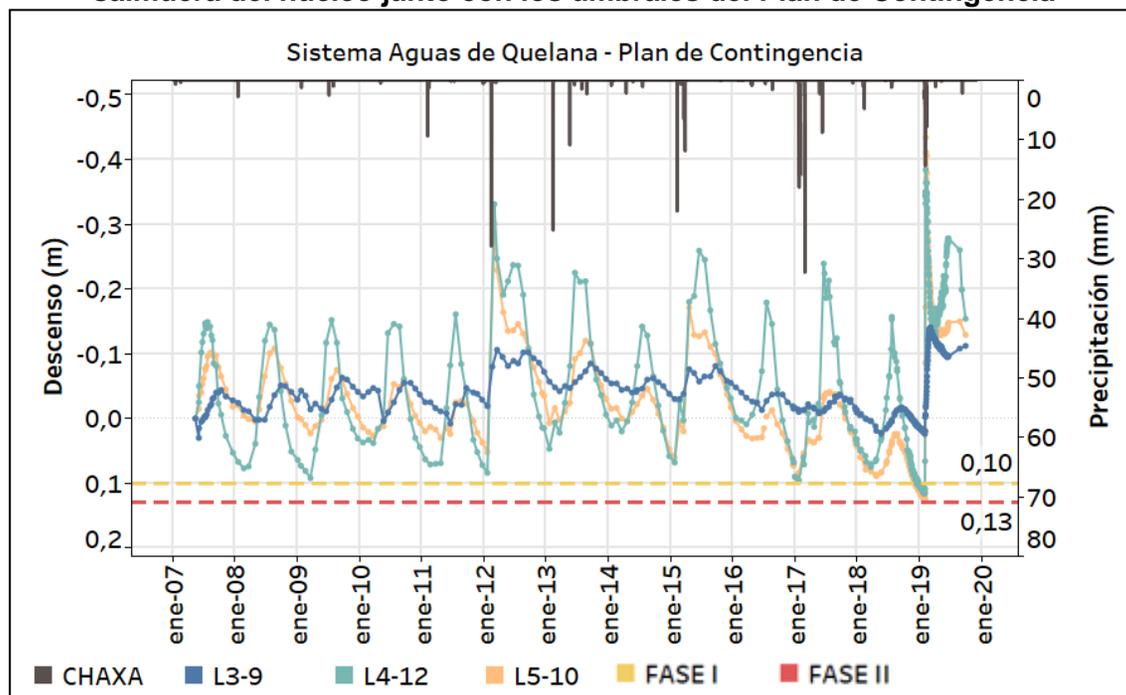


Fuente: Elaboración propia

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 6-122 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. En enero de 2019 los puntos L5-10 y L4-12 estuvieron próximos a alcanzar el umbral de la Fase II (a 5mm y 1,4 cm respectivamente), pero la lluvia de febrero de 2019 elevó los niveles 61 cm y 50 cm respectivamente. Por otro lado, al término del segundo semestre de 2019 (la última medición para los tres es de septiembre de 2019) el nivel del L3-9 dista de la Fase I 21,2 cm, el L5-10 dista 22,9 cm y el 25,4 cm.

Se estima por tanto que, aunque estos puntos tengan un descenso promedio propio de la zona, éste es leve y se mantendrá la oscilación con la amplitud histórica registrada desde 2007, por lo que no se prevé la activación de ninguna de las fases en los próximos meses.

Figura 6-122: 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

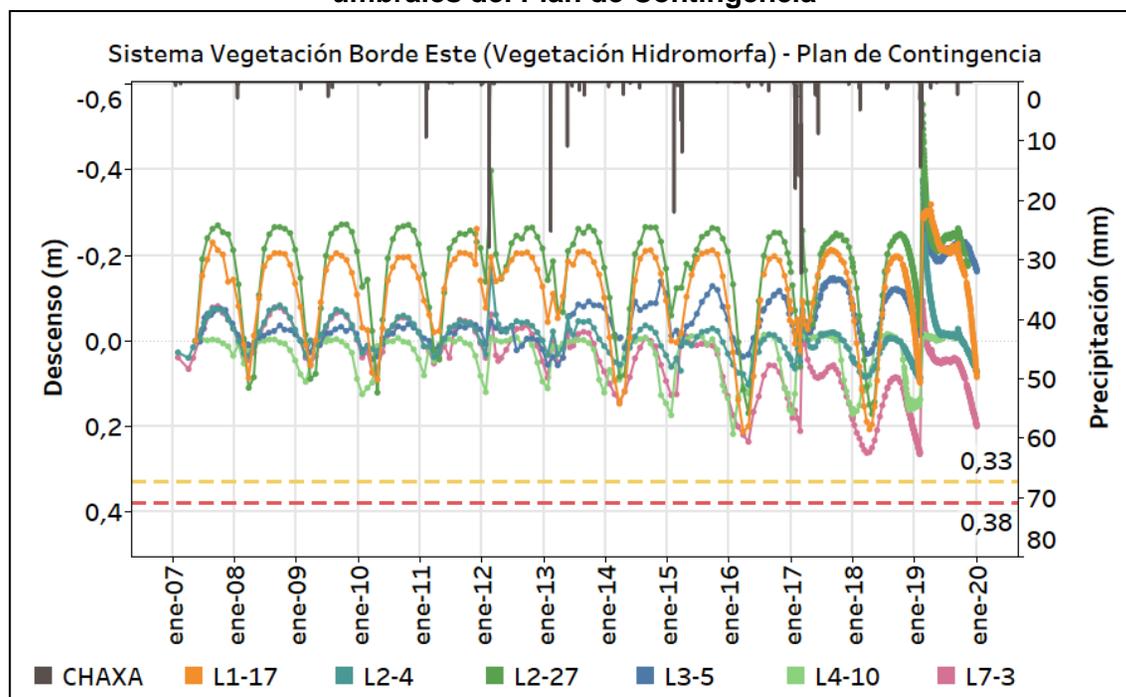
6.3.3. SISTEMA BORDE ESTE - VEGETACIÓN HIDROMORFA

El Sistema Vegetación Borde Este cuenta con 3 subsistemas: Vegetación Hidromorfa, Brea-Atriplex y Alerta Temprana. El Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Hidromorfa busca advertir, anticipar y evitar posibles afecciones que pueden 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 6-123. Puede verse que todos los puntos, durante el segundo semestre de 2019 muestran una recuperación hacia el comportamiento previo a la lluvia de 2019, junto con el descenso asociado al ciclo estacional. Al término de este periodo de reporte, la distancia de los niveles con respecto el umbral de la Fase I es de: 50,5 cm para el L2-27 (la última medida es de noviembre 2019); 49,2 cm para el L3-5; 33,2 cm para el L4-10 (la última medida es de septiembre de 2019); 25,6 cm para el L2-4; 24,5 cm para el L1-17 y 13 cm para el L7-3. Observando la tendencia reciente de todos los puntos se prevé que se mantendrá la oscilación. Ahora bien, sin perjuicio que con los datos disponibles al cierre del período reportado no se esperaba la activación de fase de ninguno de los puntos en los siguientes meses, el indicador L2-27 activó la Fase II el día 8 de abril de 2020, de lo que se da cuenta en la sección 4.7 de este reporte.

Figura 6-123: 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 denominados como 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 han continuado monitoreando y evaluando de acuerdo con lo comprometido en la RCA N°226/2006.

Estos indicadores se han analizado juntamente con los otros puntos del PSAH; 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).

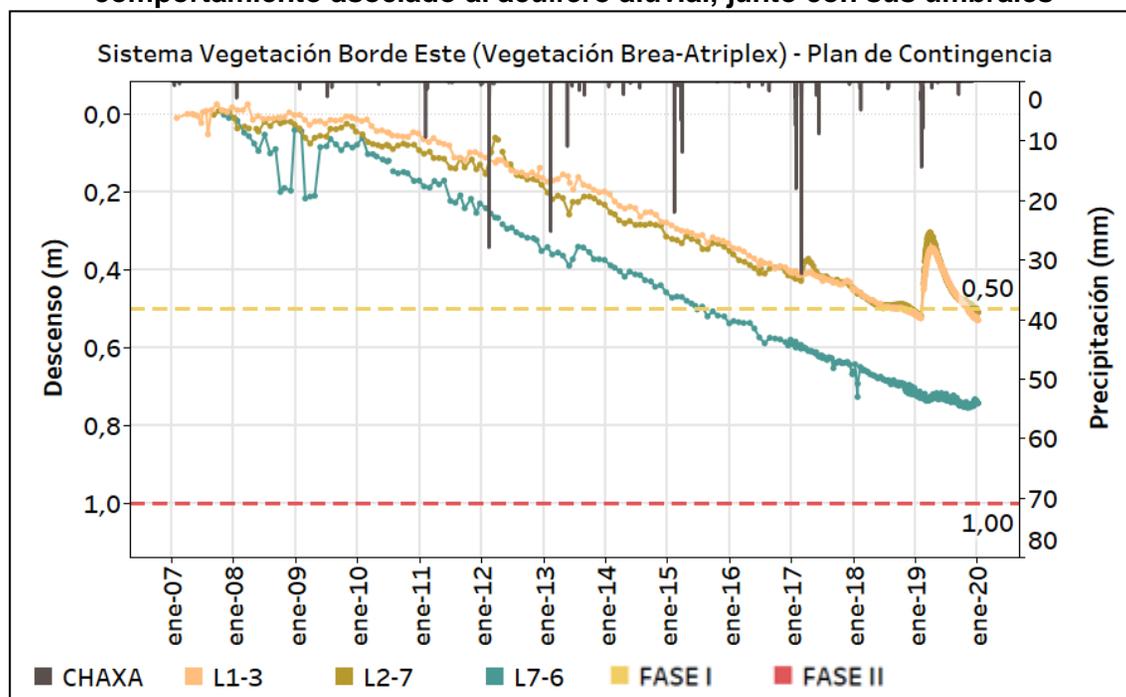
Según estos análisis, los puntos L7-6, L1-3 y L2-7 muestran un comportamiento relacionado con el acuífero aluvial (Figura 6-124). Como se ha descrito anteriormente, estos puntos presentan niveles descendentes, sin oscilaciones estacionales y sin respuestas a las lluvias, aunque la registrada en febrero 2019 si fue sentida por lo puntos L1-3 y L2-7. El L7-6 activó la Fase I en junio 2015 y en este segundo semestre de 2019 también se activó para los puntos L1-3 y L2-7 (noviembre y diciembre respectivamente). Se prevé que se mantenga el descenso para estos puntos, debido conjuntamente al bombeo de los pozos de agua industrial y a 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. N°1/RoI 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, 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.

Figura 6-124: Descensos de los indicadores de Vegetación Brea-Atriplex con comportamiento asociado al acuífero aluvial, junto con sus umbrales



Fuente: Elaboración propia

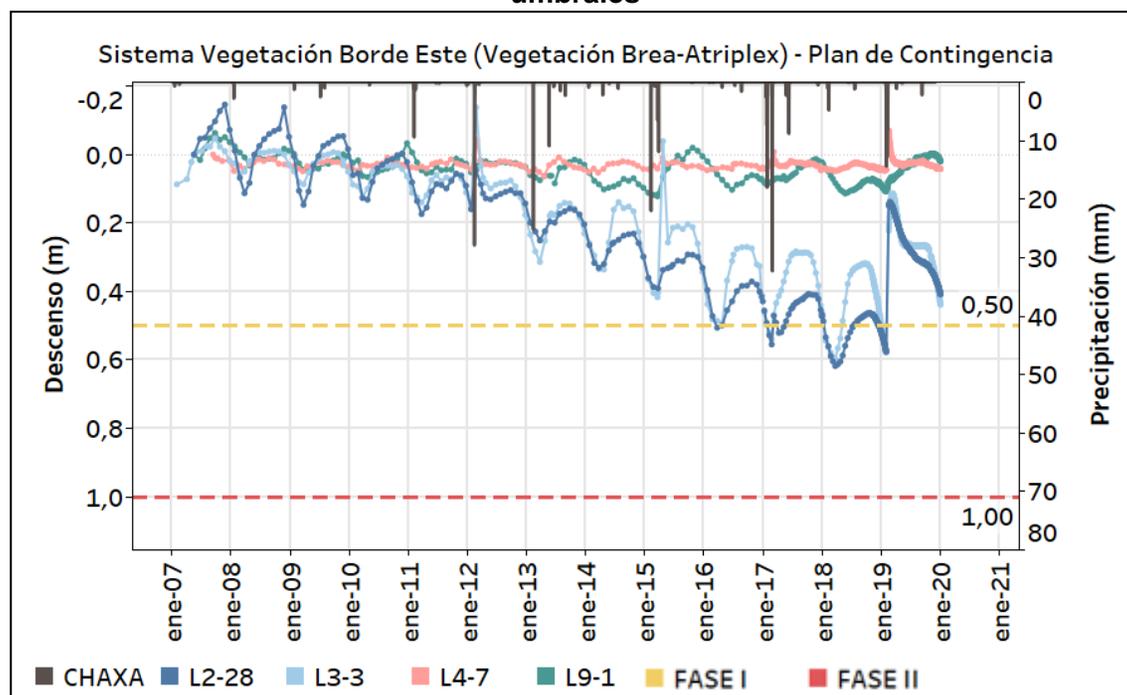
Por otro lado, para los puntos L2-28, L3-3 y L9-1 se ha observado que muestran un comportamiento transicional entre el presente en el acuífero aluvial y en la zona marginal relacionada con la zona de interfaz salina (Figura 6-125). Se caracterizan por presentar oscilaciones estacionales junto con un descenso promedio de los niveles. La mayor pendiente la muestran los puntos L2-28 y L3-3 que se estima que, por su comportamiento histórico, a pesar del ascenso producto de las lluvias de febrero de 2019, recuperen la anterior tasa de descenso y, por tanto, es probable que en el próximo semestre (primero de 2020) activen la Fase I del Plan de Contingencia. Aunque lo harían manteniendo su oscilación estacional, así que puede que a

su vez vuelvan a desactivar la Fase I, tal y como viene sucediendo desde marzo de 2016. Al cierre del segundo semestre de 2019, el punto L2-28 se encuentra a 9,1 cm del umbral de la Fase I y el L3-3 a 6,1 cm.

El punto L9-1 se observa con una menor tasa de descenso, y en diciembre de 2019 el nivel se encuentra a 48 cm del umbral de Fase I. Por lo que, si se mantiene esta tendencia, no se espera que este punto alcance los umbrales de Fase I y Fase II.

En la misma Figura 6-125 se ha mostrado el punto L4-7, que según el análisis del sistema Aguas de Quelana, este punto refleja un comportamiento relacionado con la zona marginal; donde los niveles oscilan estacionalmente sin mostrar a penas tasas de descenso. En diciembre de 2019 el nivel de este punto se encuentra a 45,8 cm del umbral de Fase I. Por lo que, manteniendo este comportamiento, no se espera tampoco que este punto pueda alcanzar estos umbrales.

Figura 6-125: Descensos de los indicadores L2-28, L3-3, L9-1 y L4-7, junto con sus umbrales



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 pozos 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 con todos los pozos del PSAH en el sistema de Soncor (L7-13 y L2-25), sistema Aguas de Quelana (L4-3 y L3-11) y sistema Vegetación Borde Este (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 6-126), por lo que no se prevé que este punto vaya a activar su umbral del Plan de Contingencia.

El punto L2-25 se encuentra en el extremo del acuífero aluvial y como ya se ha observado, presenta un comportamiento de transición entre éste y la zona marginal (Figura 6-127). Concretamente, este punto muestra un ascenso en sus 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.

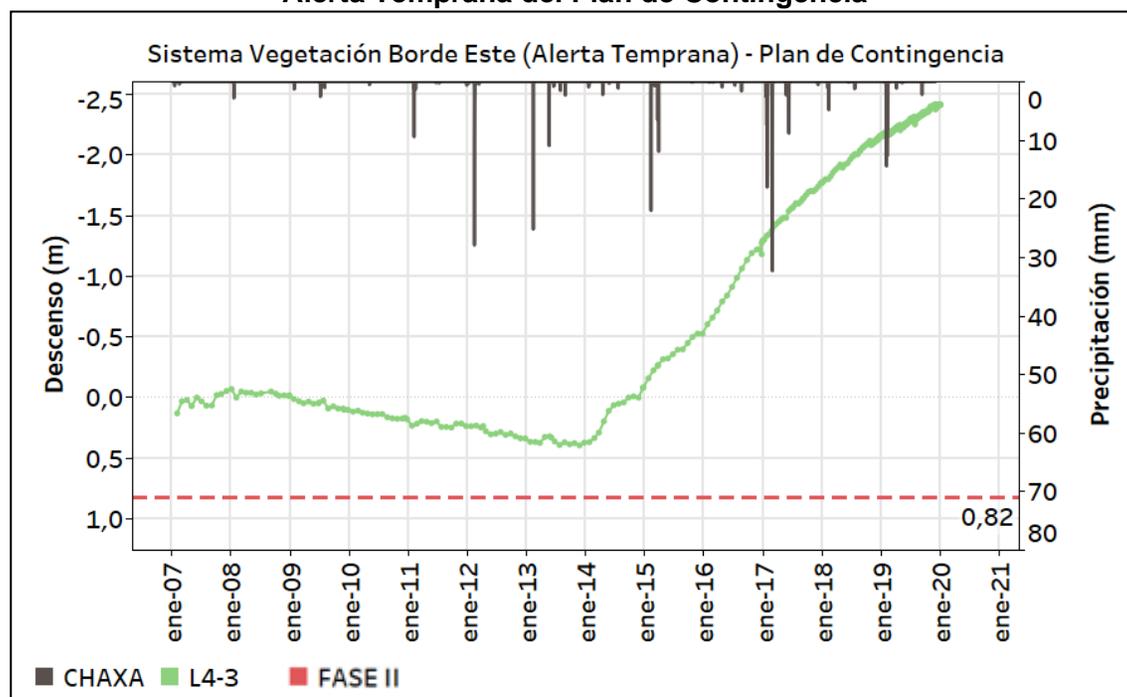
Por su parte, el L7-13 se encuentra en el acuífero aluvial del sistema Soncor y muestra el comportamiento asociado a esta zona; una tasa de descenso constante sin oscilaciones estacionales. En el marco del Plan de Contingencia se define únicamente el límite para la activación de la Fase II, que corresponde a un descenso de 1,25 m. Desde mayo del 2007 a la fecha, el pozo nunca ha superado este límite, con un descenso máximo de 0,53 m que se alcanzó en enero de 2019, previo a las lluvias de ese año, y se ha alcanzado de nuevo en diciembre de 2019. Por lo que, al cierre del segundo semestre de 2019, este punto dista 0,72 m del umbral.

Finalmente, se muestra conjuntamente los puntos L3-11 y L9-1 ya que comparten los mismos umbrales (Figura 6-129), 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 segundo semestre de 2019 (la última medida es de septiembre 2019) se encuentra su nivel a poco menos de un metro del umbral (0,948 m) y el mayor descenso fue de 0,035 m alcanzado justo antes de las lluvias de febrero 2019 (enero 2019).

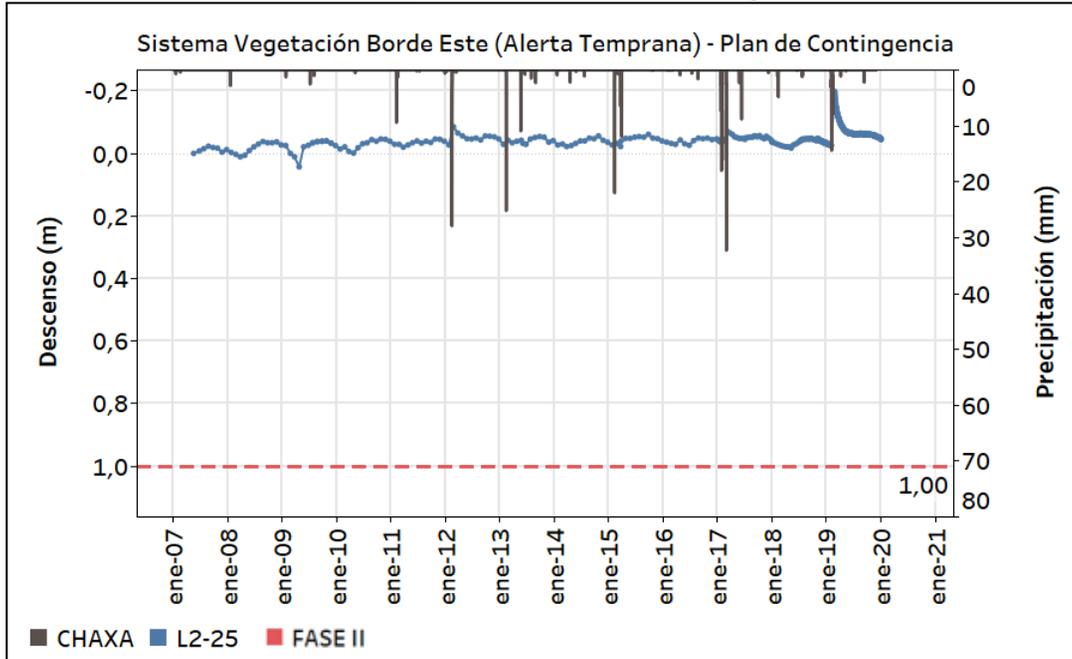
Por otro lado, el L9-1 muestra un comportamiento mixto entre el comportamiento asociado al acuífero aluvial y la zona marginal, por lo que se espera que este punto mantenga un descenso de los niveles promedio. Pero en diciembre de 2019 se mantuvo a una distancia de 0,84 m del umbral y el mayor descenso alcanzado (0,12 m) se registró en marzo de 2018.

Figura 6-126: Descenso del indicador L4-3 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



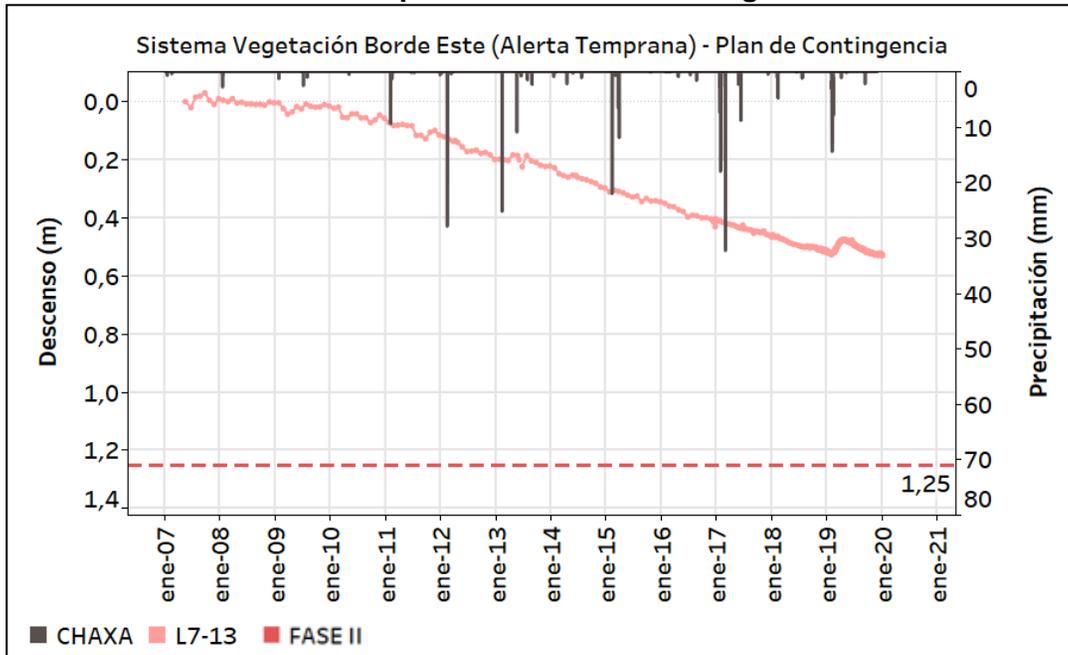
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-127: Descenso del indicador L2-25 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



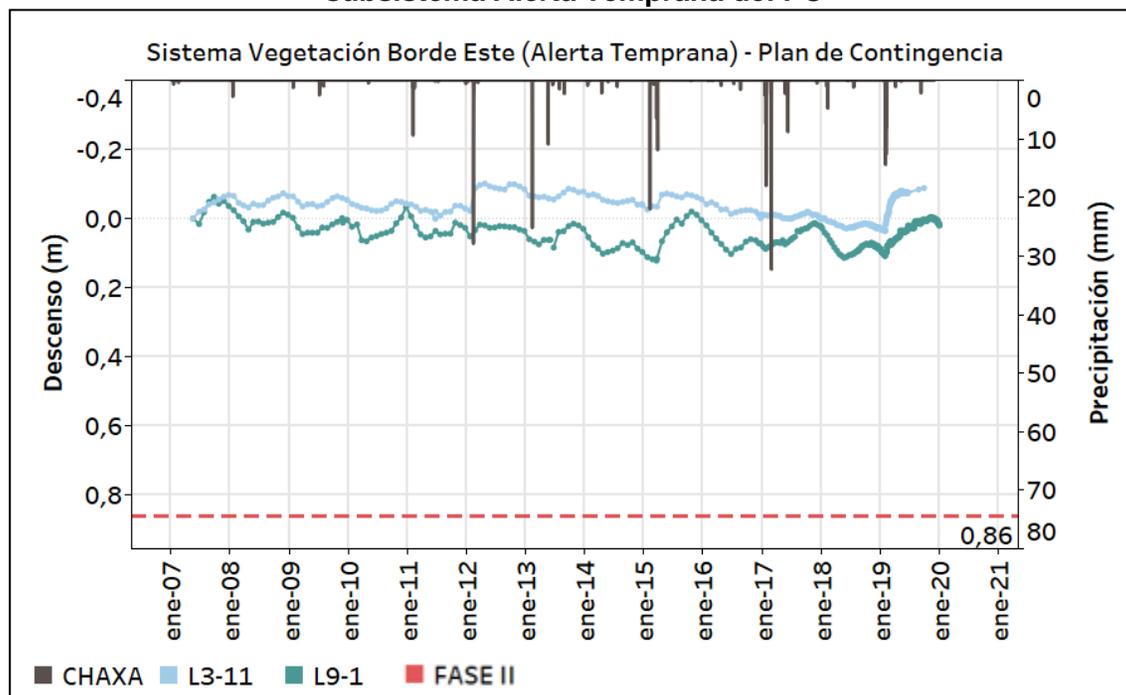
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-128: Descenso del indicador L7-13 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del Plan de Contingencia



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-129: Descenso de los indicadores L3-11 y L9-1 junto al umbral perteneciente al subsistema Alerta Temprana del PC



Fuente: Elaboración propia

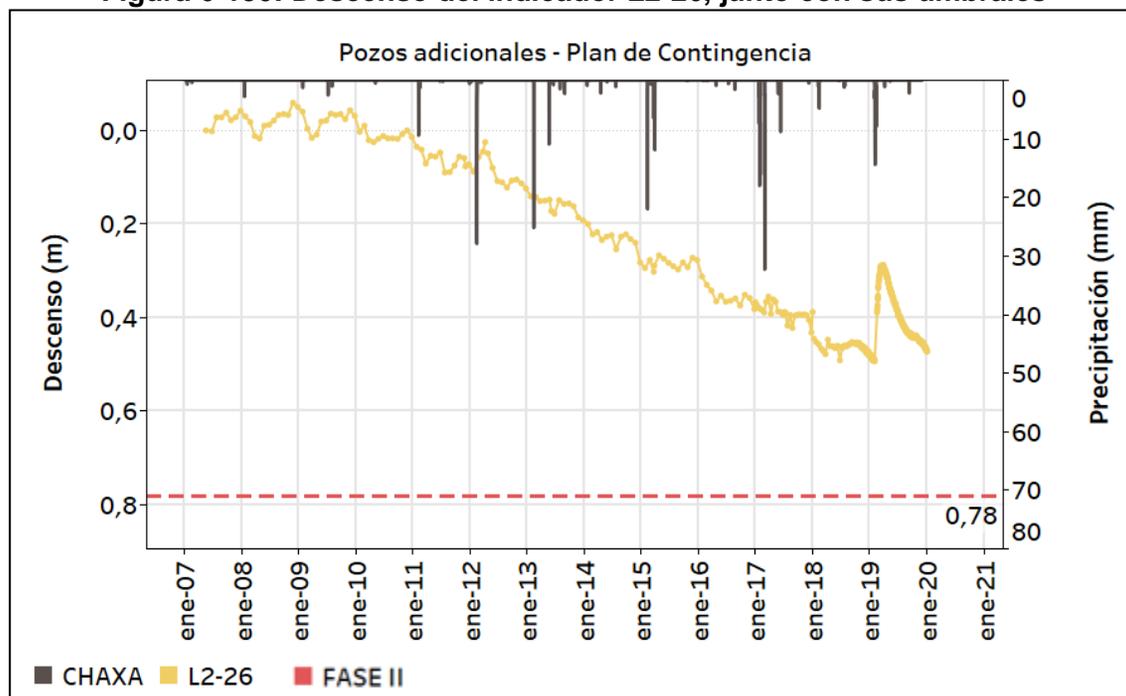
6.3.6. POZOS ADICIONALES AL PLAN DE CONTINGENCIA

Tal como se mencionó en la sección 5.1.6, 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 N°226/2006. 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 6-130) 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 fue de 0,49 m, valor alcanzado el 20 de junio del 2018.

Figura 6-130: Descenso del indicador L2-26, junto con sus umbrales

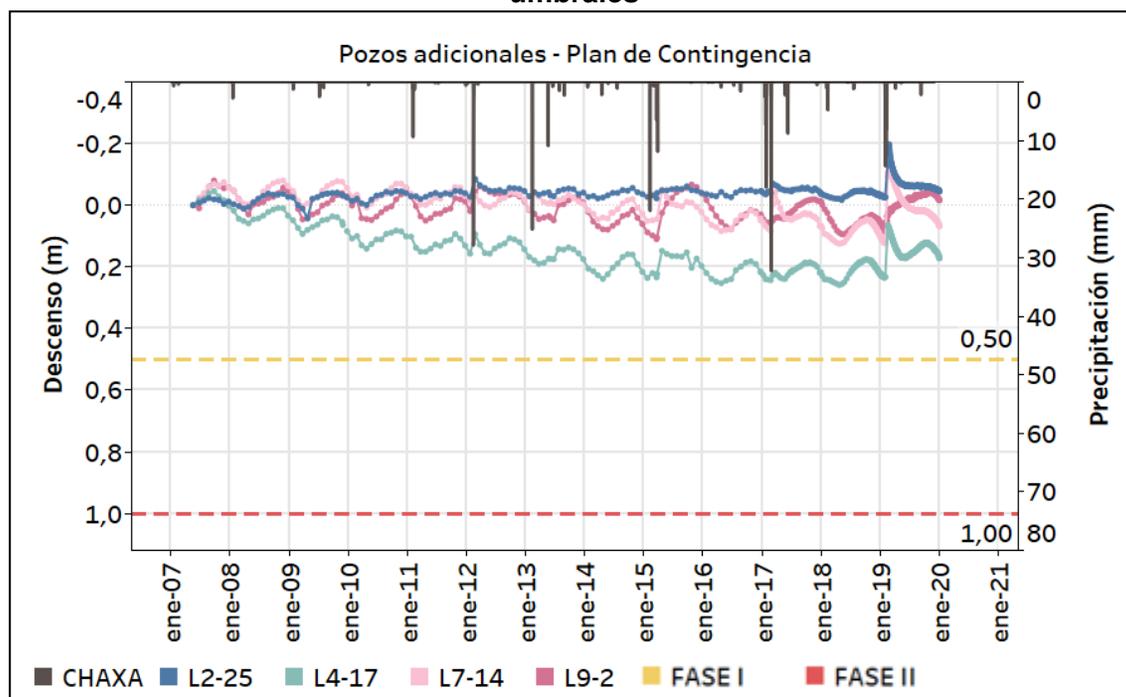


Fuente: Elaboración propia

El resto de los puntos de este grupo muestran una transición entre el acuífero aluvial y la zona marginal y se muestran en distintos gráficos según el umbral por el que se define el Plan de Contingencia; en la Figura 6-131 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 de mayor descenso corresponde a 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 (primero de 2020) si se mantiene la tendencia histórica descrita.

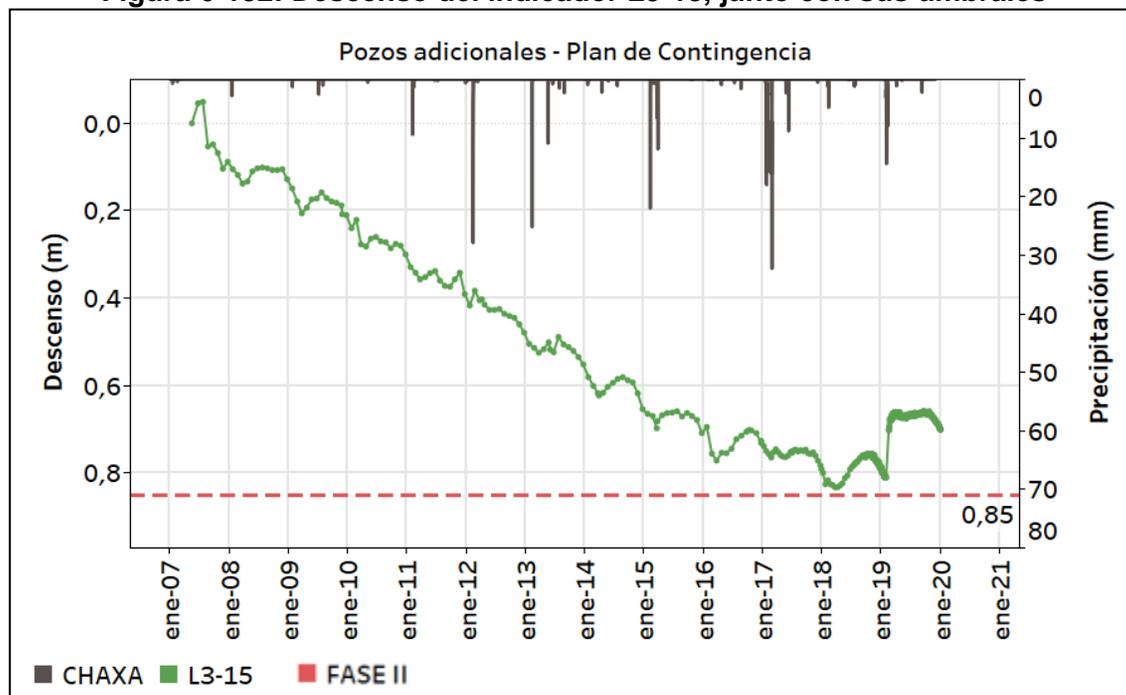
Con respecto al pozo L3-15 (Figura 6-132), que muestra también un comportamiento mixto entre el asociado a la zona marginal y al acuífero aluvial, se observa que la tasa de descenso del nivel de 6,7 cm/año se ha visto atenuada a partir del año 2016, asociado a la detención del pozo Camar-2 efectuada durante el año 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. El mayor descenso observado fue de 0,83 m, valor alcanzado en los días 20 de marzo y 5 de abril del 2018.

Figura 6-131: Descensos de los indicadores L2-25, L4-17, L7-14 y L9-2, junto con sus umbrales



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-132: Descenso del indicador L3-15, junto con sus umbrales



Fuente: Elaboración propia

6.3.7. INDICADORES DE ESTADO SISTEMA PEINE

Tal como se especifica en la acción 21 del 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 N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16.

Para los pozos pertenecientes al plan de seguimiento contemplado en la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), el PdC propone el contraste entre las mediciones efectuadas a partir de octubre de 2018, respecto a los umbrales establecidos (umbrales variables anualmente en forma escalonada). Para el caso de los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA N°21/16, la adopción de medidas de control se condiciona al aviso por parte de la SMA a SQM de la activación de Fase II. Cabe señalar que durante el segundo semestre de 2019 no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II de estos pozos.

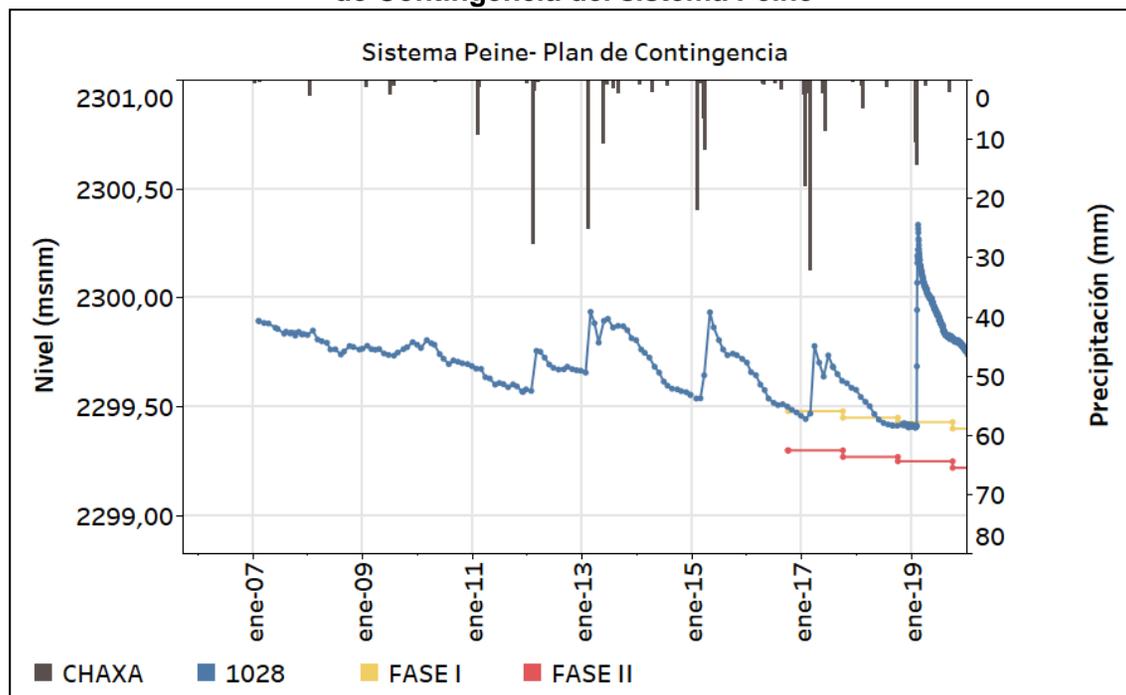
Como se ha mencionado, los umbrales de los indicadores 1028, L10-11 y L10-4 son escalonados y varían de forma anual, disminuyendo la cota los meses de septiembre de cada año, por lo que para este segundo semestre de 2019 se ha efectuado un cambio de escalón y que se describirá para cada caso.

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 (Figura 6-133). En septiembre de 2019 los umbrales descienden un escalón, pasando de 2.299,43 a 2.299,40 m s.n.m. la Fase I y de 2.299,25 a 2.299,22 m s.n.m. la Fase II. El punto L10-11 también se encuentra en el núcleo y los umbrales han descendido desde 2.299,38 a los 2.299,35 m s.n.m. para la Fase I y desde 2.299,17 a los 2.299,14 m s.n.m. para la Fase II. Ambos puntos activaron la Fase I, pero producto de los eventos de lluvia que elevaron los niveles en 2018 y en el primer semestre de 2019, se desactivó la alarma de forma natural. Al cierre del segundo semestre de 2019, los niveles se encuentran a 36 cm el 1028 y 52 cm el L10-11 de la Fase I, pero estos puntos (al igual que todos los pozos con comportamiento asociado al núcleo) se encuentran recuperando el comportamiento previo al episodio de lluvia de enero-febrero 2019. Por lo que es probable que, en un futuro, si no vuelve a darse una lluvia, estos indicadores vuelvan a alcanzar la cota del umbral de Fase I en algún momento.

Por su parte, el L10-4 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. 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. Este punto ha registrado niveles inferiores al umbral de

activación de Fase I en períodos anteriores⁷⁰. En diciembre de 2019 el nivel dista del umbral Fase I 28 cm, pero 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.

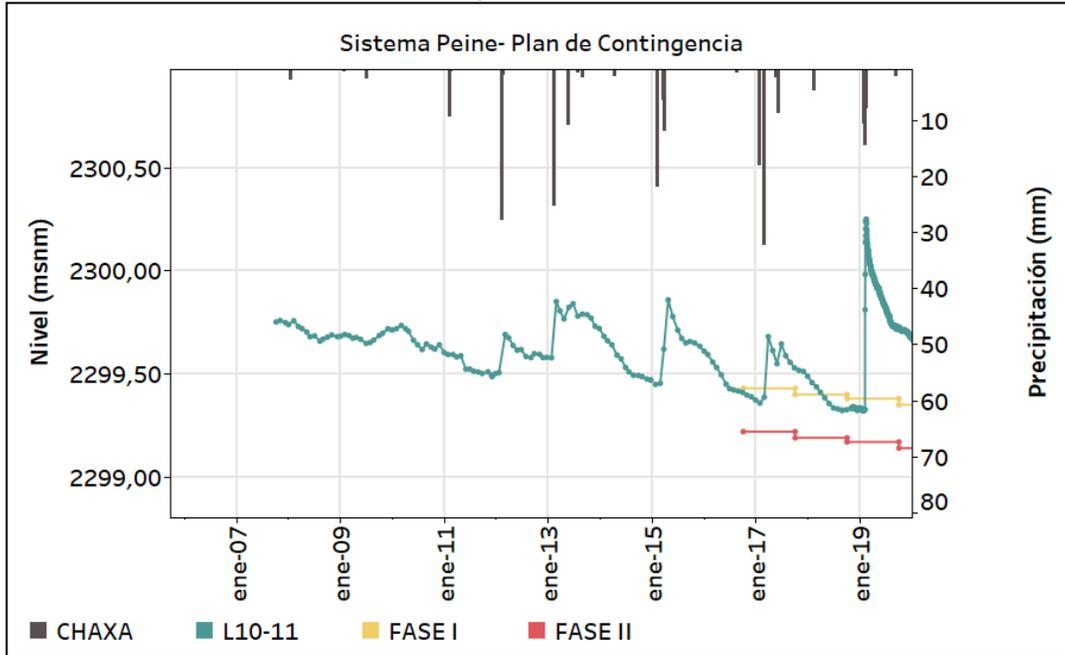
Figura 6-133: Niveles medidos en el 1028 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

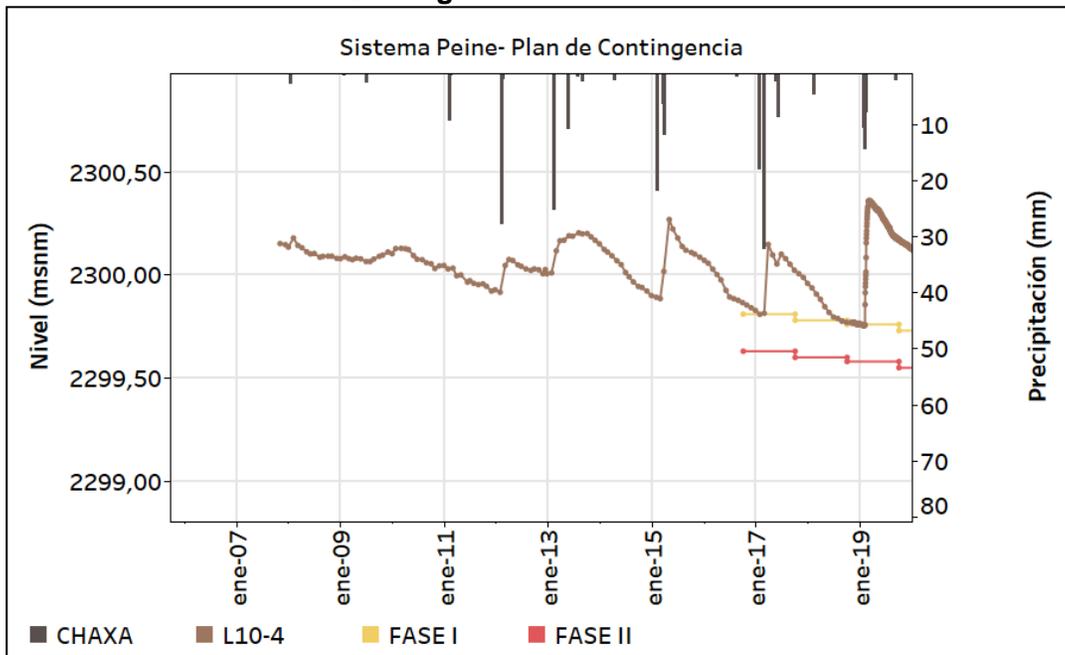
⁷⁰ En el marco de los trabajos de preparación del presente informe, se detectó que el indicador L10-4 alcanzó niveles inferiores al umbral de activación de Fase I durante parte del mes de enero de 2019, desactivándose a partir del 1 de febrero de 2019. Si bien, formalmente, esta activación y posterior desactivación no fueron reportadas en la forma habitual, cabe señalar que se dio igualmente cumplimiento a las medidas previstas al efecto, al encontrarse a la fecha activada la Fase I en el Sistema Peine para los indicadores 1028 y L10-11, desde el 08 de enero de 2019 (Cod RIA4419). Es importante recalcar que ninguno de estos indicadores ha alcanzado la activación de Fase II

Figura 6-134: Niveles medidos en el L10-11 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-135: Niveles medidos en el L10-4 junto con sus umbrales, pertenecientes al Plan de Contingencia del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

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 (SdA), entregando información clave para el resguardo de los sistemas lacustres y vegetativos y 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 julio y el 31 de diciembre del año 2019, 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.

De los niveles de agua/salmuera subterránea

Respecto a los resultados obtenidos del monitoreo de niveles de agua/salmuera subterránea, es posible señalar que los niveles registrados durante el período informado se ven influenciados por el evento de precipitación que tuvo lugar a inicios de febrero del 2019y que se registró como un evento que ha provocado una respuesta muy fuerte sobre los niveles en comparación con los otros eventos de lluvia, superando en muchas ocasiones el evento de lluvia de 2012. En el segundo semestre de 2019, el comportamiento generalizado de todos los puntos de control de nivel es de recuperación del comportamiento previo al evento, ya sea de oscilación estacional o descenso.

El análisis de las series reportadas permite concluir que, en términos generales, y de acuerdo con lo esperado, los efectos del bombeo de salmuera se observan en los piezómetros del sector Núcleo, con descensos que decrecen a medida que se alejan los puntos de control de los campos de bombeo, los que además registran una marcada influencia de las precipitaciones.

Por su parte los descensos generados por el bombeo de agua industrial desde los pozos ubicados en el margen Este de la cuenca se restringen principalmente al acuífero aluvial existente en este sector.

Finalmente, en el sector marginal, situado entre el núcleo y el margen este del SdA, la evolución de los niveles subterráneos se encuentra principalmente dominada por factores climáticos de variación estacional, principalmente evapotranspiración y precipitación, con algunas influencias locales de las extracciones.

Del plan de contingencias

Con respecto a los indicadores de estado del sistema Peine, cabe indicar que, al aplicar los umbrales de activación de Fase I y II en los indicadores de estado propios a partir del 1 de octubre de 2018, se observa que los piezómetros indicadores de estado 1028 y L10-11 registran superaciones a los umbrales de Fase I desde que estos fueron establecidos hasta febrero de 2019, cuando ambos pozos desactivaron su condición de Fase I, situación que se ha mantenido durante el periodo reportado en el presente informe.

En el PdC se incluyen los indicadores de estado PN-05B y PN-08 del PAT Sector Alerta Núcleo de ALB en el sector de Peine). En este sentido, durante el período objeto del presente reporte, SQM no ha recibido ninguna notificación por parte de la SMA en los indicadores de estado indicados.

En el Sistema Vegetación Borde Este-Brea-Atriplex, existen tres indicadores con Fase I activada; L7-6, L1-3 y L2-7. En el caso del indicador de estado L7-6, si bien se ha mantenido activado en Fase I todo el periodo reportado, su serie de niveles se mantiene relativamente estable. Respecto el indicador L1-3, este entró en Fase I en noviembre de 2019, estando activado los meses de noviembre y diciembre. En el caso del indicador L2-7, éste entró en Fase I en diciembre de 2019⁷¹.

⁷¹ Cabe destacar que en el momento de la elaboración del presente informe este indicador no ha activado la Fase II del PC.

Las activaciones de fases durante el periodo reportado se informaron de manera pertinente a la autoridad ambiental mediante cartas que se adjuntan al presente informe en el Anexo 5.2.

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, no se han registrado eventos de precipitación importantes (sobre 10 mm) en ninguna de las 2 estaciones meteorológicas que conforman el PSAH (Chaxa y KCL). Por esto, puede considerarse al período reportado como un período sin precipitaciones en comparación al período anterior.

De la extensión lagunar

Los registros de nivel obtenidos de reglillas, así como la superficie de cuerpos de agua superficial, muestran en términos generales estables, sin presentar variaciones relevantes ni comportamientos de tendencia de largo plazo, lo que puede observarse en los Sistemas de Soncor, Aguas de Quelana y Peine.

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 segundo semestre de 2019 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, es posible concluir que la gran mayoría de los parámetros monitoreados durante el segundo semestre del

año 2019 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 efectuadas desde los Sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este se han mantenido por debajo de los límites ambientalmente aprobados durante todo el periodo de registro. Cabe señalar que el pozo Camar-2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008 y detuvo temporalmente sus operaciones a partir de enero de 2018, situación que se mantiene durante el presente periodo. El resto de los pozos han mantenido su régimen habitual de extracción.

De la posición de la cuña salina

Finalmente, respecto al monitoreo de cuña salina, el comportamiento en los piezómetros de control de esta variable permite evidenciar una interfaz sin un comportamiento de tendencia, es decir que esta se manifestaría estable en el tiempo.

8. REFERENCIAS

Amphos 21 Actualización del modelo conceptual del sector Soncor, Informe para SQM [Informe]. - Santiago : [s.n.], 2009a.

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.

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.

Limnómetro: Reglilla graduada para medición de nivel.

Salmuera: Solución altamente concentrada en sales, puede estar presente de manera superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a 100.000 mg/L. o análogamente de acuerdo a lo definido en este informe para el Salar de Atacama, con conductividades mayores a 142,9 mS/cm.

Zona de transición: Agua superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos entre 3.000 y 100.000 mg/L. o análogamente, aguas con conductividades entre 2,2 y 142,9 mS/cm.

C.: Registros Continuos de nivel.

LD: Límite de detección.

LM: Límite de medición (superior).

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).

10.ANEXOS

Nombre Anexo		Tipo documento
Anexo 1	RESPONSABLES Y PARTICIPANTES	pdf
Anexo 2	CATASTRO INFRAESTRUCTURAS PSAH	pdf
Anexo 3	METODOLOGIAS	
Anexo 3.1	<i>Instructivos y procedimientos</i>	pdf
Anexo 3.2	<i>Certificaciones y calibraciones de equipos utilizados</i>	pdf
Anexo 4	INFORMES ETFA NIVELES Y AFOROS	
Anexo 5	COMUNICACIONES, ORDINARIOS Y RESOLUCIONES	
Anexo 5.1	<i>Cartas CONAF con permisos de acceso a RNF</i>	pdf
Anexo 5.2	<i>Cartas informativas activación de fase</i>	pdf
Anexo 5.3	<i>Cartas de comunicación de incidencias</i>	pdf
Anexo 6	MEDICIONES ADICIONALES	
Anexo 6.1	<i>Auditoría interna (Golder Associates)</i>	pdf
Anexo 6.2	<i>Auditoría SMA</i>	pdf
Anexo 7	NIVEL AGUA SUBTERRÁNEA	
Anexo 7.1	<i>Niveles continuos</i>	csv
Anexo 7.2	<i>Planilla Niveles agua subterránea (xls)</i>	xls
Anexo 8	NIVEL AGUA SUPERFICIAL	
Anexo 8.1	<i>Niveles continuos</i>	csv
Anexo 8.2	<i>Planilla Niveles agua superficial (xls)</i>	xls
Anexo 9	CUÑA SALINA	pdf
Anexo 10	CALIDAD QUÍMICA	
Anexo 10.1	<i>Informes ETFA de calidad</i>	pdf
Anexo 10.2	<i>Cartas laboratorio</i>	pdf
Anexo 10.3	<i>Informe aumento TSD-ST (SRK)</i>	pdf
Anexo 10.4	<i>Planilla Calidad de Agua (xls)</i>	xls
Anexo 11	CAUDAL AGUA INDUSTRIAL	xls
Anexo 12	CAUDAL AGUA SUPERFICIAL	xls
Anexo 13	EXTENSIÓN LAGUNAR	
Anexo 13.1	<i>Informe estacas</i>	pdf
Anexo 13.2	<i>Valores extensión lagunar</i>	pdf
Anexo 14	VARIABLES METEOROLÓGICAS	
Anexo 14.1	<i>Relleno de series</i>	pdf
Anexo 14.2	<i>Valores variables meteorológicas</i>	pdf
Anexo 15	ESTRATIGRAFIA Y HABILITACIÓN DE PIEZÓMETROS Y/O POZOS	pdf
Anexo 16	INDICADORES, UMBRALES Y MEDIDAS APLICABLES AL SISTEMA PEINE	
Anexo 16.1	<i>Anexo 4.1 del PdC: Definición de umbrales de activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine</i>	pdf
Anexo 16.2	<i>Anexo 4.2 del PdC: Definición de medidas de control frente a activación de Fase I y Fase II en Sistema Peine</i>	pdf
Anexo 16.3	<i>Anexo 4.3 del PdC: Monitoreo Plan de Contingencia Ambiental sector Peine</i>	pdf