

SQM SALAR S.A.

**INFORME N° 23 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL
HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS
DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA**

**INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO
DE 2018**

INFORME N°23 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

“INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO 2018”

ÍNDICE

1	RESUMEN.....	1-1
1.1	SISTEMA SONCOR.....	1-3
1.2	SISTEMA AGUAS DE QUELANA	1-4
1.3	SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE.....	1-4
1.4	SISTEMA PEINE	1-5
1.5	SECTOR VEGAS DE TILOPOZO	1-6
1.6	NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA.....	1-6
1.7	CUÑA SALINA	1-6
2	INTRODUCCIÓN.....	2-7
3	OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH) 3-9	
4	MATERIALES Y METODOS.....	4-10
4.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4-10
4.2	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O SITIOS DE MONITOREO.....	4-14
4.2.1	Sistema Soncor	4-16
4.2.2	Sistema Aguas de Quelana.....	4-21
4.2.3	Sistema Vegetación Borde Este.....	4-24
4.2.4	Sistema Peine	4-26
4.2.5	Sector Vegas de Tilopozo	4-29
4.2.6	Núcleo del Salar de Atacama	4-31
4.2.7	Cuña Salina	4-33
4.2.8	Plan de Contingencias.....	4-34
4.3	PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES..	4-37
4.4	METODOLOGÍAS	4-37

4.4.1	Monitoreo manual de nivel pozos	4-37
4.4.2	Monitoreo manual de nivel aguas superficiales.....	4-38
4.4.3	Monitoreo continuo de nivel.....	4-38
4.4.4	Medición de superficie lacustre	4-39
4.4.5	Monitoreo de caudal de bombeo pozos	4-40
4.4.6	Monitoreo manual de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-40
4.4.7	Monitoreo continuo de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-41
4.4.8	Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas.....	4-41
4.4.9	Perfilaje Conductividad Eléctrica en pozos	4-43
4.4.10	Medición Meteorología	4-43
4.5	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	4-43
4.5.1	Monitoreo manual de nivel pozos	4-43
4.5.2	Monitoreo manual de nivel aguas superficiales.....	4-43
4.5.3	Monitoreo continuo de nivel.....	4-44
4.5.4	Medición de superficie lacustre	4-44
4.5.5	Monitoreo caudal de bombeo pozos	4-44
4.5.6	Monitoreo manual de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-44
4.5.7	Monitoreo continuo de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-44
4.5.8	Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas	4-44
4.5.9	Perfilaje Conductividad Eléctrica en pozos	4-45
4.5.10	Medición Meteorología	4-45
4.6	FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS.....	4-46
4.7	INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS.....	4-46
5	RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE DE 2018.....	5-48
5.1	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIA	5-48
5.1.1	Sistema Soncor	5-48
5.1.2	Sistema Aguas de Quelana	5-51
5.1.3	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa	5-52
5.1.4	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex	5-54
5.1.5	Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-56
5.1.6	Pozos adicionales al Plan de Contingencia.....	5-60
5.2	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO.....	5-64
5.2.1	Sistema Soncor	5-64

5.2.2	Sistema Aguas de Quelana	5-103
5.2.3	Sistema Vegetación Borde Este	5-122
5.2.4	Sistema Peine	5-131
5.2.5	Sector Vegas de Tilopozo	5-144
5.2.6	Núcleo del Salar de Atacama	5-146
5.2.7	Sistema Cuña Salina	5-155
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	6-164
6.1	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....	6-164
6.1.1	Sistema Soncor	6-164
6.1.2	Sistema Aguas de Quelana	6-168
6.1.3	Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa.....	6-169
6.1.4	Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex.....	6-170
6.1.5	Sistema Borde Este - Alerta Temprana.....	6-172
6.1.6	Pozos Adicionales al Plan de Contingencia	6-175
6.2	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO.....	6-178
6.2.1	Sistema Soncor	6-179
6.2.2	Sistema Aguas de Quelana	6-232
6.2.3	Sistema Vegetación Borde Este	6-256
6.2.4	Sistema Peine	6-263
6.2.5	Sector Vegas de Tilopozo	6-280
6.2.6	Núcleo del Salar de Atacama	6-282
6.2.7	Cuña Salina	6-289
7	CONCLUSIONES.....	7-295
8	REFERENCIAS.....	8-298
9	GLOSARIO Y ABREVIACIONES	9-299

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación general del proyecto.....	4-10
Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama.....	4-11
Figura 4-3: Modelo conceptual de flujo en la cuenca.....	4-12
Figura 4-4: Ubicación Sistemas Objeto del PSA Hidrogeológico.....	4-13
Figura 4-5: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH.....	4-15
Figura 4-6: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor.....	4-16
Figura 4-7: Representación gráfica de las reglillas instaladas cercanas al puente San Luis	4-20

Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.	4-21
Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este	4-24
Figura 4-10: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine	4-27
Figura 4-11: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo	4-30
Figura 4-12: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama	4-31
Figura 4-13. Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.	4-33
Figura 4-14: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial (DATUM WGS-84).	4-36
Figura 4-15: Esquema conceptual de pozos de monitoreo	4-38
Figura 5-1: Nivel observado (m.s.n.m.) pozos de contingencia Sistema Soncor (WGS-84)	5-50
Figura 5-2: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema A. de Quelana	5-52
Figura 5-3: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa	5-54
Figura 5-4: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex	5-56
Figura 5-5: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-59
Figura 5-6: Descenso observado (m) pozos de contingencia Adicionales	5-62
Figura 5-7 Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor	5-67
Figura 5-8 Nivel dinámico observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de Extracción de Agua Industrial	5-67
Figura 5-9: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar	5-69
Figura 5-10: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros	5-71
Figura 5-11: Nivel observado (m.s.n.m) en zona marginal Sistema Soncor- Subsector Este Barros Negros (L2-4 y L2-8)	5-71
Figura 5-12: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa	5-73
Figura 5-13: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez	5-75
Figura 5-14: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez	5-76
Figura 5-15: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez	5-76
Figura 5-16: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur	5-78
Figura 5-17: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur	5-78
Figura 5-18: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte	5-79
Figura 5-19: Nivel observado (m.s.n.m.) para los pozos de Salmuera para el primer semestre de 2018 (WGS-84)	5-81
Figura 5-20: Nivel observado (m.s.n.m.) en Reglilla para el primer semestre de 2018	5-83

Figura 5-21: Nivel observado (m.s.n.m) sector de aforo Puente San Luis para el primer semestre de 2018.....	5-84
Figura 5-22: Nivel observado (m.s.n.m.) para el nivel lacustre durante el primer semestre de 2018 (WGS-84).....	5-85
Figura 5-23: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el primer semestre de 2018.....	5-87
Figura 5-24: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Soncor.....	5-88
Figura 5-25: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña enero 2018.....	5-91
Figura 5-26: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña abril 2018.....	5-92
Figura 5-27: Resultados de análisis físico-químico pozos de extracción.....	5-94
Figura 5-28: Resultados de análisis físico-químico lagunas.....	5-95
Figura 5-29: Resultados de análisis físico-químico CONAF de las lagunas Chaxa y Burro Muerto.....	5-97
Figura 5-30: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la lagunas Barros Negros y Puilar.....	5-98
Figura 5-31: Resultados Aforos mensuales Laguna Barros Negros y Puente San Luis.....	5-101
Figura 5-32: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema de Aguas de Quelana.....	5-104
Figura 5-33: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Camar-2.....	5-106
Figura 5-34: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Socaire-5B.....	5-107
Figura 5-35: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste Lagunas Difusas aledaño a Camar-2.....	5-109
Figura 5-36: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste Lagunas Difusas aledaño Socaire-5B.....	5-111
Figura 5-37: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de Salmuera en Sistema Aguas de Quelana.....	5-113
Figura 5-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en reglillas de Sistema Aguas de Quelana.....	5-114
Figura 5-39: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana.....	5-116
Figura 5-40: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña enero 2018.....	5-118
Figura 5-41: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña abril 2018.....	5-119
Figura 5-42: Resultados de análisis físico-químico pozos Bombeo.....	5-121
Figura 5-43: Resultados de análisis físico-químico reglilla L4-10.....	5-122
Figura 5-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este.....	5-125
Figura 5-45: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema de Vegetación Borde Este.....	5-127
Figura 5-46: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este.....	5-128
Figura 5-47: Resultados de análisis físico-químico del pozo CA-2015.....	5-130
Figura 5-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema Peine.....	5-133
Figura 5-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal al Este de la Laguna Salada del Sistema Peine.....	5-133

Figura 5-50: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de salmuera del Sistema Peine.....	5-136
Figura 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en aguas superficiales en Sistema Peine.	5-137
Figura 5-52: Resultados calidad del agua Sistema Peine.....	5-138
Figura 5-53: Resultados de análisis físico-químico CONAF de Lag. Interna y Salada.	5-140
Figura 5-54: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Saladita.....	5-141
Figura 5-55: Resultados Aforos mensuales Sistema Peine.	5-143
Figura 5-56: Nivel observado (m.s.n.m.) en el agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo	5-145
Figura 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo	5-146
Figura 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama alejados de zona productiva.....	5-149
Figura 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama próximos a zona productiva	5-150
Figura 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector Norte a zona productiva	5-151
Figura 5-61: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el primer semestre de 2018	5-153
Figura 5-62: Resultados calidad del agua sector Núcleo del Salar.....	5-155
Figura 5-63: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos del sistema Cuña Salina.....	5-157
Figura 5-64: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio de 2018.....	5-158
Figura 5-65: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio de 2018.....	5-160
Figura 5-66: Perfil de conductividad eléctrica en el pozo Cuña 6 a junio de 2018.....	5-162
Figura 6-1: Variación histórica de niveles en la Reglilla L1-G4	6-165
Figura 6-2: Variación histórica de niveles en la L1-5.....	6-166
Figura 6-3: Variación histórica de niveles en la L1-4.....	6-167
Figura 6-4: Variación histórica de niveles en la L7-4.....	6-167
Figura 6-5: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Aguas de Quelana.....	6-169
Figura 6-6: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Vegetación Hidromorfa	6-170
Figura 6-7: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex	6-171
Figura 6-8: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L4-3)	6-172
Figura 6-9: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L3-11 y L9-1)	6-173
Figura 6-10: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L2-25)	6-174
Figura 6-11: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L7-13)	6-175
Figura 6-12: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L7-14, L4-17, L9-2, L2-25.....	6-176
Figura 6-13: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L2-26	6-177

Figura 6-14: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L3-15	6-177
Figura 6-15: Variación histórica de niveles de los pozos del Sistema Soncor (Zona Aluvial)	6-180
Figura 6-16: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector de Puilar (Zona Marginal).....	6-182
Figura 6-17: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (Zona Marginal)	6-183
Figura 6-18: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor Sector Este de la Laguna Barros Negros (Zona Marginal)	6-184
Figura 6-19: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor, Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (Zona Marginal).....	6-185
Figura 6-20: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)	6-187
Figura 6-21: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)	6-188
Figura 6-22: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)	6-189
Figura 6-23: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Barros Negros Sur (Zona Marginal)	6-190
Figura 6-24: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Barros Negros Sur (Zona Marginal)	6-191
Figura 6-25: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor Sector Norte de Soncor 6-192	
Figura 6-26: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor - Zona Núcleo	6-193
Figura 6-27: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-194
Figura 6-28: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-195
Figura 6-29: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-195
Figura 6-30: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-196
Figura 6-31: Variación histórica de niveles dinámicos de los pozos de extracción del Sistema Soncor (Zona Aluvial)	6-197
Figura 6-32: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor	6-198
Figura 6-33: Meteorología Estación Chaxa	6-200
Figura 6-34: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)	6-201
Figura 6-35: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4	6-203
Figura 6-36. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5	6-204
Figura 6-37. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6	6-205
Figura 6-38. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3	6-206
Figura 6-39. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4	6-207
Figura 6-40. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5	6-208
Figura 6-41. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3	6-209
Figura 6-42. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7	6-210

Figura 6-43. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14	6-211
Figura 6-44. Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L1-G4	6-212
Figura 6-45. Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L7-G1	6-213
Figura 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1 ...	6-215
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana .	6-217
Figura 6-48: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa	6-221
Figura 6-49: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros	6-224
Figura 6-50: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Puilar	6-227
Figura 6-51: Evolución histórica de la calidad del agua canal Burro Muerto.....	6-229
Figura 6-52: Evolución histórica aforo Laguna Barros Negros y Puente San Luis.....	6-231
Figura 6-53: Niveles históricos de los pozos aledaños al pozo de Agua Industrial Socaire del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial).....	6-232
Figura 6-54: Niveles histórico de los pozos aledaños al Pozos de extracción CAMAR-2 del Sistema Aguas de Quelana (Zona Marginal)	6-234
Figura 6-55: Niveles históricos de los pozos aledaños al Pozos de extracción SOCAIRE-5B del Sistema Aguas de Quelana (Zona Marginal).....	6-235
Figura 6-56: Niveles histórico del Sistema Aguas de Quelana, margen Oeste de lagunas difusas aledaño a CAMAR-2 (Zona Marginal).....	6-236
Figura 6-57: Niveles históricos del Sistema Aguas de Quelana, margen oeste de lagunas difusas aledaño a SOCAIRE 5B (Zona Marginal)	6-237
Figura 6-58: Niveles y descensos históricos de los pozos núcleo Sistema Aguas de Quelana	6-238
Figura 6-59: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Aguas de Quelana	6-239
Figura 6-60: Niveles dinámicos históricos de los pozos de extracción de agua industrial del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial).....	6-240
Figura 6-61: Caudal Bombeado del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial).....	6-241
Figura 6-62: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3	6-243
Figura 6-63: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6	6-244
Figura 6-64: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8	6-245
Figura 6-65: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9	6-246
Figura 6-66: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12	6-247
Figura 6-67: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3	6-248
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10.....	6-249
Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2	6-252
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B	6-254
Figura 6-71: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este aledaño al pozo de extracción CA-2015 (Zona Aluvial).....	6-257
Figura 6-72: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial) ...	6-257
Figura 6-73: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial) ...	6-259
Figura 6-74: Niveles dinámicos históricos de los pozos de extracción Sistema Borde Este (Zona Aluvial)	6-260
Figura 6-75: Caudal bombeado - Sistema Borde Este (Zona Aluvial).....	6-261

Figura 6-76: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (las últimas cinco mediciones corresponden al pozo CA-2015).....	6-262
Figura 6-77: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Marginal).....	6-265
Figura 6-78: Nivel histórico del pozo del Sistema Peine sector este de Laguna Salada (Zona Marginal).....	6-265
Figura 6-79: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Núcleo)	6-266
Figura 6-80: Niveles de agua superficial de las Lagunas Salada, Saladita e Interna Sistema Peine	6-267
Figura 6-81: Superficie lacustre de las Lagunas Salada, Saladita e Interna, Sistema Peine	6-268
Figura 6-82: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028.....	6-270
Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1	6-271
Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4	6-272
Figura 6-85: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Salada	6-274
Figura 6-86: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Saladita	6-276
Figura 6-87: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Interna	6-278
Figura 6-88: Aforos Sistema Peine.....	6-280
Figura 6-89: Niveles históricos de los pozos del Sector Vegas de Tilopozo	6-281
Figura 6-90: Niveles histórico de agua superficial Sector Vegas de Tilopozo.....	6-282
Figura 6-91: Niveles histórico de los pozos del Núcleo Salar de Atacama lejano a la zona productiva	6-283
Figura 6-92: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama cercanos a la zona productiva	6-284
Figura 6-93: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama al norte de la zona productiva	6-285
Figura 6-94: Estación Meteorológica KCL.....	6-286
Figura 6-95: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C	6-288
Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001.....	6-288
Figura 6-97: Niveles históricos de los pozos del Sistema Cuña Salina.....	6-289
Figura 6-98: Conductividad eléctrica histórica de los pozos cuña 1, cuña 2 y cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección noreste)	6-291
Figura 6-99: Conductividad eléctrica histórica de los pozos cuña 5, cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección este).....	6-292
Figura 6.100: Conductividad eléctrica histórica de los pozos cuña 7, L10-1 y cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección sureste)	6-293

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia ..	2-7
Tabla 2-2: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe	2-8
Tabla 4-1: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor	4-17
Tabla 4-2: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana	4-22
Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este.....	4-25
Tabla 4-4: Puntos de monitoreo del Sistema Peine	4-28
Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo	4-29

Tabla 4-6: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama.....	4-32
Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina	4-34
Tabla 4-8: Pozos del Plan de Contingencia (Indicadores de Estado), según RCA N°226/2006.....	4-35
Tabla 4-9: Parámetros considerados en PSAH.....	4-37
Tabla 5-1. Registro de niveles pozos contingencia Sistema Soncor (WGS-84)	5-49
Tabla 5-2. Registro descensos pozos contingencia Sistema A. de Quelana	5-51
Tabla 5-3. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa.....	5-53
Tabla 5-4. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex.....	5-55
Tabla 5-5. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-57
Tabla 5-6. Registro descensos pozos contingencia adicionales	5-60
Tabla 5-7: Registro de niveles zona aluvial de Sistema Soncor (WGS-84).	5-65
Tabla 5-8: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puillar (WGS-84)	5-68
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)	5-69
Tabla 5-10: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (WGS-84)	5-72
Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Cola de Pez (WGS-84)	5-73
Tabla 5-12: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84).....	5-77
Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)	5-79
Tabla 5-14: Registro de Niveles para los pozos de Salmuera para el primer semestre de 2018 (WGS-84).	5-80
Tabla 5-15: Registro de Niveles en Reglillas para el primer semestre de 2018 (WGS-84).5-81	
Tabla 5-16: Registro de Niveles sector de aforo Puente san Luis para el primer semestre de 2018 (WGS-84)	5-84
Tabla 5-17: Registro de Niveles para el nivel lacustre durante el primer semestre de 2018 (WGS-84).	5-86
Tabla 5-18: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el primer semestre de 2018.	5-86
Tabla 5-19: Caudal medio mensual bombeado Sistema Soncor para el primer semestre de 2018.....	5-88
Tabla 5-20: Resultados calidad del agua Sistema Soncor primer semestre de 2018.....	5-90
Tabla 5-21: Resultados calidad pozos de extracción para el primer semestre de 2018. 5-93	
Tabla 5-22: Resultados calidad lagunas para el primer semestre de 2018.	5-96
Tabla 5-23: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa para el primer semestre de 2018.	5-100
Tabla 5-24: Resultados Estación Barros Negros y Puente San Luis para el primer semestre de 2018.....	5-101
Tabla 5-25: Estadígrafos caudal Puente San Luis primer semestre de 2018.	5-102

Tabla 5-26: Superficie lacustre primer semestre de 2018.....	5-102
Tabla 5-27: Registro de Niveles para los pozos en la zona aluvial, primer semestre 2018.	5-105
Tabla 5-28: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Camar-2.....	5-106
Tabla 5-29: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Socaire-5B.....	5-107
Tabla 5-30: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste de las Lagunas Difusas aledaño a Camar-2	5-109
Tabla 5-31: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste de las Lagunas Difusas aledaño a Socaire-5B.....	5-111
Tabla 5-32: Registro de Niveles para pozos de Salmuera del Sistema Aguas de Quelana, primer semestre de 2018.....	5-112
Tabla 5-33: Registro de Niveles para la reglilla del Sistema de Aguas Quelana.	5-114
Tabla 5-34: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana para el primer semestre de 2018.....	5-115
Tabla 5-35: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana primer semestre de 2018.....	5-117
Tabla 5-36: Resultados del pozo CAMAR-2 para el primer semestre de 2018.....	5-120
Tabla 5-37: Registro de Niveles para los pozos en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este.....	5-124
Tabla 5-38: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema de Vegetación Borde Este.....	5-126
Tabla 5-39: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este para el primer semestre de 2018.....	5-128
Tabla 5-40: Resultados de análisis físico-químico para el pozo CA-2015 para el primer semestre de 2018.....	5-131
Tabla 5-41: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema Peine .5-134	
Tabla 5-42: Registro de Niveles para los pozos de salmuera del Sistema Peine.	5-134
Tabla 5-43: Registro de Niveles lacustres del Sistema Peine.....	5-137
Tabla 5-44: Resultados calidad del agua Sistema Peine primer semestre de 2018.	5-139
Tabla 5-45: Resultados de los análisis físico químicos de Lagunas Sistema Peine primer semestre de 2018 realizados por CONAF.....	5-142
Tabla 5-46: Resultados aforos Sistema Peine para el primer semestre de 2018.	5-143
Tabla 5-47: Superficie lacustre medida por CONAF primer semestre de 2018.	5-144
Tabla 5-48: Registro de Niveles del agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo.....	5-145
Tabla 5-49: Registro de Niveles del agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo..	5-146
Tabla 5-50: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector alejado de zona productiva	5-148
Tabla 5-51: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector próximo a zona productiva	5-150
Tabla 5-52: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama Norte de zona productiva	5-151
Tabla 5-53: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el primer semestre de 2018.....	5-152
Tabla 5-54: Resultados calidad del agua sector Núcleo primer semestre de 2018	5-154

Tabla 5-55: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema Cuña Salina	5-156
Tabla 5-56: Registro de conductividad para el pozo Cuña 1 y Cuña 2 a junio de 2018.....	5-158
Tabla 5-57: Registro de conductividad para el pozo Cuña 3 a junio de 2018.	5-159
Tabla 5-58: Registro de conductividad para el pozo Cuña 4 a junio de 2018.	5-160
Tabla 5-59: Registro de conductividad para el pozo Cuña 5 a junio de 2018.	5-161
Tabla 5-60: Registro de conductividad para el pozo L4-3 a junio de 2018.	5-161
Tabla 5-61: Registro de conductividad para el pozo Cuña 6 a junio de 2018.	5-162
Tabla 6-1: Superficie total de los sistemas lacustres de Soncor con imágenes satelitales.	6-198
Tabla 6-2: Superficie total de los sistemas lacustres de Peine con imágenes satelitales...	6-268

ANEXOS

ANEXO 1: REGSTRO AUTORIDAD

ANEXO 2: LISTADO DE PERSONAL INVOLUCRADO

ANEXO 3: METODOLOGÍAS DE MUESTREO MEDICIÓN Y ANÁLISIS

ANEXO 4: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DEL PSAH

ANEXO 5: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 6: CERTIFICADO ETFA SGS

ANEXO 7: REGISTRO DE PUNTOS NO VISITADOS Y GESTIONES CON LA COMUNIDAD

ANEXO 8: CARTAS DE AVISO A LA SMA

ANEXO 9: REGISTRO DE DESCENSOS POZOS DEL PC Y NIVELES DE LOS POZOS PSAH.

ANEXO 10: REGISTROS METEOROLÓGICOS

ANEXO 11: LEVANTAMIENTO SUPERFICIE LACUSTRE

ANEXO 12: REGISTRO DE MUESTREOS FÍSICO QUÍMICO PSAH

1 RESUMEN

A través del presente informe se reporta y analiza la información del Seguimiento Ambiental Hidrogeológico que se realiza en el Salar de Atacama, para el período enero - junio de 2018, de acuerdo con los compromisos establecidos en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N°226/2006, cuyo titular es SQM Salar S.A.

Se presentan los registros de los parámetros hidrogeológicos observados, entre los cuales cabe señalar los siguientes: nivel de agua subterránea y superficial, superficie lacustre, parámetros meteorológicos, calidad físico-química de las aguas, caudal bombeado y caudal superficial.

Las mediciones consideradas en el PSAH están orientadas al seguimiento y resguardo de los sistemas objeto de protección en la cuenca de Salar de Atacama, proveer información para operar el Plan de Contingencia (PC) y 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.

Los sistemas considerados en el PSAH son:

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

El PSAH se encuentra 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 en gran parte del balance hídrico y las intervenciones que se realizan en las distintas unidades. Sin desmedro de lo anterior, esta dinámica también depende de fenómenos locales identificados en la cuenca.

Las unidades acuífero asociados al proyecto de SQM en la cuenca de Salar de Atacama son los siguientes:

- Acuífero aluvial del Borde Este del Salar

- Acuífero de salmuera del Núcleo

En la zona marginal convergen los flujos subterráneos provenientes de las zonas altas de cuenca que se fluyen a través del acuífero aluvial y se enfrentan con la salmuera residente en el núcleo, razón por la cual los niveles freáticos se elevan hasta la superficie de terreno, originando la descarga principal por evaporación, observándose niveles someros de agua subterránea y distintos sistemas lagunares.

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.

Como se señaló anteriormente, uno de los objetivos del PSAH es proveer información para operar el Plan de Contingencias (PC), el cual está orientado a dar respuesta 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, situación que se ha corroborado desde el inicio del monitoreo del PSAH (mayo 2007) a la fecha. Por otra parte, los caudales de bombeo de salmuera asociados al proyecto han sido calculados para que las extracciones no afecten los sistemas objeto de protección. Hasta la fecha se han realizado tres aumentos de extracción de salmuera acorde a los escalones de extracción definidos en la RCA. El último aumento ocurrió el 13 de agosto de 2013 con un aumento de 250 L/s; en el período reportado, el proyecto se encuentra en el tercer escalón de extracción de salmuera, con una extracción total acumulada de 1500 L/s¹.

El PC permitió establecer zonas de control alrededor de los sistemas de lagunas y en los sectores de vegetación en el Borde Este, identificando pozos o reglillas indicadores de estado ubicados a cierta distancia de estos sistemas objeto de protección. Estos indicadores tienen asociada la activación del PC en dos fases:

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

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

En la Sección 4.2.8 se describe en detalle el Plan de Contingencia para los sistemas que se busca proteger. Se identifican los elementos a proteger, el tipo de seguimiento y el comportamiento para cada uno de los sistemas que conforman el PSAH.

El presente informe incluye importantes mejoras respecto de las entregas precedentes, orientadas a racionalizar el contenido, facilitar su revisión y asegurar el debido cumplimiento de lo indicado en el considerando 10.2 de la RCA N°226/2006 y en las instrucciones impartidas por la Superintendencia del Medio Ambiente mediante Resolución Exenta

¹ No obstante, lo anterior, producto de la activación del Plan de Contingencias para el Sistema Soncor acontecida en mayo de 2018, se redujo el caudal de bombeo al escalón anterior (1250 L/s), en los términos indicados por el considerando 11.2.3 de la RCA 226/2006.

N°223/2015, así como los criterios que se derivan del proceso administrativo sancionatorio F-041-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

En ningún punto estas mejoras implican una modificación del PSAH establecido por la RCA N°226/2006, ni una merma, pérdida o perjuicio a la integridad, disponibilidad y trazabilidad de la información asociada a las variables objeto de seguimiento. La totalidad de datos reportados se encuentra contenida en el cuerpo del informe y en sus anexos.

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

1.1 SISTEMA SONCOR

Este 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 desde las nacientes ubicadas al norte del Salar de Atacama y a través del canal Burro Muerto, y además por recarga subterránea proveniente del acuífero del borde Este. En la zona aluvial se encuentran los pozos de bombeo de agua industrial Mullay y Allana desde donde se extrae agua industrial del acuífero del Borde Este.

Considerando el período semestral objeto del presente reporte, el Plan de Contingencia asociado al Sistema Soncor, presentó activación de Fase I en el indicador L1-5 y Fase II en los puntos de control L1-5 y Reglilla L1-G4, lo que fue reportado oportunamente a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), adoptándose las medidas previstas en la RCA 226/2006. Así, SQM redujo el caudal de extracción de salmuera al escalón anteriormente vigente (escalones definidos en Tabla 2 RCA 226/2006), e inició una etapa de investigación orientada a determinar las causas de la activación del Plan de Contingencia en su Fase II, informes presentados a la SMA y a la Dirección General de Aguas en junio de 2018 y luego complementados en el mes de julio y noviembre del mismo año.

Los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación permitieron concluir que la causa principal de activación de Fase II corresponde al cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros, pasando de una descarga generada principalmente a través del sector de rebose denominado Cola de Pez, a un desborde predominante hacia el sur del sistema, y no al efecto de las extracciones de salmuera efectuado por SQM en el salar, lo que se corrobora en la Laguna Barros Negros, donde se observa que estos cambios de tendencia no afectan sus niveles, los que mantienen la oscilación estacional natural del orden de 10 cm de amplitud, ni su superficie.

Cabe señalar que, con fecha 19 de junio 2018, la Dirección General de Aguas (DGA), mandatada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), realizó una fiscalización

ambiental con motivo de la activación Fase II de este sector, cuyos resultados se incluyen en el actual reporte.

En términos generales, comportamiento del sistema Soncor se mantiene estable. Las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puillar se mantienen estables, sin evidenciar un comportamiento de tendencia. En relación a los niveles, y de acuerdo al comportamiento esperado, es posible señalar que los pozos de la zona aluvial responden a las operaciones en los pozos Mullay-1 y Allana, mientras que los pozos de la zona marginal mantienen una variación estacional, con máximos en invierno y mínimos en verano. Por último, los pozos del sector Núcleo responden fuertemente a las precipitaciones, con un descenso influenciado por la extracción de salmuera.

1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico implementado en este sistema está orientado al resguardo de los múltiples cuerpos de agua superficial, los cuales corresponden a pequeñas lagunas dispersas y difusas ubicadas en la zona marginal del salar, cuyas dimensiones son muy variables en el tiempo.

Durante el periodo del presente reporte, no se ha activado el Plan de Contingencia definido para este sistema.

En la zona aluvial se ubican los pozos de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B, cuya explotación se inició en marzo de 2008 y enero de 2000, respectivamente. En particular, cabe señalar que el pozo Camar-2 detuvo temporalmente sus operaciones a partir de enero de 2018 como compromiso asumido en el programa de cumplimiento presentado por SQM SALAR. En esta zona se observa algunos pozos influenciados por el bombeo, sin depender mayormente de precipitaciones o variaciones estacionales. En términos generales, los pozos de la zona marginal no muestran un comportamiento de tendencia en el largo plazo, manifestándose estables. Finalmente, los pozos del sector Núcleo presentan, en conformidad a lo esperado, una tendencia de descenso influenciada por las extracciones de salmuera y responden fuertemente a los eventos de precipitación.

Por otro lado, los niveles de los cuerpos de agua superficial que se observan a través de las reglillas, muestran un comportamiento estacional controlado por la evaporación, sin un claro comportamiento de tendencia.

1.3 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

El monitoreo de este sistema tiene como objetivo proteger la vegetación Hidromorfa y la formación Brea-Atriplex. Entre la zona de vegetación y los pozos de bombeo de agua industrial, se sitúan pozos de monitoreo denominados de alerta temprana.

En el marco del Plan de Contingencia cabe señalar que en distintos períodos los pozos L7-6, L3-3 y L2-28 han superado el límite de descenso establecido para la activación de la

Fase I, sin alcanzar la activación de Fase II. El pozo L7-6 alcanzó el límite de activación de Fase I el 20 de junio del 2015, manteniéndose en dicha fase desde entonces. Por su parte, el indicador L3-3 ha activado Fase I en dos oportunidades, la primera de ellas durante el año 2017 y la segunda a comienzos del año 2018, mientras que el pozo L2-28 lo hizo adicionalmente en marzo de 2016.

Los pozos ubicados en el sector aluvial cercanos a las extracciones desde Mullay-1 y Camar-2 responden a la dinámica de bombeo. Por el contrario, los pozos cercanos a CA-2015 muestran bajas tendencias al descenso. Respecto a los pozos de la zona marginal, estos tienen un comportamiento heterogéneo de los niveles; existen algunos que presentan una clara estacionalidad controlada por la evaporación, mientras que aquellos ubicados en forma más próxima a los pozos de extracción de agua industrial, se ven influenciados por los bombeos.

1.4 SISTEMA PEINE

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico implementado para este sistema está orientado al resguardo de las lagunas Salada y Saladita, cuyos cuerpos lagunares principales se mantienen estables durante el periodo de análisis.

Este sistema comprende una zona marginal y una zona de salmuera. No existen pozos de agua industrial de SQM ubicados en el acuífero aluvial del sector. A modo de resumen para los pozos de la zona marginal, se tienen que algunos de ellos descienden levemente, con una marcada respuesta a las precipitaciones, a excepción del pozo L10-1, cuyo nivel asciende de manera oscilante. Los niveles de la zona núcleo, presentan un comportamiento similar al observado en los otros sistemas, con niveles influenciados por las extracciones de salmuera, siendo altamente dependiente de las precipitaciones.

En particular, el seguimiento de este sistema ha presentado dificultades en su monitoreo. En el mes de junio del 2018 no se logró realizar el monitoreo en algunos puntos de control, debido a la negativa de la Comunidad de Peine de permitir el acceso al sector, situación que ha sido debidamente documentada.

Respecto de Laguna Interna, CONAF ha informado que, entre abril de 2015 y junio de 2018, no se ha logrado tomar mediciones de nivel en la reglilla por encontrarse el punto de medición sin agua, producto de la dinámica de los límites del cuerpo lacustre. Cabe señalar que la Laguna Interna, corresponde a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna y por lo tanto depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde Laguna Saladita. Por esta misma razón, su forma y dimensión es errática, lo que impide un registro y seguimiento continuo de niveles y de la superficie que abarca.

1.5 SECTOR VEGAS DE TILOPOZO

El objetivo del monitoreo de esta zona es observar el potencial efecto del bombeo de salmuera que se realiza desde el núcleo del salar.

Cabe destacar el comportamiento estable de los niveles de este sector en el largo plazo, con oscilaciones cíclicas de carácter estacional. 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 descenso esperado, ocasionado por las extracciones de salmuera.

1.6 NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Este sistema corresponde a los pozos ubicados dentro del núcleo del Salar de Atacama, observándose una distinta respuesta a las extracciones de salmuera, conforme la zona monitoreada. Así, y de acuerdo a lo esperado, aquellos que se encuentran más próximos a la zona productiva muestran variaciones importantes, mientras que los pozos más alejados de la zona de extracción evidencian menores tasas de descenso, con aumentos de nivel producto de las precipitaciones.

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. El seguimiento del sistema cuña se realiza mediante perfiles de Conductividad Eléctrica en 9 pozos de monitoreo distribuidos en tres perfiles dispuestos en dirección este-oeste. La profundidad a la que se encuentra la cuña salina (acuífero subyacente) disminuye al aproximarse al núcleo del salar. A la fecha, no se observan cambios importantes en la ubicación de interfaz salina.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°23 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) y tiene por objeto reportar y analizar la información recolectada durante el periodo enero – junio de 2018, de acuerdo a los compromisos ambientales derivados de la Resolución de Calificación Ambiental (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 PSAH considera la medición de todas las variables ambientales de monitoreo que reflejan el comportamiento hidrogeológico del sistema, es decir: componente agua (superficial y subterránea), así como meteorología. Entre los parámetros se encuentran nivel del agua y salmuera subterránea, calidad química de los acuíferos, nivel de cuerpos de agua superficial, caudal de canales afluentes y/o efluentes de cuerpos de agua, superficies lacustres y caudales de bombeo de agua industrial.

El PSAH contempla mediciones en los sistemas del Salar de Atacama que son representativos de la dinámica del núcleo; los sistemas lacustres emplazados en la periferia del salar y de la napa de agua que alimenta la vegetación del borde este. Los sistemas objeto de monitoreo son los siguientes:

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

De acuerdo con lo requerido por la Superintendencia de Medio Ambiente, a través del Ord. MZN N°418/2016, en la Tabla 2-1 se indica las fechas aproximadas de entrega de los siguientes informes del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico y el número de informes en que corresponde realizar la revisión del Plan de Contingencia, según lo establecido por la RCA.

Tabla 2-1: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia

Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Nota
5ta actualización del Modelo Ambiental	dic-17	jun-19	
Informe PSAH N° 24	dic-18	sept-19	
Informe PSAH N° 25	jun-19	dic-19	Revisión del Plan de Contingencia, según RCA N°226/2006
Informe PSAH N° 26	dic-19	abr-20	
Informe PSAH N° 27	jun-20	oct-20	

Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Nota
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.

El presente informe, además, incluye las mediciones realizadas el 19 de junio de 2018 por la Dirección General de Aguas (DGA), mandatada por la Superintendencia del Medio Ambiente, en el marco de una fiscalización ambiental (Véase Anexo 1). En aquellos pozos visitados, se incorporó en los gráficos del PSAH una equis indicando la medición.

Los resultados de los análisis físico-químicos fueron entregados por SGS Chile Ltda.; esta última corresponde a una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), dando así cumplimiento al Decreto Supremo N°38/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, en cuanto 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 ETFA con autorización vigente (Resoluciones de autorización se presentan en Anexo 6). Por otro lado, las mediciones y análisis físico-químicos de las muestras de aguas realizadas como parte del convenio de CONAF – SQM son ejecutadas por la Universidad Católica del Norte, entidad autorizada también como ETFA (ver Resoluciones de autorización en Anexo 6).

En resumen, la Tabla 2-2 muestra los responsables y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control, que se reportan a través del presente informe. Adicionalmente en el Anexo 2, se lista las personas involucradas en la ejecución de cada una de las actividades.

Tabla 2-2: 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 de nivel freático, caudales y perfil de conductividad eléctrica.
	Mantenimiento y descarga de datos de estaciones meteorológicas
CONAF (Universidad Católica del Norte - UCN y Sociedad de Estudios Ambientales y Recursos de Chile Ltda. - SEARCH)	Medición de nivel, área de superficies lacustres, análisis físico-químico
SGS Chile Ltda.	Muestreo de aguas, medición de parámetros de campo y análisis de parámetros físico-químico

Fuente: Elaboración propia.

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (PSAH)

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

El PSAH posee las siguientes características:

- Incluye todas aquellas variables que son requeridas para que el Plan de Contingencias permita identificar anomalías ambientales y, sobre esta base, decidir la pertinencia de implementar medidas de contingencia.
- Cuantifica las variables que se relacionan con el balance hídrico de los sistemas lacustres, de modo de identificar la magnitud de las recargas, de las descargas y de una posible modificación de su comportamiento natural.
- Provee la información necesaria para la actualización del modelo numérico. Dicha actualización consiste en incorporar en el modelo numérico la información recopilada mediante el PSA, 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, de modo que se pueda comparar los valores esperados (simulados) con los observados.

En particular, el presente informe tiene como objetivo presentar y analizar los resultados del PSAH durante el periodo enero - junio de 2018.

4 MATERIALES Y METODOS

En el presente capítulo se presenta una descripción de la zona de estudio, la infraestructura de monitoreo, la ubicación de los puntos de muestreo, los parámetros que se miden, las metodologías y materiales utilizados en las labores de muestreo, medición y/o análisis, las fechas en que estas fueron llevadas a cabo, así como la identificación de las incertidumbres asociadas.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” se ubica en la Región de Antofagasta, en la cuenca endorreica del Salar de Atacama, a 55 km al sur de San Pedro de Atacama y 316 km al noreste de Antofagasta (ver Figura 4-1).

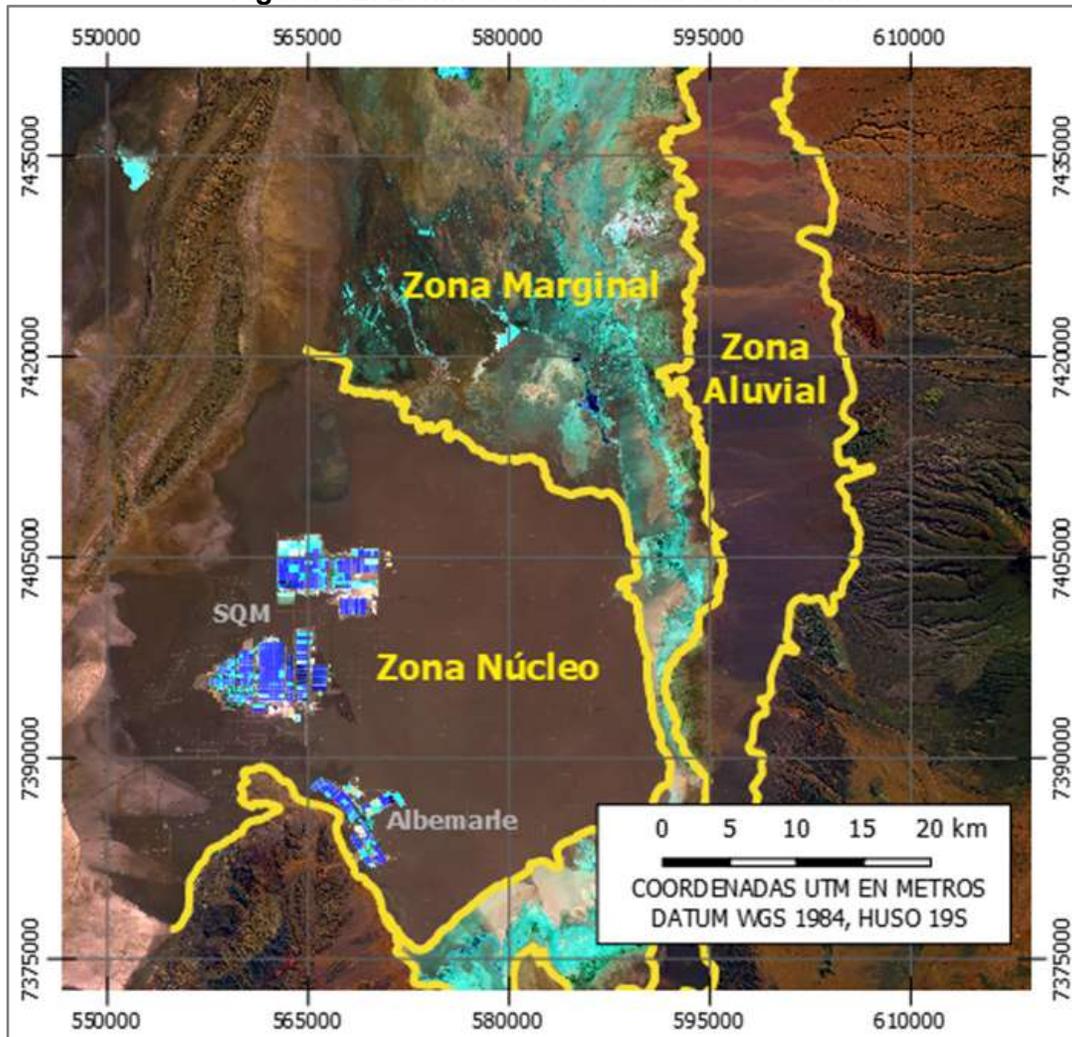
Figura 4-1: Ubicación general del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

El Salar de Atacama se encuentra a una altura de 2.300 msnm aprox., abarcando un área aproximada de 3.100 km² conformada por el núcleo de sal (depósito mineral desde donde se efectúan las extracciones de salmuera por parte de SQM y Albemarle Limitada) que posee una superficie aprox. de 1.100 km², rodeado por una zona marginal de unos 2.000 km² de extensión aproximada (ver Figura 4-2), donde se encuentran sistemas de lagunas que albergan a flamencos y otras especies de avifauna (Reserva Nacional Los Flamencos). Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial que contribuye a los aportes laterales subterráneos que alimentan el sistema.

Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama

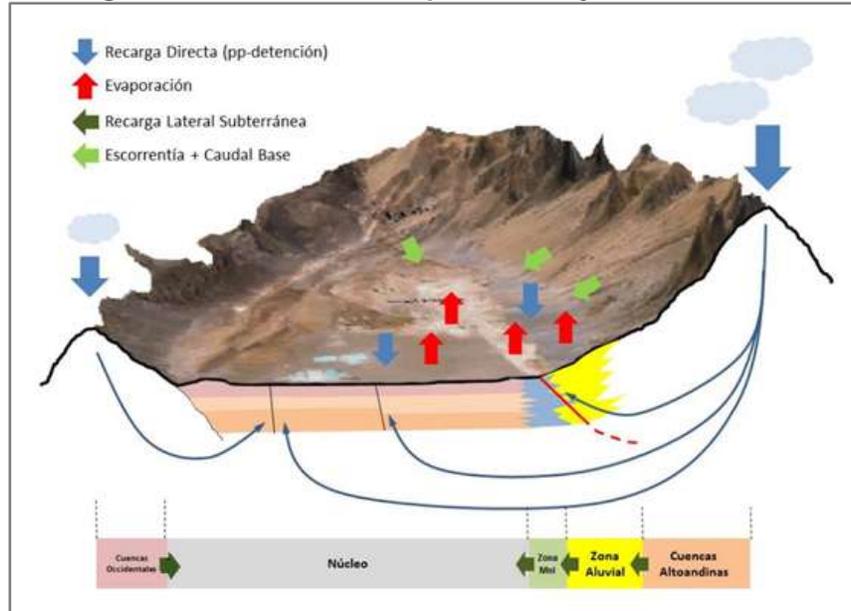


Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Figura 4-3 se representa el modelo conceptual simplificado de flujos superficiales y de recarga subterránea en la cuenca en su estado natural. Como se observa, al corresponder a una cuenca endorreica, la recarga general del sistema se produce por precipitación, mientras que las salidas o pérdidas se encuentran dominadas por procesos

de evaporación, existiendo flujos subsuperficiales y subterráneos que conectan la zona alta de la cuenca, con el sector marginal y el núcleo del Salar. Cabe señalar que la escorrentía superficial en el sector aluvial es esporádica y acotada espacialmente, la cual se restringe a eventos de precipitación relevantes.

Figura 4-3: Modelo conceptual de flujo en la cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

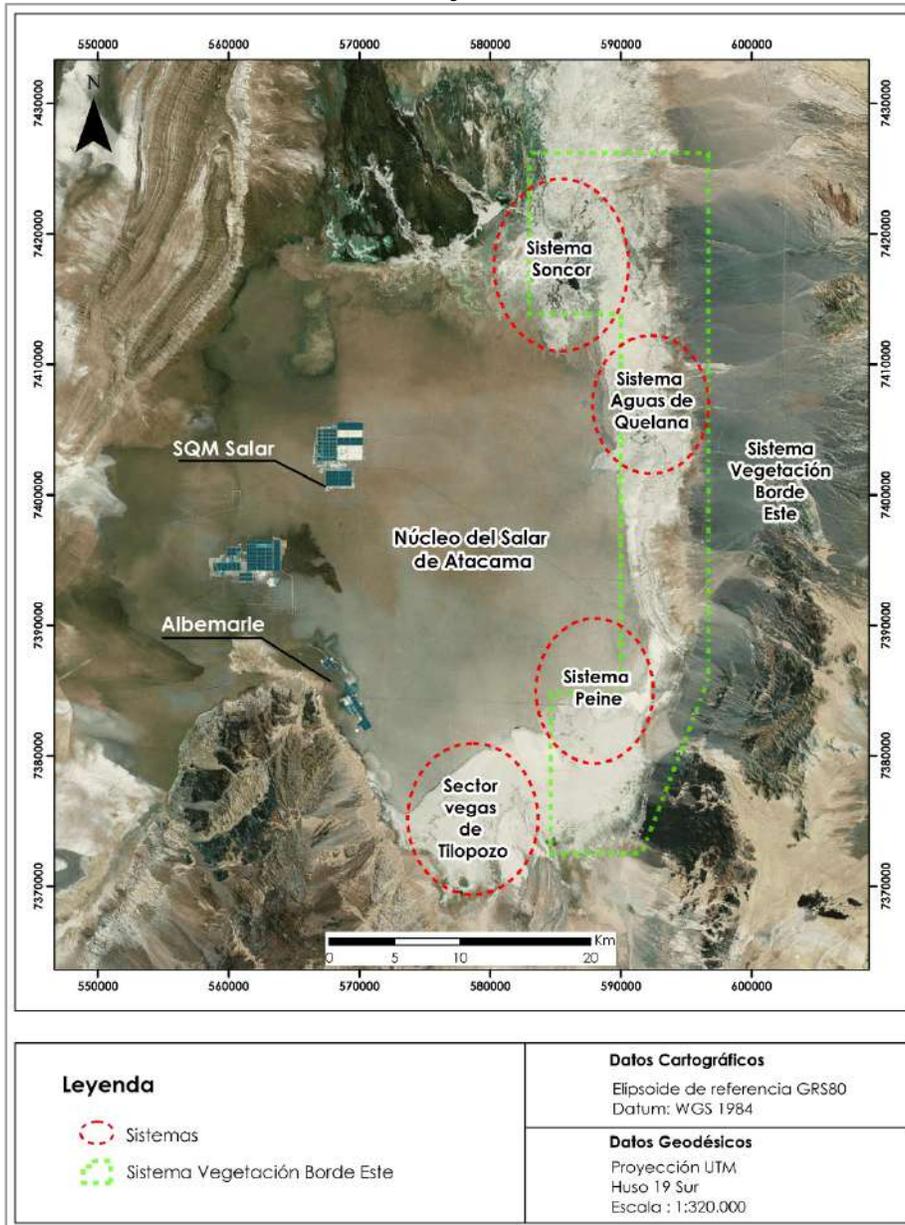
En la zona marginal del salar se encuentran los sistemas lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, además del sistema Vegetación Borde Este, los que se describen a continuación (Figura 4-4):

- El sistema Soncor está compuesto por tres lagunas principales, dos de las cuales, Chaxa y Barros Negros, se encuentran conectadas superficialmente a través del Canal Burro Muerto y la tercera, laguna Puilar, es de menor tamaño y se ubica al noreste de las dos anteriores sin conexión superficial con ellas. El Canal Burro Muerto es una manifestación de afloramientos subterráneos en la zona norte del sistema Soncor. Este aporte es fundamental para el abastecimiento y mantención de las lagunas Chaxa y Barros Negros.
- El sistema Aguas de Quelana está compuesto por una serie de cuerpos lacustres desperdigados, sin continuidad espacial y de gran variabilidad temporal, ubicados al Este del núcleo del Salar de Atacama (zona marginal).
- En el sistema Peine se encuentran las Lagunas Salada, Saladita e Interna. Esta última corresponde a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna y, por lo tanto, depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde Laguna Saladita. Por esta misma razón, su forma y dimensión es errática, lo que impide un registro y seguimiento continuo de niveles y de la superficie que abarca.

- En el Sistema Vegetación Borde Este se encuentra la vegetación hidromorfa y arbustiva.

Adicionalmente, el PSA hidrogeológico contempla el monitoreo del núcleo del salar, sector desde donde se efectúa la extracción de salmuera, y del área Vegas de Tilopozo, ubicado al sur oeste del Sistema Peine (Figura 4-4).

Figura 4-4: Ubicación de los Sistemas Objeto de Protección del PSA Hidrogeológico



Fuente: Elaboración propia

4.2 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O SITIOS DE MONITOREO

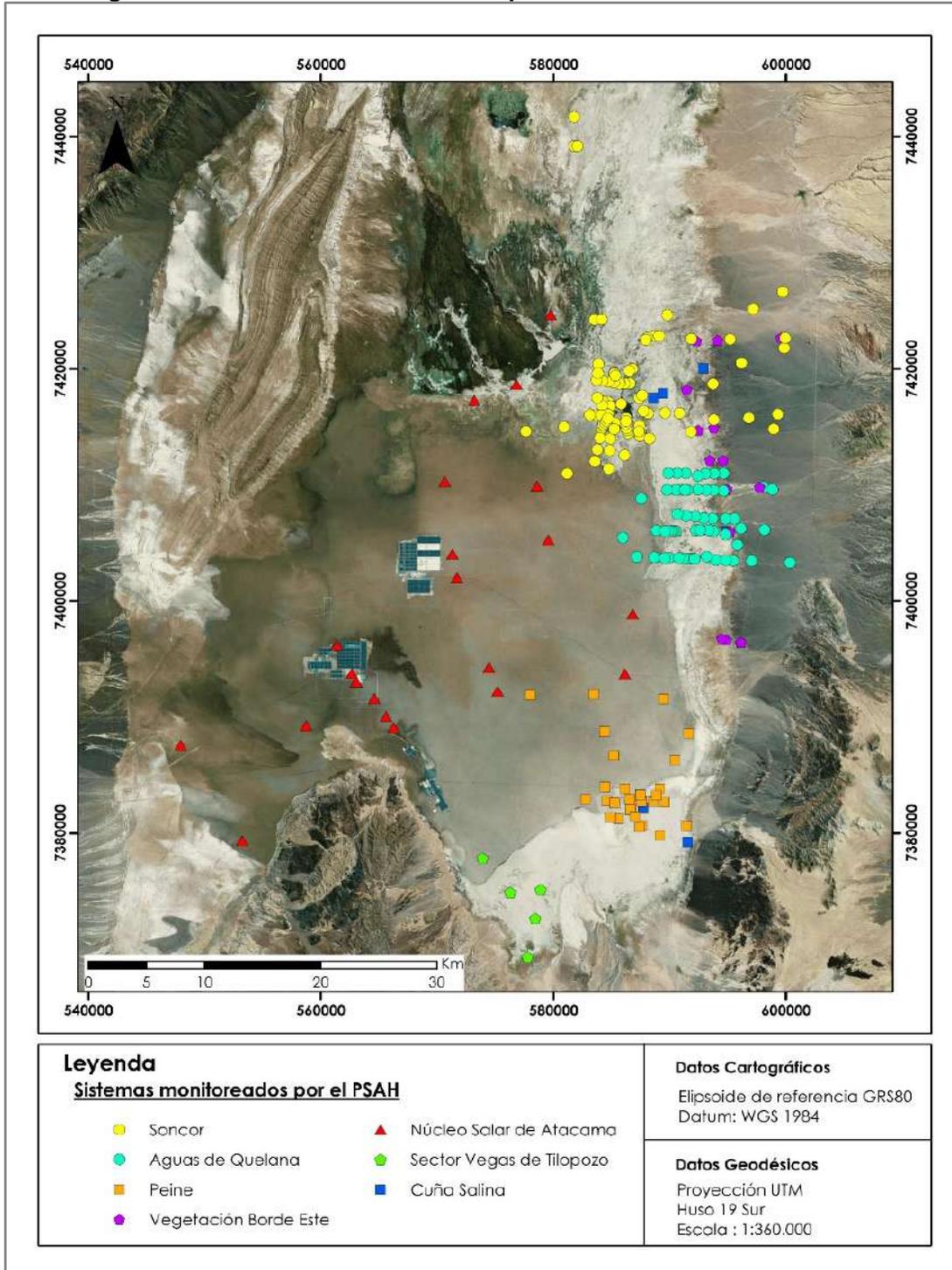
El PSAH contempla 225 puntos de monitoreo, de los cuales 74 corresponden a puntos de monitoreo con registro previos a la RCA N°226/2006 y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se habilitaron en su totalidad al 31 de octubre de 2007. Estos puntos, en algunos casos, forman parte de más de uno de los sistemas anteriormente indicados y todos ellos corresponden a puntos de medición y/o controles fijos en el tiempo.

Los puntos de monitoreo del PSAH del proyecto se pueden clasificar en forma resumida 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 ubicación de los puntos de monitoreo que conforman el PSAH se muestran en la Figura 4-5. En las siguientes secciones se entregan las coordenadas de cada uno de ellos, diferenciados por Sistema objeto del PSAH del proyecto.

Figura 4-5: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH



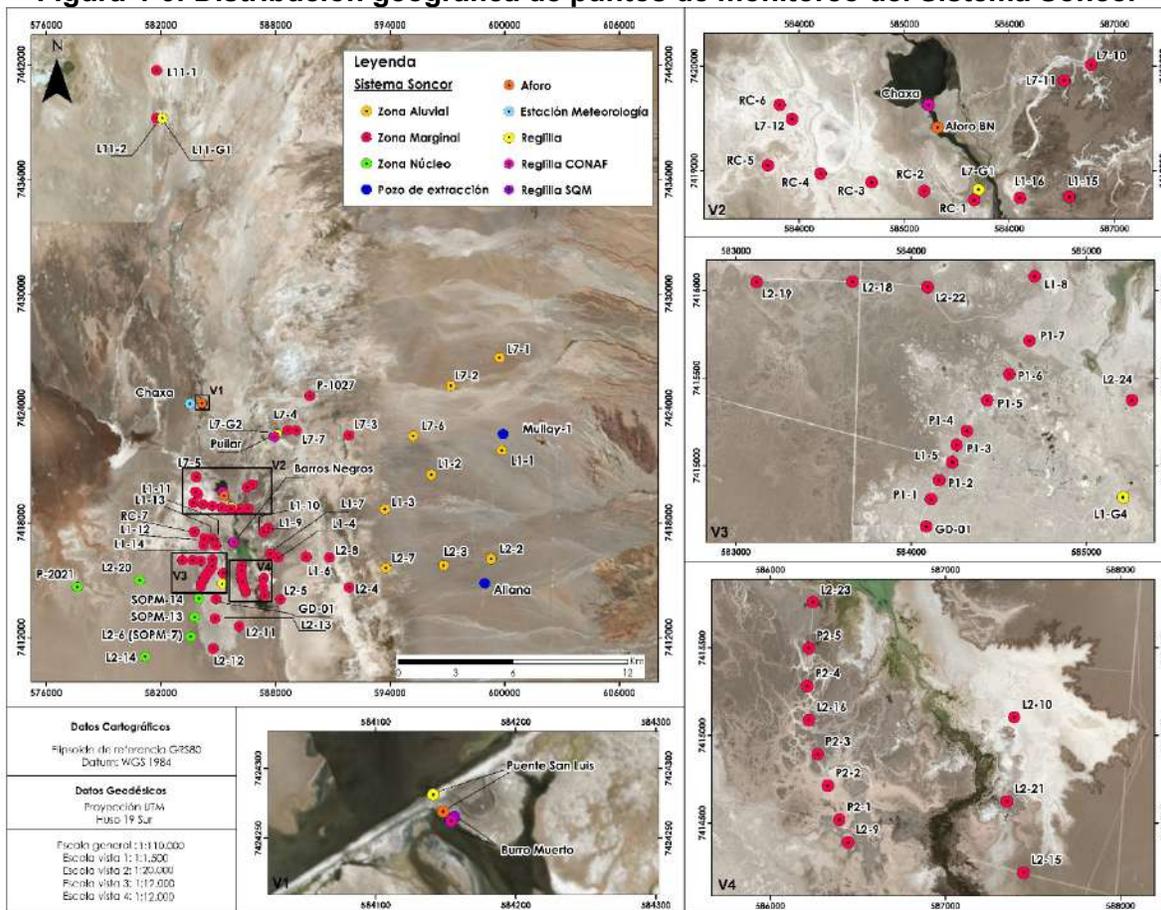
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Sistema Soncor

En la Figura 4-6 se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo del sistema Soncor, en función de la zonificación entregada en la Figura 4-2, donde se incluyen, entre otros, las lagunas Puillar, 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 y Allana.

En la Tabla 4-1 se indica los puntos de monitoreo del Sistema Soncor, señalando sus coordenadas UTM² y tipología, 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 Soncor



Fuente: Elaboración propia.

² Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006

Tabla 4-1: Puntos de monitoreo del Sistema Soncor

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable y Parámetros	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
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

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable y Parámetros	Frecuencia
		Norte	Este		
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 ³	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
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
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 ⁴
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
Puillar	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

³ 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.

⁴ Si bien para la reglilla L7-G2 (Laguna Puillar) se estableció un monitoreo mensual, se implementó un sistema de medición continua ya que se ubica en una zona con alto potencial de nidificación de flamencos, lo que permite realizar un monitoreo adecuado durante el período reproductivo de estos.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable y Parámetros	Frecuencia
		Norte	Este		
RC-1 ⁵	Pozo	7.418.722,684	585.667,119	Nivel	Mensual
RC-2	Pozo	7.418.806,692	585.190,752	Nivel	Mensual
RC-3	Pozo	7.418.891,062	584.692,245	Nivel	Mensual
RC-4	Pozo	7.418.973,515	584.205,221	Nivel	Mensual
RC-5	Pozo	7.419.052,710	583.702,710	Nivel	Mensual
RC-6	Pozo	7.419.629,187	583.815,200	Nivel	Mensual
RC-7	Pozo	7.417.527,959	583.752,413	Nivel	Mensual
E. Puente San Luis	E. Aforo	7.424.268,999	584.148,170	Caudal	Continuo
E. Barros Negros	E. Aforo	7.419.414,100	585.318,180	Caudal	Mensual
E. Meteo. 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 ⁶	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topografía ⁷ 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 4-1, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar 4 grupos de puntos de control, de acuerdo con el siguiente detalle:

- **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,

⁵ 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.

⁶ En presente periodo corresponde el monitoreo de superficie lacustre en base a topografía e imágenes satelitales.

⁷ 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 realizarán 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.

Cloruro, Arsénico, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad y Oxígeno Disuelto.

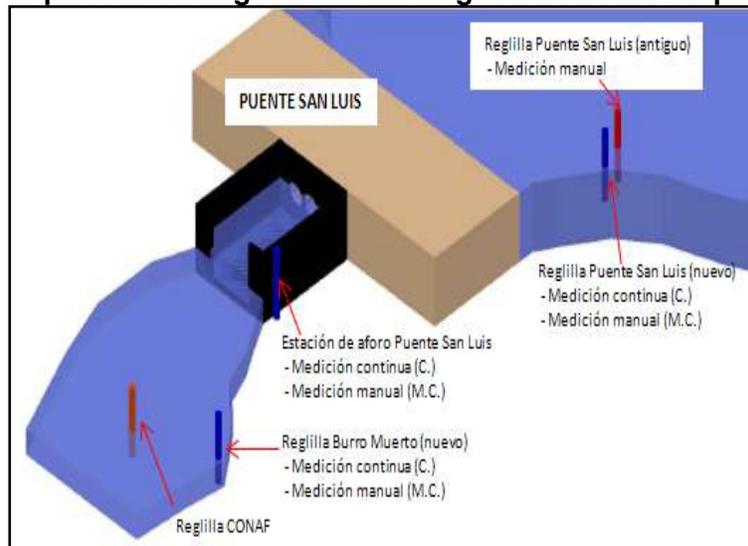
- **Calidad 4:** Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Potasio, Sodio y Zinc.

Para el caso de la Estación Meteorológica de Chaxas, 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 4-7 se presentan las reglillas y aforos instalados en torno al puente San Luis en del Sector Soncor (ver Figura 4-6):

- a. 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;
- b. Aforo puente San Luis, que 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 (ver sección 5.2.1.5);
- c. Aguas abajo del puente San Luis, donde existen dos grupos de reglillas, unas medidas e instaladas por SQM (**reglilla Burro Muerto**), monitoreada desde septiembre de 2007, y otras que corresponden a reglillas instaladas por CONAF.

Figura 4-7: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente S. Luis



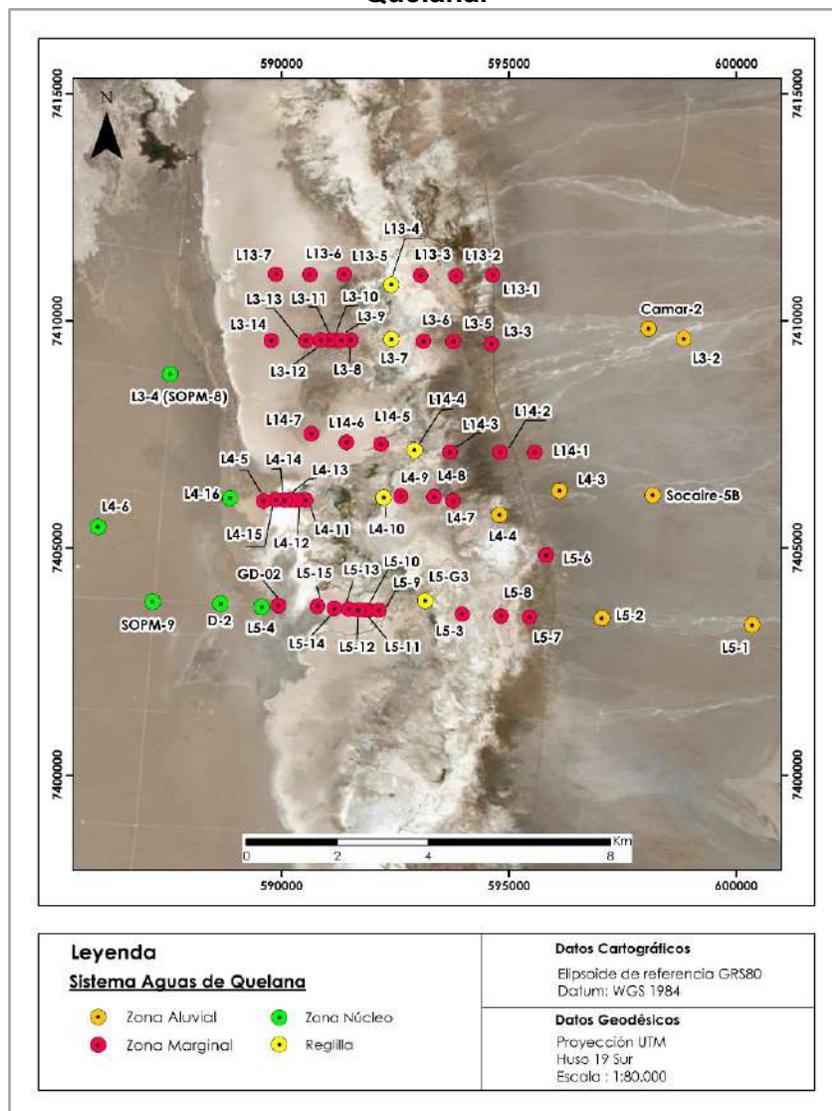
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Sistema Aguas de Quelana

Los puntos de monitoreo en el Sistema Aguas de Quelana se ubican al este del Salar de Atacama, entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.415.000 a 7.400.000 norte y 585.000 a 602.000 este. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de nivel y reglillas, sin existir estaciones meteorológicas ni de aforo de caudal de cuerpos de agua superficial. El monitoreo está orientado a observar el efecto de las extracciones de salmuera, así como la explotación de los pozos de agua industrial Socaire-5B y Camar-2.

En la Figura 4-8 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo considerados en el Sistema, en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2.

Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la Tabla 4-2 se detallan las coordenadas de ubicación⁸, en conjunto con las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo.

Tabla 4-2: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	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
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

⁸ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	Frecuencia
		Norte	Este		
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	Reglilla	7.406.115,110	592.247,070	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
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 4-2, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar 3 grupos de puntos de control, de acuerdo con el siguiente detalle:

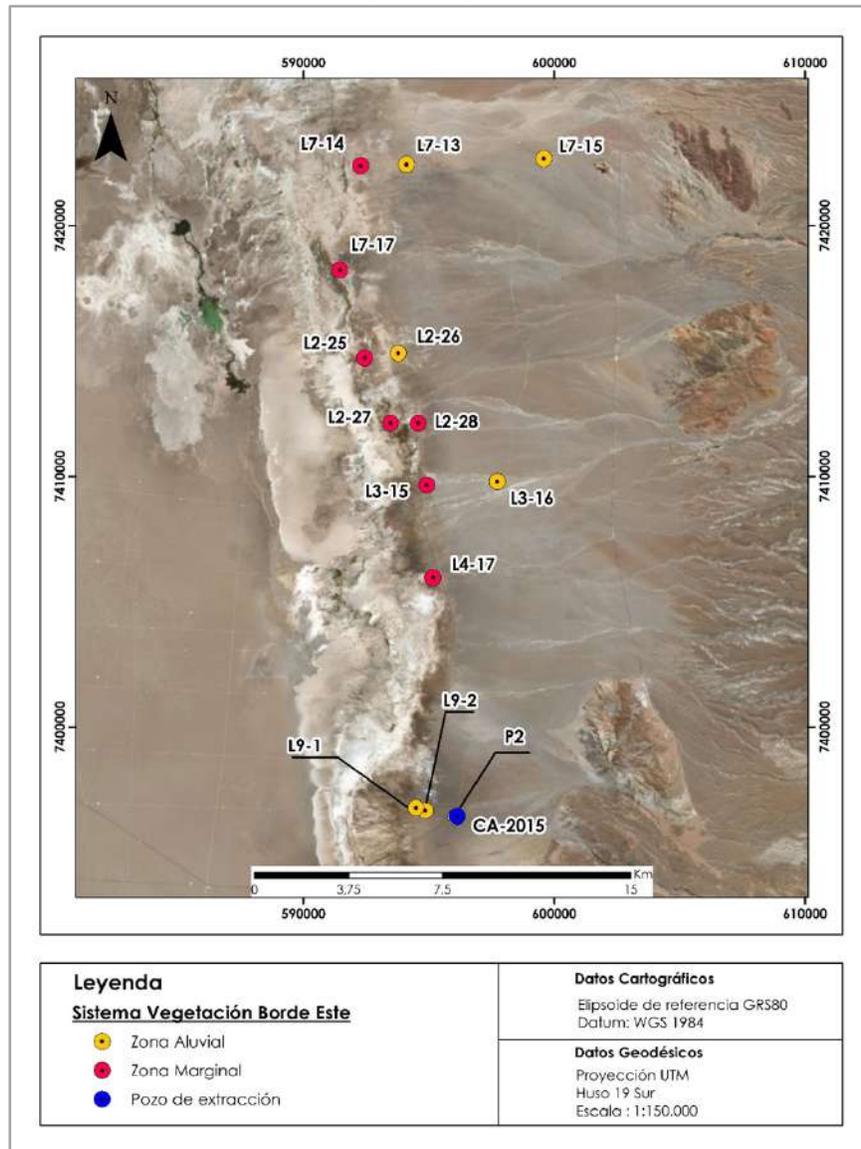
- **Calidad 1:** Densidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, pH y Conductividad.
- **Calidad 3:** Salinidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Dureza Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, Arsénico, Nitratos, Fosfato, pH, Temperatura, Alcalinidad y Oxígeno Disuelto.
- **Calidad 4:** Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc.

4.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

Los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este se encuentran al este del Salar de Atacama entre las coordenadas UTM (WGS1984) 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, reglillas y pozos de extracción.

En la Figura 4-9 se muestra la distribución geográfica de los puntos, en función de la zonificación entregada en la Figura 4-2.

Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la Tabla 4-3 se presenta los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este, en el cual se detallan las coordenadas de ubicación⁹, en conjunto con las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	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 ¹⁰	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
CA-2015 ¹¹	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 4-3, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar 2 grupos de puntos de control, de acuerdo con el siguiente detalle:

⁹ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

¹⁰ 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.

¹¹ 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

- **Calidad 1:** Densidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendedos, Sólidos Disueltos, pH y Conductividad.
- **Calidad 4:** Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Potasio, Sodio y Zinc.

4.2.4 Sistema Peine

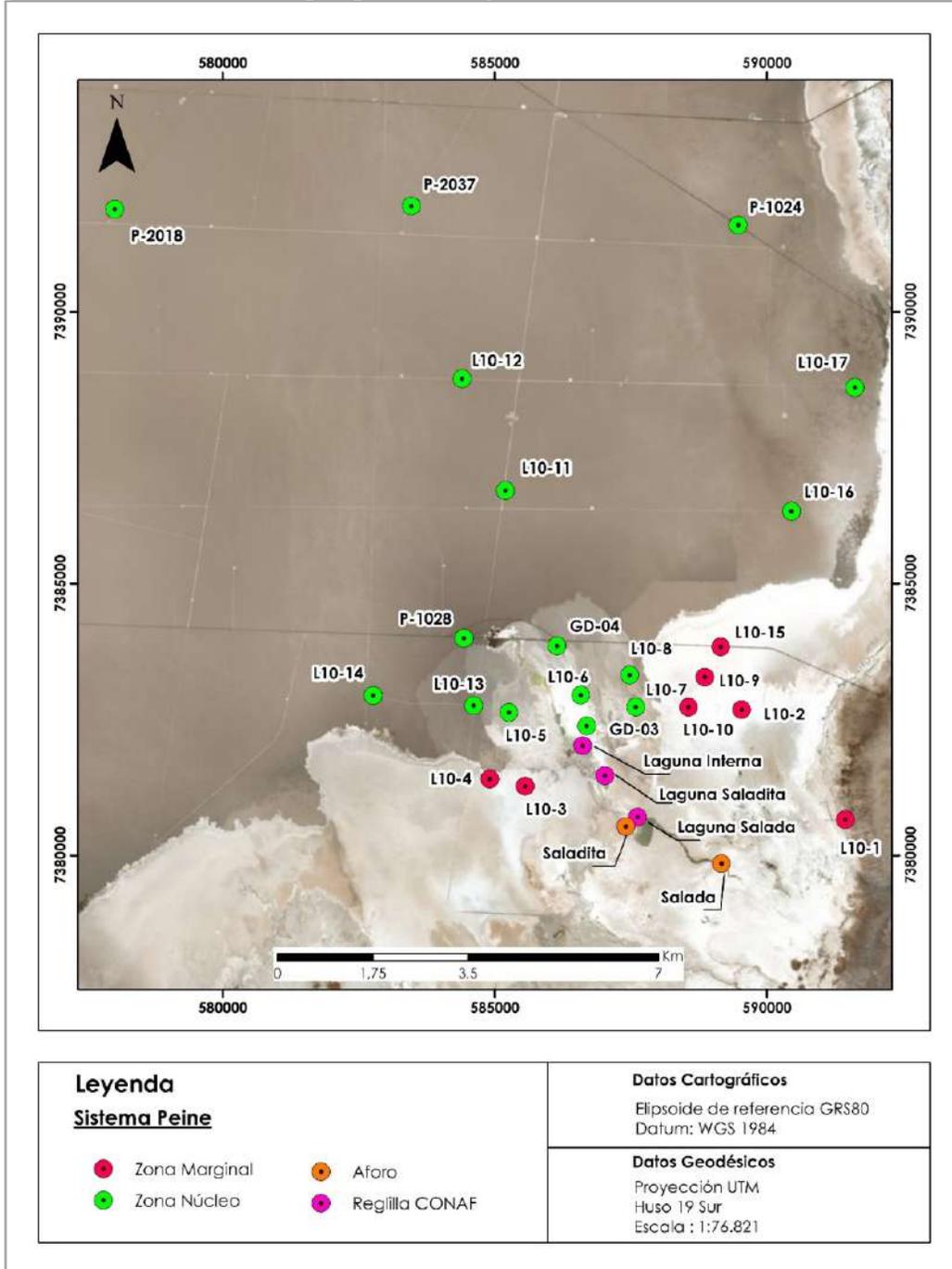
Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados al sureste del Salar de Atacama, entre las coordenadas UTM (WGS1984) 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este, donde se incluyen las secciones de aforo de las lagunas Salada y Saladita.

En la Figura 4-10 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo del Sistema Peine, en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2.

Por su parte, en la Tabla 4-4 se indican los puntos de monitoreo del sistema Peine; se detallan sus coordenadas de ubicación¹², en conjunto con las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo asociada.

¹² Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

Figura 4-10: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-4: Puntos de monitoreo del Sistema Peine

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	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			Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Salada	Reglilla			Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Interna	Reglilla			Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Aforo Salada [A-2 (S)]	E. Aforo	7.379.852,46	589.165,20	Caudal	Mensual
Aforo Saladita [A-1 (S)]	E. Aforo	7.380.535,23	587.408,43	Caudal	Mensual
Laguna Salada ¹³	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.

¹³ En el presente periodo corresponde el monitoreo de superficie lacustre en base a topografía e imágenes satelitales.

Como se observa en la Tabla 4-4, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar 2 grupos de puntos de control, de acuerdo al siguiente detalle:

- **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.

4.2.5 Sector Vegas de Tilopozo

Los puntos de monitoreo del Sector Vegas de Tilopozo se ubican al sureste del Salar de Atacama, 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 reglillas.

En la Figura 4-11 se muestra la ubicación de los cinco puntos de monitoreo del Sector Vegas de Tilopozo, en función de la zonificación presentada en la Figura 4-2. Por su parte, en la Tabla 4-5 se indica los puntos de monitoreo, sus coordenadas UTM¹⁴ y tipología, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo

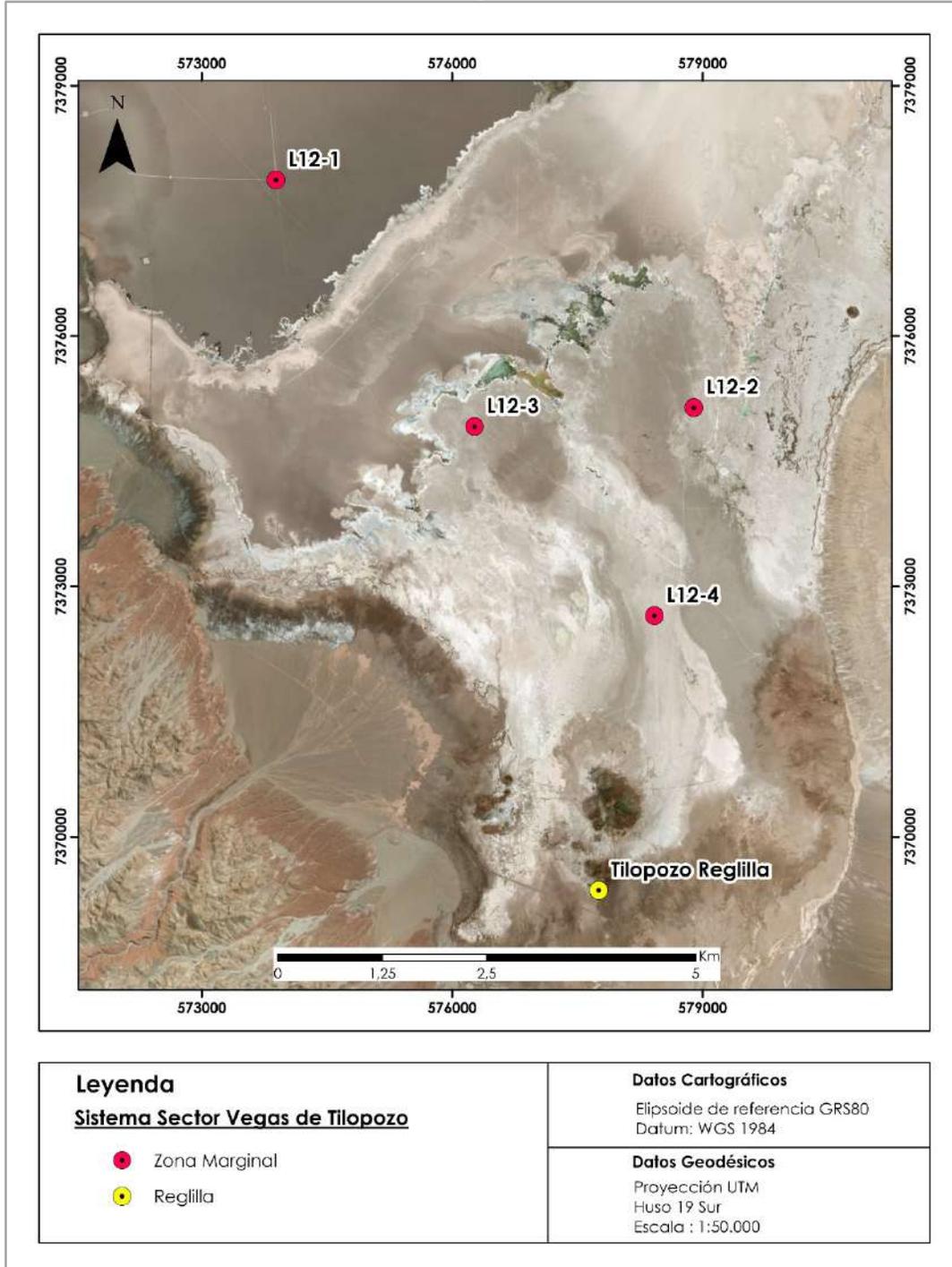
Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	Frecuencia
		Norte	Este		
L12-1 ¹⁵	Pozo	7.377.872,510	573.891,040	Nivel	Mensual
L12-2	Pozo	7.375.144,820	578.896,150	Nivel	Mensual
L12-3	Pozo	7.374.917,350	576.268,700	Nivel	Mensual
L12-4	Pozo	7.372.652,700	578.423,070	Nivel	Mensual
Tilopozo	Reglilla	7.369.363,760	577.756,460	Nivel	Mensual

Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

¹⁵ Durante el segundo semestre de 2016, el Antepozo del punto L12-1 fue destruido por un camión por lo cual este 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 4-11: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo

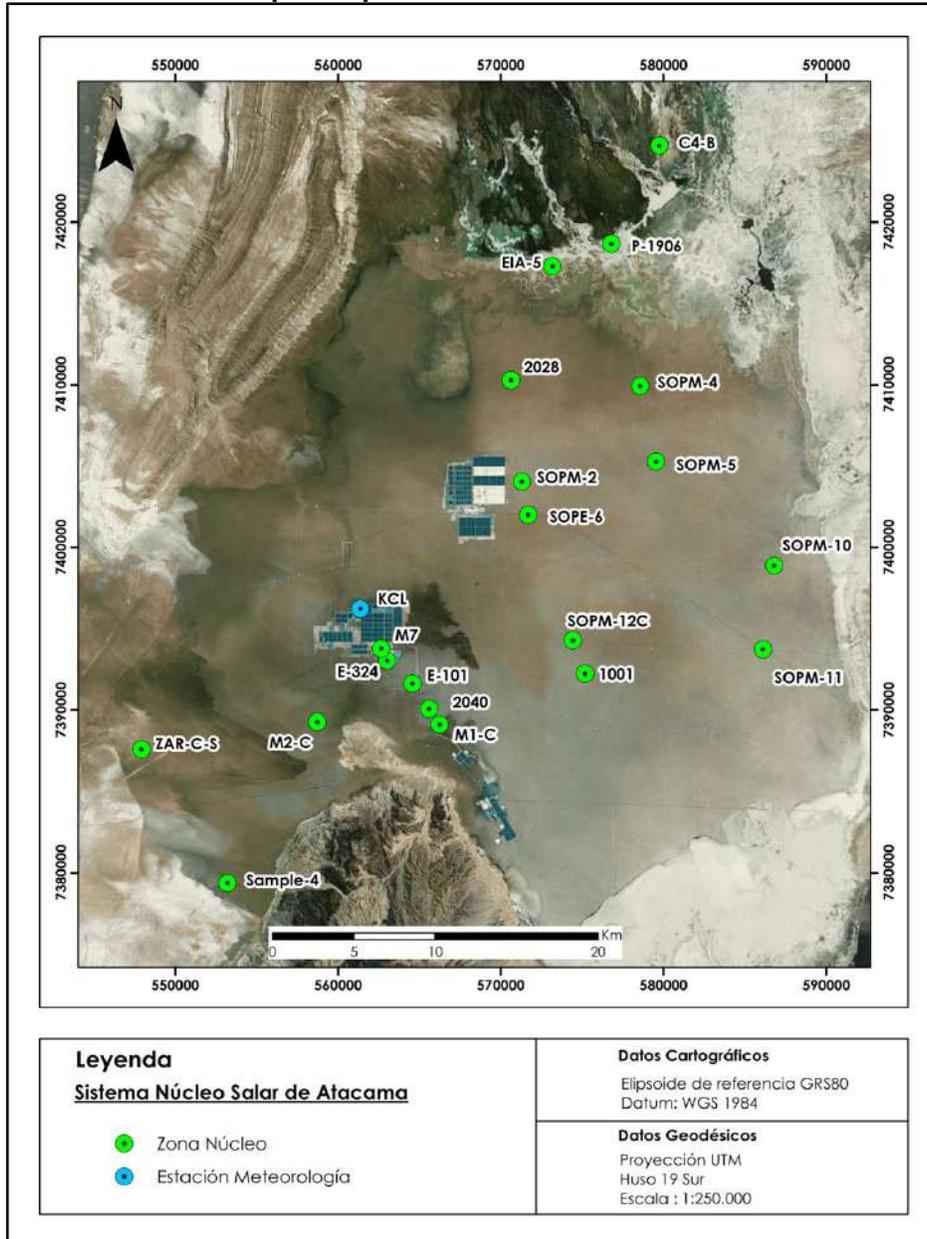


Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Núcleo del Salar de Atacama

En la Figura 4-12 se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo del Núcleo del Salar de Atacama, que se encuentra 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 KCI).

Figura 4-12: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4-6 se indica los puntos de monitoreo del Núcleo del Salar de Atacama, señalando sus coordenadas UTM¹⁶ y tipología, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Tabla 4-6: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama¹⁷

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

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 4-6, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, todos ellos corresponden al grupo denominado Calidad 5, cuantificando los siguientes parámetros:

- **Calidad 5:** Densidad y Sólidos Disueltos Totales.

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

¹⁶ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

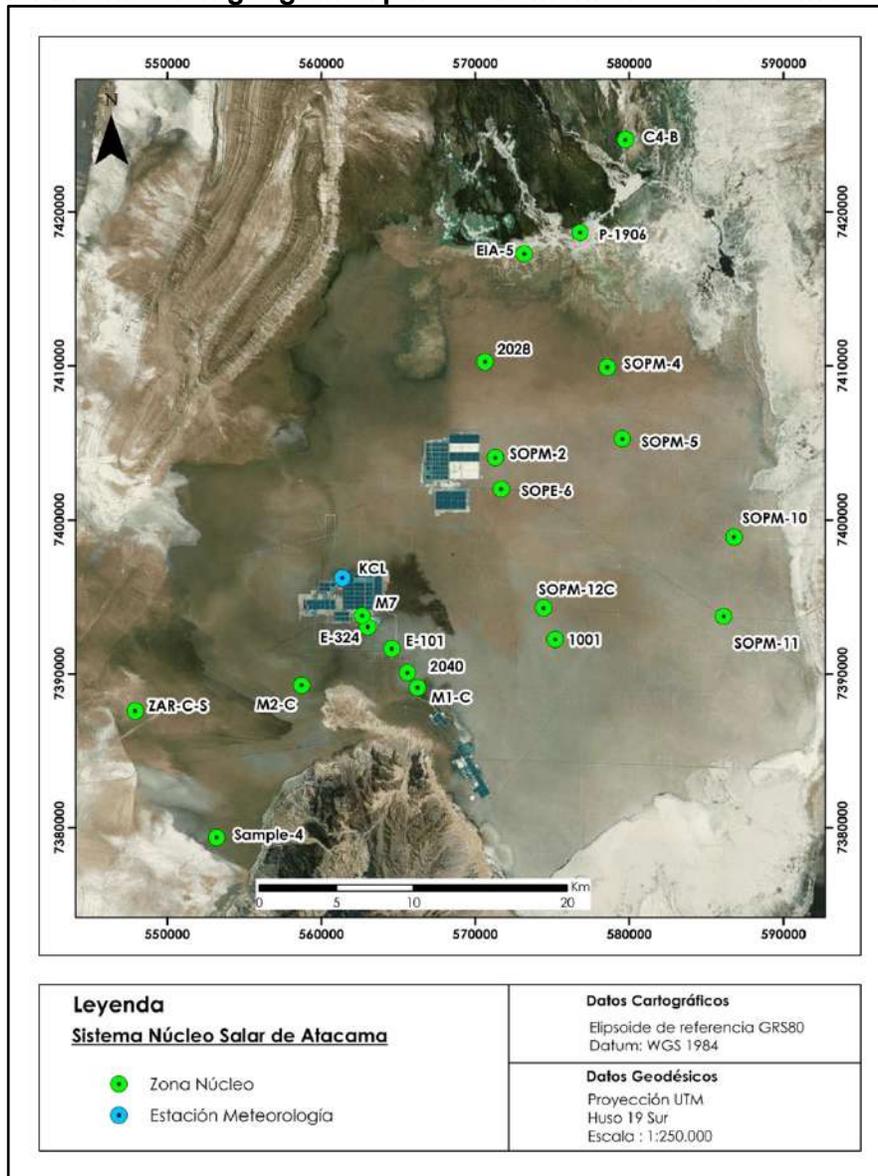
¹⁷ Cabe señalar que, en relación al punto de monitoreo establecido en la tabla 10, de la RCA, 226/2006, asociada al punto de monitoreo "acuífero del núcleo de salmuera", el reporte del volumen mensual de salmuera bombeado y reinyectado se presenta en el denominado "Informe de Extracción Anual de Salmuera de las Operaciones en el Salar de Atacama", con una frecuencia anual.

4.2.7 Cuña Salina

Los puntos de monitoreo de la Cuña Salina se encuentran al este del Salar de Atacama, 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.

En la Figura 4-13 se aprecia la distribución espacial de dichos puntos, en función de la zonificación mostrada en la Figura 4-2.

Figura 4-13. Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la Tabla 4-7 se presentan los puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina; se detallan sus coordenadas de ubicación¹⁸, en conjunto con las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	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 ¹⁹	Pozo	7.380.660,660	591.440,070	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral

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, el único punto que considera monitoreo de calidad corresponde al grupo denominado Calidad 1, cuantificando los siguientes parámetros:

- **Calidad 1:** Densidad, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, pH y Conductividad Eléctrica.

4.2.8 Plan de Contingencias

Uno de los objetivos principales del PSAH es proveer información para operar el Plan de Contingencias (PC), el cual está orientado a dar respuesta oportuna frente a impactos no previstos. El PC fue propuesto en el marco de la evaluación del EIA del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, y su diseño se sustentó en los resultados de 10 años de monitoreo de variables hidrogeológicas y bióticas, que indican que los sistemas a proteger toleran adecuadamente grandes variaciones hidrológicas estacionales e interanuales, situación que se ha corroborado desde el inicio del monitoreo del PSAH (mayo 2007) a la fecha.

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. De acuerdo con lo anterior, los puntos de monitoreo del Plan de Contingencia (o Indicadores de Estado), que forman parte de los

¹⁸ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

¹⁹ Se mide Conductividad Eléctrica en el perfil en forma voluntaria.

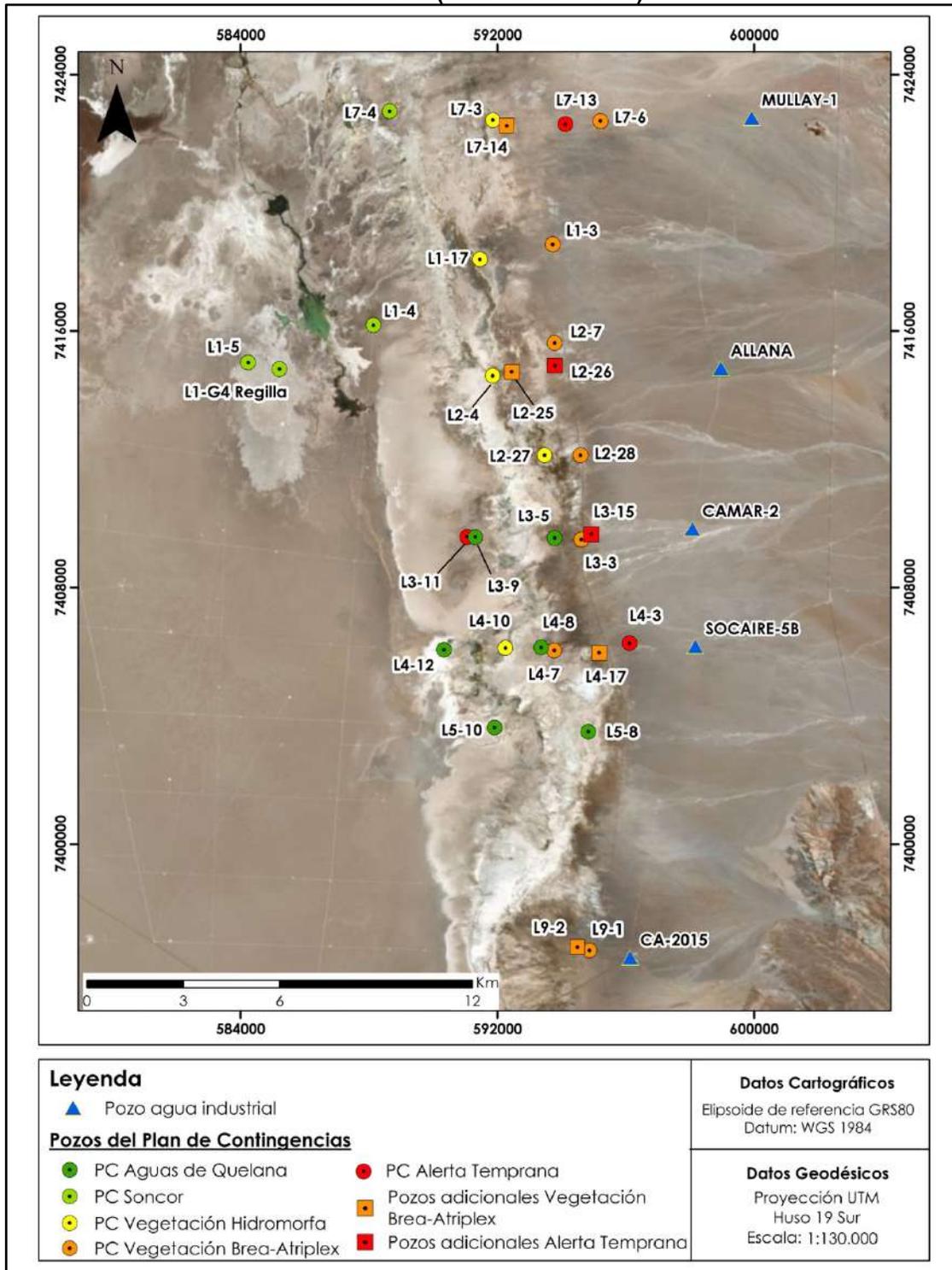
puntos de control del PSAH señalados en las secciones anteriores, se identifican en la Tabla 4-8. En la Figura 4-14 se presenta la ubicación espacial de los puntos del PC.

Tabla 4-8: Pozos del Plan de Contingencia (Indicadores de Estado), según RCA N°226/2006.

Sistema	Subsistema	Indicadores de Estado (o puntos de control)
Soncor	-	L1-5
		L1-4
		L7-4
		L1-G4 REGLILLA
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
	Alerta Temprana	L2-28
		L7-13
		L2-25
L3-11		
L4-3		
Pozos adicionales	Vegetación Brea-Atriplex	L9-1
		L2-25
		L7-14
		L4-17
	Alerta Temprana	L9-2
		L2-26
		L3-15

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-14: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial (DATUM WGS-84).



Fuente: Elaboración propia.

4.3 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES

En la sección 4.2 se detalla, para cada sistema y punto de monitoreo incluido en el PSAH, los parámetros utilizados para describir y caracterizar el estado y evolución de las variables ambientales en el periodo, los que pueden agruparse como se indica en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9: Parámetros considerados en PSAH

Componente	Subcomponente	Variable	Parámetro	Unidades
Agua	Agua subterránea	Cantidad	Nivel	msnm
			Caudal bombeo	L/s
		Calidad	Ver sección 4.2	Variable según parámetro
	Agua superficial	Cantidad	Nivel	msnm
			Superficie Lacustre	m ² o km ²
			Caudal	L/s
Calidad	Ver sección 4.2	Variable según parámetro		
Aire	Aire	Meteorología	Precipitación Evaporación Velocidad del viento Temperatura	mm mm m/s °C

Fuente: Elaboración propia.

4.4 METODOLOGÍAS

A continuación, se expone un listado general de las metodologías y consideraciones utilizadas para el muestreo, medición y análisis, según corresponda, implementadas para la caracterización de las distintas variables ambientales incluidas en el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico. El detalle de las metodologías se encuentra en el Anexo 3.

4.4.1 Monitoreo manual de nivel pozos

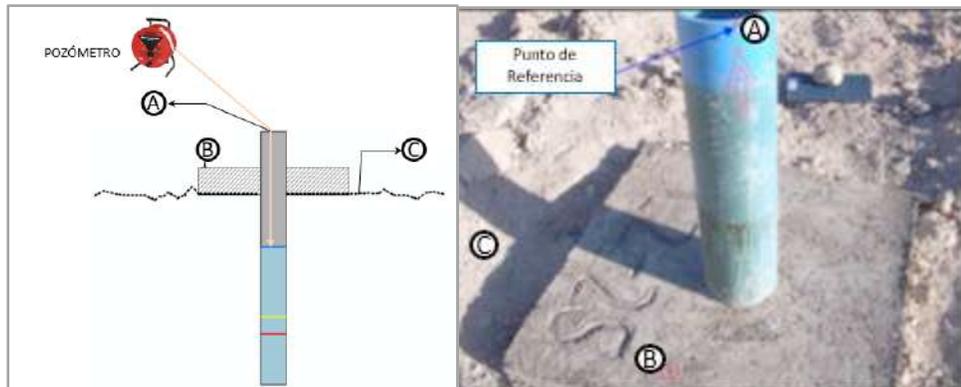
- Verificar estado de pozómetro de acuerdo con el instructivo interno Operaciones I-009 (adjunto en Anexo 3).
- Registrar fecha y hora de visita.
- Medir con pozómetro el nivel (estático o dinámico) en el pozo desde el punto de referencia establecido (mínimo 3 veces para verificar una lectura consistente).
- Registrar el nivel estático obtenido.
- Realizar limpieza del pozómetro con agua destilada una vez realizada la medición.
- Medir altura de punto de referencia (cuando corresponda).
- Registrar observaciones (cuando corresponda).

Con el objeto de facilitar el análisis de la información relativa a las cotas de terreno asociadas a la medición del nivel en los pozos que conforman el PSAH (y en consecuencia

aqueellos que forman parte del plan de Contingencias), la Figura 4-15 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 4-15: 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 (msnm) del punto A, debe restarse la medición obtenida con el pozómetro.

4.4.2 Monitoreo manual de nivel aguas superficiales

- Registrar fecha y hora de visita.
- Medir nivel de agua en reglilla (m).
- Registrar el nivel obtenido.
- Registrar observaciones (cuando corresponda).
- Para la determinación del nivel del cuerpo de agua superficial, se debe restar a la cota del punto de referencia de la reglilla (msnm), el nivel obtenido (m).

4.4.3 Monitoreo continuo de nivel

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) y consiste en la realización de las siguientes actividades:

- Instalación y configuración de sensor de presión.
- Descarga de datos en forma mensual.
- Medición in situ de nivel (pozómetro).
- Reseteo de transductor de presión y configuración para nuevo período de medición.
- Registro de observaciones (cuando corresponda)

4.4.4 Medición de superficie lacustre

a) Medición mediante imágenes satelitales

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

- Obtener imágenes satelitales de alta resolución en el mes de abril de cada año (Quickbird-II; 2,4x0,6 m; Worldview-II; 2x0,5 m; Imagen Geoeye-1; 1,65x0,4 m).
- Georreferenciación de las imágenes satelitales.
- Fusión de imágenes multiespectral y pancromática.
- Realizar transformaciones digitales (Índices MNDWI, TSAVI e IHS).
- Digitalización de contornos.
- Control de terreno.
- Delimitación de la superficie lacustre.
- Definición de límites de cada laguna según criterios CONAF.
- Identificación de áreas de inundación.
- Calculo de superficie lacustre.

b) Medición mediante topografía

Para las mediciones de los perímetros y áreas de las lagunas se realiza un levantamiento topográfico con GPS y con el método RTK.

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

Cabe señalar que las mediciones de topografía solo se realizaron hasta el año 2010 con frecuencia anual, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que las mediciones de topografía se realizarán 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.

c) Medición mediante estacas perimetrales

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

- 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.
- 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 son de responsabilidad del cuerpo técnico de CONAF. A partir de enero de 2014, la empresa consultora SEARCH, contratada por CONAF, implementa su metodología de cálculo de área lacustre mediante estacas perimetrales.

Esta metodología presenta imprecisiones, pero CONAF ha mantenido 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 Resoluciones de Calificación Ambiental 403/1995 y 226/2006.

4.4.5 Monitoreo de caudal de bombeo pozos

- 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, el volumen acumulado al mes t-1.
- Para la determinación del caudal medio mensual, debe dividirse el volumen mensual bombeado, por el tiempo transcurrido entre ambas mediciones de volumen acumulado (mes t y mes t-1).

4.4.6 Monitoreo manual de caudal en cauces naturales (aforos)

La medición del caudal pasante por las distintas secciones de aforo se realiza mediante la metodología denominada área-velocidad, para lo cual se efectúan las siguientes actividades (para mayor detalle ver procedimiento P-006, adjunto en Anexo 3):

- Definición del número de secciones del canal/cauce a aforar (secciones preestablecidas)
- Medición del ancho de cada sección (m).
- Medición de la altura de agua en el límite de cada sección (m).
- Medición de la velocidad del agua (m/s) en el centro de cada sección mediante micromolinetes (3 repeticiones mínimo).
- Registro de ancho, altura y velocidad de escurrimiento en cada sección.
- Cálculo del área de cada sección, obtenida como la multiplicación entre el ancho de la sección y la altura del agua (m^2).
- Cálculo del flujo pasante en cada sección (m^3/s), obtenido mediante la multiplicación del área de la sección por la velocidad promedio de escurrimiento obtenida.
- Obtención del caudal de aforo total de la sección, obtenido de la suma del flujo pasante en cada sección.

4.4.7 Monitoreo continuo de caudal en cauces naturales (aforos)

La medición continua del caudal se realiza mediante un sensor de presión que registra la altura de la columna de agua en la sección de aforo, utilizando luego una curva de descarga preestablecida para relacionar dicha altura con el caudal pasante.

- Instalación y configuración de sensor de presión.
- Descarga de datos.
- Reseteo de transductor de presión y configuración para nuevo período de medición
- Determinación de caudal pasante mediante utilización de curva de descarga.

4.4.8 Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas

a) Muestreo de Aguas superficiales

El muestreo de aguas superficiales se realiza de acuerdo con las siguientes normas de referencia principales

- NCh-ISO 5667/6 Calidad del Agua. Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
- Norma NCh 411/10: Muestreo de aguas residuales-Recolección y manejo de las muestras.

Lo anterior en adición a los procedimientos I-ENV-OI-005 y I-ENV-OI-001 adjuntos en Anexo 3, los cuales fueron desarrollados por la ETFA SGS Chile Ltda.

El procedimiento de muestreo incluye, entre otros y según corresponda:

- Selección de envases.
- Adición de preservantes.
- Ambientación de envases.
- Homogeneización de la muestra.
- Toma de muestra propiamente tal.
- Identificación de la muestra.
- Almacenamiento de la muestra.
- Transporte de la muestra.
- Entrega de la muestra en laboratorio.
- Registro de actividades realizadas en cadena de custodia.

b) Muestreo de Aguas subterráneas

El muestreo de aguas subterráneas se realiza de acuerdo con las siguientes normas de referencia principales

- Norma NCh 411/11: Guía para el muestreo de aguas subterráneas.

- ASTM D4750-87 Standard Test Method Determining Subsurface Liquid Levels in a Borehole or Monitoring Well

Lo anterior en adición a los procedimientos I-ENV-OI-001 y I-ENV-OI-006, adjuntos en Anexo 3, los cuales fueron desarrollados por la ETFA SGS Chile Ltda.

El procedimiento de muestreo incluye, entre otros y según corresponda:

- Medición del nivel freático
- Purga de pozo
- Selección de envases.
- Adición de preservantes.
- Ambientación de envases.
- Homogeneización de la muestra.
- Toma de muestra propiamente tal (mediante bomba o bailer).
- Identificación de la muestra.
- Almacenamiento de la muestra.
- Transporte de la muestra.
- Entrega de la muestra en laboratorio.
- Registro de actividades realizadas en cadena de custodia.

c) Medición de parámetros físico-químicos en terreno

Para la correcta medición de parámetros físico-químicos en terreno, se deben efectuar las labores indicadas en los puntos a) y b) que permitan contar con una muestra representativa del cuerpo de agua:

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

d) Análisis de muestras en laboratorio

Una vez recibidas por el laboratorio, las muestras son analizadas de acuerdo con las metodologías acreditadas para cada parámetro en particular, siguiendo las directrices de la serie Standards Methods, o aquellas que corresponda para cada punto de muestreo y parámetro en particular. El detalle de las metodologías de los análisis se describe en los respectivos certificados de laboratorio que se encuentran adjunto en Anexo 12.

4.4.9 Perfilaje Conductividad Eléctrica en pozos

La medición de la conductividad eléctrica en los pozos de cuña salina se realiza mediante un proceso de perfilaje en profundidad, para lo cual se efectúan las siguientes actividades (para mayor detalle ver procedimiento P-014, adjunto en Anexo 3):

- Verificación de estado de funcionamiento de sonda multiparamétrica
- Ingreso de sonda en pozo hasta intersectar el nivel de agua
- Descenso de sonda, lentamente cada 1 metro, para registro de conductividad
- Registrar condiciones ambientales y observaciones.
- Limpieza del material utilizado con agua dulce.
- Descarga de datos desde sonda

4.4.10 Medición Meteorología

La caracterización de los parámetros asociados a la variable meteorológica se efectúa mediante estaciones de monitoreo que son 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 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. Asimismo, la mantención de los sensores se realiza mensualmente.

4.5 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

En este apartado se listan los materiales utilizados en los trabajos de obtención de los parámetros requeridos. No se incluyen los materiales auxiliares, tales como camionetas u equipos de protección personal (EPP), los que se detallan en los procedimientos e instructivos adjunto al Anexo 3.

4.5.1 Monitoreo manual de nivel pozos

- Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 y 150 metros.
- Piseta con agua destilada.
- Flexómetro.
- Tablet con planilla de pozos a monitorear.

4.5.2 Monitoreo manual de nivel aguas superficiales

- Pozómetro y/o flexómetro
- Piseta con agua destilada.
- Reglilla

4.5.3 Monitoreo continuo de nivel

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500.
- 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.
- Tablet.

4.5.4 Medición de superficie lacustre

- Imágenes satelitales de alta resolución (mes de abril).
- GPS cartográfico Trimble® Nomad® 900G.
- Imagen satelital (Quickbird-II; 2,4x0,6 m; Worldview-II; 2x0,5 m; Imagen Geoeye-1; 1,65x0,4 m).
- Mediciones topográficas de perímetro con estacas de CONAF.
- Cinta métrica o Flexómetro.

4.5.5 Monitoreo caudal de bombeo pozos

- Flujómetro (Totalizadores): Endress+Hauser Flowtec.

4.5.6 Monitoreo manual de caudal en cauces naturales (aforos)

- Micromolinete OTT C2.
- Flexómetro.
- Planillas de terreno.

4.5.7 Monitoreo continuo de caudal en cauces naturales (aforos)

- Sensor de presión In Situ Level Troll 500.
- Planilla curva de descarga.

4.5.8 Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas

e) Muestreo

- Agua destilada.
- Pozómetro Solinst Model 101 Punta P2 de 30, 60 y 150 metros.
- Densímetros (rangos: 1.0-1.1; 1.1-1.2; 1.2-1.3; 1.3-1.4).
- Probeta.
- Piseta con agua destilada.

- Flexómetro.
- Tablet con planilla de pozos a monitorear.
- Bomba para purga y muestreo (si corresponde).
- Bailer de muestreo (si corresponde).
- Guantes desechables.
- Envases plásticos/vidrio de 1000, 500 y 250 ml.
- Etiquetas autoadhesivas (si corresponde).
- Sistema de refrigeración (cooler y/o ice pack).
- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno.

f) Medición de parámetros físico-químicos en terreno

- Medidor multiparamétrico marca WTW, modelo pH_Cond 330-340i.
- Manuales correspondientes de los medidores usados 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).
- Solución de mantención de electrodos, para el medidor multiparamétrico.
- Papel "tissue" u otros no abrasivos, paños de algodón de poca pelusa.
- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno
- Guantes desechables (especialmente para medición de parámetros orgánicos)
- Agua destilada/desionizada

Las labores de monitoreo y análisis fueron efectuadas en ETFA SGS Chile Ltda., sucursales de Iquique y Santiago, utilizando los materiales y equipos considerados en los procedimientos y metodologías acreditadas.

4.5.9 Perfilaje Conductividad Eléctrica en pozos

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

4.5.10 Medición Meteorología

- 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

4.6 FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS

Las fechas de muestreo, medición y/o análisis que se reportan en este informe corresponden al período comprendido entre el 01 de enero y 30 de junio de 2018.

En la Sección 5, Resultados, se indica para cada punto de monitoreo y parámetro comprometido la fecha específica en que se efectuaron las respectivas campañas de terreno para levantar la información de seguimiento ambiental requerida en el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

4.7 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS

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

- Habilidad y el conocimiento de la persona que realiza el muestreo y/o la medición.
- Precisión de los equipos.
- Calibración de equipos.
- Representatividad de las muestras.
- Condiciones ambientales

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

En la obtención de la cota piezométrica las incertidumbres se concentran en la precisión de los equipos de medición como son el pozómetro ($\pm 5 \text{ mm}^{20}$), la observación de la medida por parte del monitor ($\pm 2 \text{ mm}$) 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, pero, en general, es del orden de centímetros.

En la medición de parámetros físico-químicos 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.

²⁰ De acuerdo a especificaciones técnicas del equipo, adjuntas en Anexo 3

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).

En la obtención de la superficie de las lagunas mediante el procesado 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), 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

CONAF mide mediante estacas perimetrales la superficie de las lagunas 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.

5 RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE DE 2018

A continuación, se muestran los resultados obtenidos durante el primer semestre del 2018, período de reporte correspondiente al presente informe semestral. De acuerdo con criterios en materia de seguimiento ambiental definidos por la Superintendencia del Medio Ambiente mediante Res. Ex. N°223/2015, y a los cargos formulados por la autoridad en relación con el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (procedimiento sancionatorio Rol F-041-2016), en el presente informe del PSAH N°23 se efectúa una optimización en la forma de presentación de los resultados obtenidos respecto a los informes elaborados anteriormente, en particular para el monitoreo de nivel de las aguas subterráneas y superficiales, considerando los indicadores de estado, cotas y umbrales aprobados mediante RCA 226/2006.

Es importante señalar que esta optimización no afecta la trazabilidad ni el correcto análisis de la información levantada durante la operación del proyecto. Para estos efectos, en anexos se presentan, en forma tabulada, la totalidad de los resultados de monitoreo de nivel levantados durante el primer semestre del 2018, incluyendo cotas de punto de referencia, profundidad del nivel acuífero medida respecto a la cota de referencia de cada punto de control según a la frecuencia comprometida y la consiguiente determinación del nivel expresado en función del nivel medio del mar, así como los descensos calculados. Por su parte, la data histórica de los monitoreos del seguimiento ambiental fue entregada en el Informe N°22 en formato digital.

5.1 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el período enero 2018 - junio de 2018 en los puntos de monitoreo comprometidos como parte del Plan de Contingencias del Proyecto, diferenciados por sistema. Los resultados obtenidos son contrastados con los umbrales establecidos para la activación de medidas (umbrales de Fase I o II, según corresponda). Cabe señalar que la evaluación de la superación de umbrales, en caso de existir, se presenta en la sección 6 del presente informe (sección de discusión).

Cabe señalar que SQM consideró como parte del Plan de Contingencia del proyecto 6 pozos de control adicionales a los señalados en la aprobación ambiental. Dichos pozos se ubican en el sistema Vegetación Borde Este y permiten complementar el seguimiento ambiental del Plan de Contingencia. Los resultados de las mediciones efectuadas sobre los pozos adicionales se presentan en forma diferenciada, en la sección 5.1.6

5.1.1 Sistema Soncor

Para los pozos de monitoreo que constituyen el Plan de Contingencia del Sistema Soncor, a continuación, en la Tabla 5-1, se muestran los resultados de las mediciones del monitoreo manual de nivel en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) para el primer semestre del año 2018, indicando en **negrita** aquellos que superan los umbrales de activación de fase²¹. La visualización gráfica de los resultados obtenidos se presenta en la Figura 5-1 donde se

²¹ En tabla se presentan los resultados de las mediciones de nivel expresadas en metros sobre el nivel del mar. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro.

muestran, además, las mediciones realizadas el 19 de junio de 2018 por la Dirección General de Aguas (DGA), mandatada por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), en el marco de una fiscalización ambiental y los registros continuos en los pozos que cuentan con instrumentación. Los resultados tabulados de las mediciones manuales se acompañan en Anexo 9.

La frecuencia de medición en los 4 indicadores de estado definidos para el Sistema Soncor, se mantiene en dos veces al mes, producto de las activaciones de la Fase I registradas en los pozos L1-5 y Reglilla L1-G4. Adicionalmente, es posible observar la activación de la Fase II, en mayo de 2018, en los pozos L1-5 y Reglilla L1-G4. El análisis de activación de Fase II en dichos puntos de control, en conjunto con las medidas adoptadas, se presenta en la sección 6.1.1 del presente informe.

Cabe señalar que las mediciones puntuales realizadas por la SMA en los pozos L1-5 y Reglilla L1-G4 son coherentes respecto de los valores medidos durante el seguimiento semestral efectuado por SQM (Figura 5-1).

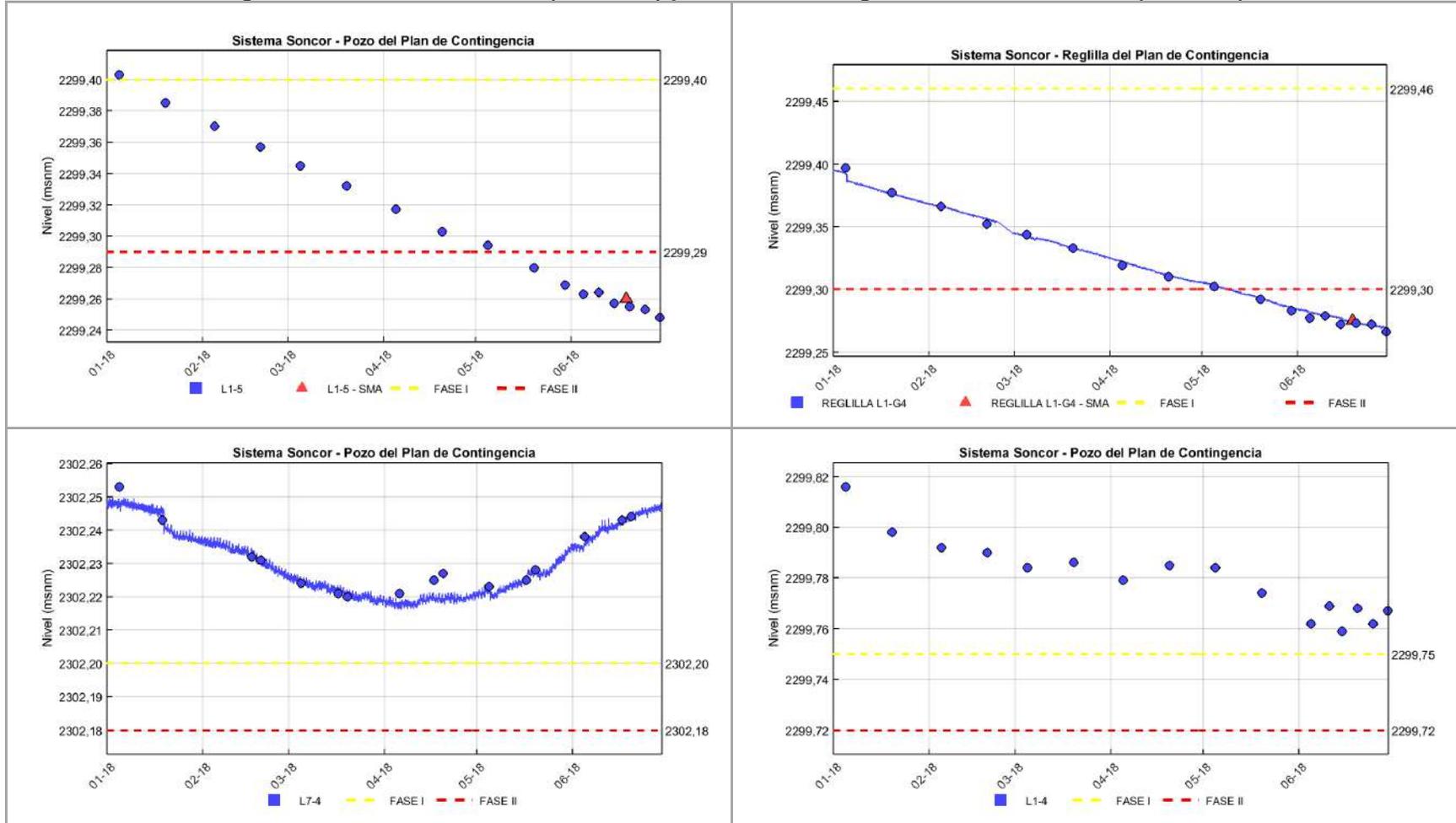
Tabla 5-1. Registro de niveles pozos contingencia Sistema Soncor (WGS-84)

L1-5		Reglilla L1-G4		L1-4		L7-4	
Umbral Fase I:	2299,40	Umbral Fase I:	2299,46	Umbral Fase I:	2299,75	Umbral Fase I:	2302,20
Umbral Fase II:	2299,29	Umbral Fase II:	2299,30	Umbral Fase II:	2299,72	Umbral Fase II:	2302,18
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-01-2018	2.299,40	05-01-2018	2.299,40	05-01-2018	2.299,82	05-01-2018	2.302,25
20-01-2018	2.299,39	20-01-2018	2.299,38	20-01-2018	2.299,80	19-01-2018	2.302,24
05-02-2018	2.299,37	05-02-2018	2.299,37	05-02-2018	2.299,79	05-02-2018	S/I ²²
20-02-2018	2.299,36	20-02-2018	2.299,35	20-02-2018	2.299,79	17-02-2018	2.302,23
05-03-2018	2.299,35	05-03-2018	2.299,34	05-03-2018	2.299,78	20-02-2018	2.302,23
20-03-2018	2.299,33	20-03-2018	2.299,33	20-03-2018	2.299,79	05-03-2018	2.302,22
05-04-2018	2.299,32	05-04-2018	2.299,32	05-04-2018	2.299,78	17-03-2018	2.302,22
20-04-2018	2.299,30	20-04-2018	2.299,31	20-04-2018	2.299,79	20-03-2018	2.302,22
05-05-2018	2.299,29	05-05-2018	2.299,30	05-05-2018	2.299,78	06-04-2018	2.302,22
20-05-2018	2.299,28	20-05-2018	2.299,29	20-05-2018	2.299,77	17-04-2018	2.302,23
30-05-2018	2.299,27	30-05-2018	2.299,28	05-06-2018	2.299,76	20-04-2018	2.302,23
05-06-2018	2.299,26	05-06-2018	2.299,28	11-06-2018	2.299,77	05-05-2018	2.302,22
10-06-2018	2.299,26	10-06-2018	2.299,28	15-06-2018	2.299,76	17-05-2018	2.302,23
15-06-2018	2.299,26	15-06-2018	2.299,27	20-06-2018	2.299,77	20-05-2018	2.302,23
20-06-2018	2.299,26	20-06-2018	2.299,27	25-06-2018	2.299,76	05-06-2018	2.302,24
25-06-2018	2.299,25	25-06-2018	2.299,27	30-06-2018	2.299,77	17-06-2018	2.302,24
30-06-2018	2.299,25	30-06-2018	2.299,27	-	-	20-06-2018	2.302,24

Fuente: Elaboración propia.

²² El día 5 de febrero de 2018 no se realizó medición en el pozo L7-4, debido a que el Centro Turístico estaba cerrado.

Figura 5-1: Nivel observado (m.s.n.m.) pozos de contingencia Sistema Soncor (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Sistema Aguas de Quelana

Los pozos de monitoreo que constituyen el Plan de Contingencia 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, esto es, mayo de 2007.

En la Tabla 5-2 se presentan las mediciones del monitoreo manual de descenso en los pozos de Aguas de Quelana durante el período semestral evaluado²³. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados se presenta en la Figura 5-2.

La medición de los 6 pozos indicadores de estado definidos para el Sistema Aguas de Quelana se realizó en forma continua, de acuerdo con lo establecido en la RCA. Adicionalmente se efectuaron mediciones manuales con una frecuencia al menos bimensual.

Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase I y Fase II durante el primer semestre del año 2018 en ningún punto de control.

Tabla 5-2. Registro descensos pozos contingencia Sistema A. de Quelana

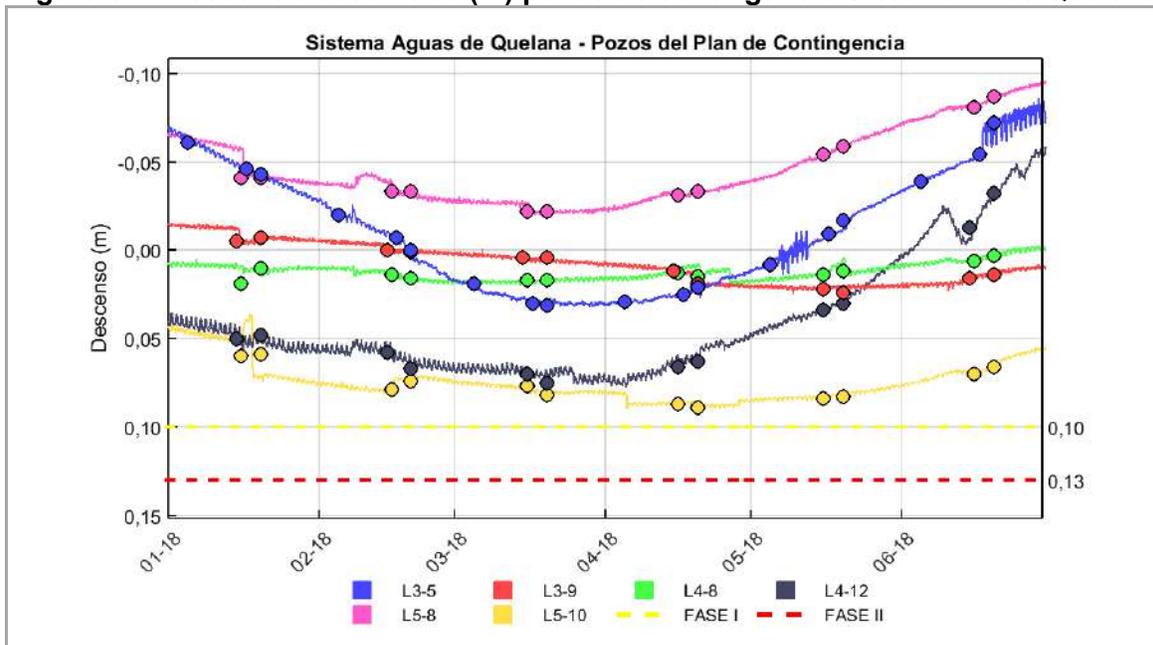
L3-5		L3-9		L4-8	
Umbral Fase I:	0,10	Umbral Fase I:	0,10	Umbral Fase I:	0,10
Umbral Fase II:	0,13	Umbral Fase II:	0,13	Umbral Fase II:	0,13
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	-0,06	15-01-18	-0,01	16-01-18	0,02
17-01-18	-0,05	20-01-18	-0,01	20-01-18	0,01
20-01-18	-0,04	15-02-18	0,00	16-02-18	0,01
05-02-18	-0,02	20-02-18	0,00	20-02-18	0,02
17-02-18	-0,01	15-03-18	0,00	16-03-18	0,02
20-02-18	0,00	20-03-18	0,00	20-03-18	0,02
05-03-18	0,02	15-04-18	0,01	16-04-18	0,01
17-03-18	0,03	20-04-18	0,02	20-04-18	0,02
20-03-18	0,03	16-05-18	0,02	16-05-18	0,01
05-04-18	0,03	20-05-18	0,02	20-05-18	0,01
17-04-18	0,03	15-06-18	0,02	16-06-18	0,01
20-04-18	0,02	20-06-18	0,01	20-06-18	0,00
05-05-18	0,01				
17-05-18	-0,01				
20-05-18	-0,02				
05-06-18	-0,04				
17-06-18	-0,05				
20-06-18	-0,07				
L4-12		L5-8		L5-10	

²³ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro.

Umbral Fase I: 0,10 Umbral Fase II: 0,13		Umbral Fase I: 0,10 Umbral Fase II: 0,13		Umbral Fase I: 0,10 Umbral Fase II: 0,13	
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
15-01-18	0,05	16-01-18	-0,04	16-01-18	0,06
20-01-18	0,05	20-01-18	-0,04	20-01-18	0,06
15-02-18	0,06	16-02-18	-0,03	16-02-18	0,08
20-02-18	0,07	20-02-18	-0,03	20-02-18	0,07
16-03-18	0,07	16-03-18	-0,02	16-03-18	0,08
20-03-18	0,08	20-03-18	-0,02	20-03-18	0,08
16-04-18	0,07	16-04-18	-0,03	16-04-18	0,09
20-04-18	0,06	20-04-18	-0,03	20-04-18	0,09
16-05-18	0,03	16-05-18	-0,05	16-05-18	0,08
20-05-18	0,03	20-05-18	-0,06	20-05-18	0,08
15-06-18	-0,01	16-06-18	-0,08	16-06-18	0,07
20-06-18	-0,03	20-06-18	-0,09	20-06-18	0,07

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema A. de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa

Los pozos de monitoreo que constituyen el Plan de Contingencia 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, en ambos casos respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control, esto es, mayo de 2007.

En la Tabla 5-3 se presentan las mediciones del monitoreo manual de descenso en los pozos del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa durante el período semestral evaluado²⁴. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos, incluyendo el registro continuo del pozo L3-5, se presenta en la Figura 5-3.

La frecuencia de medición de los 6 indicadores de estado definidos para el Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa fue al menos bimensual, en forma complementaria al registro continuo exigido en la RCA. La frecuencia de registro manual bimensual da conformidad al estado de activación de la Fase I registrado en pozos indicadores del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex (ver siguiente sección).

Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase I y Fase II durante el primer semestre de 2018 en ningún punto de control del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa.

Tabla 5-3. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa

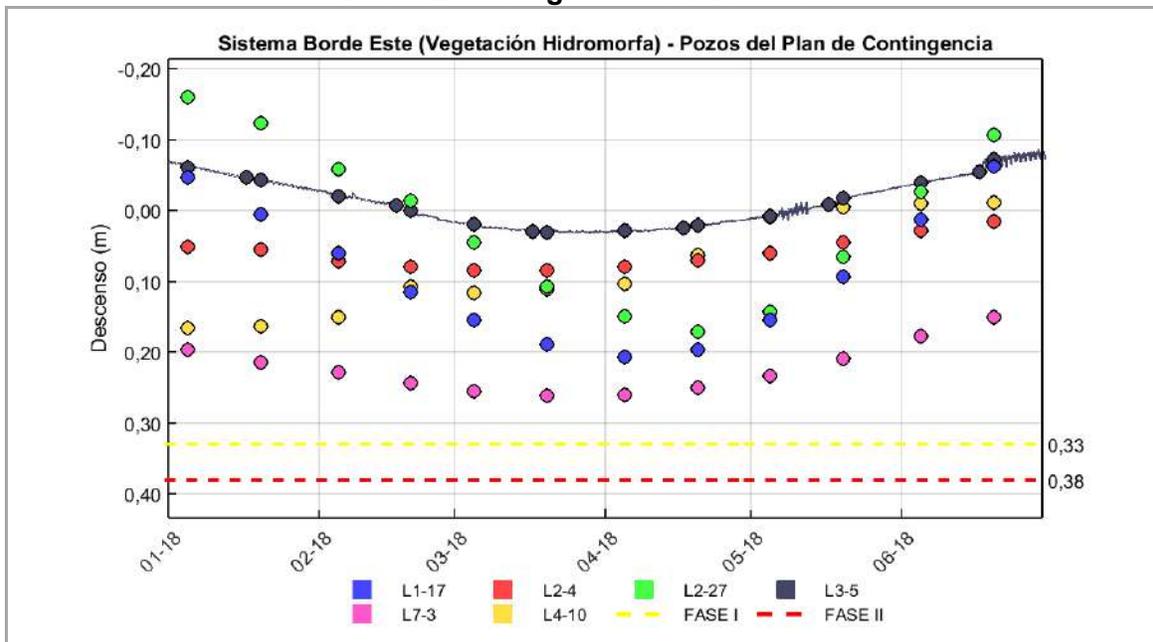
L7-3		L2-4		L3-5	
Umbral Fase I:	0,33	Umbral Fase I:	0,33	Umbral Fase I:	0,33
Umbral Fase II:	0,38	Umbral Fase II:	0,38	Umbral Fase II:	0,38
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	0,20	05-01-18	0,05	05-01-18	-0,06
20-01-18	0,22	20-01-18	0,06	17-01-18	-0,05
05-02-18	0,23	05-02-18	0,07	20-01-18	-0,04
20-02-18	0,24	20-02-18	0,08	05-02-18	-0,02
05-03-18	0,26	05-03-18	0,08	17-02-18	-0,01
20-03-18	0,26	20-03-18	0,08	20-02-18	0,00
05-04-18	0,26	05-04-18	0,08	05-03-18	0,02
20-04-18	0,25	20-04-18	0,07	17-03-18	0,03
05-05-18	0,23	05-05-18	0,06	20-03-18	0,03
20-05-18	0,21	20-05-18	0,05	05-04-18	0,03
05-06-18	0,18	05-06-18	0,03	17-04-18	0,03
20-06-18	0,15	20-06-18	0,02	20-04-18	0,02
				05-05-18	0,01
				17-05-18	-0,01
				20-05-18	-0,02
				05-06-18	-0,04
				17-06-18	-0,05
				20-06-18	-0,07
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
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	0,17	05-01-18	-0,05	05-01-18	-0,16

²⁴ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro.

20-01-18	0,16	20-01-18	0,01	20-01-18	-0,12
05-02-18	0,15	05-02-18	0,06	05-02-18	-0,06
20-02-18	0,11	20-02-18	0,12	20-02-18	-0,01
05-03-18	0,12	05-03-18	0,15	05-03-18	0,05
20-03-18	0,11	20-03-18	0,19	20-03-18	0,11
05-04-18	0,10	05-04-18	0,21	05-04-18	0,15
20-04-18	0,06	20-04-18	0,20	20-04-18	0,17
05-05-18	0,01	05-05-18	0,15	05-05-18	0,14
20-05-18	-0,01	20-05-18	0,09	20-05-18	0,07
05-06-18	-0,01	05-06-18	0,01	05-06-18	-0,03
20-06-18	-0,01	20-06-18	-0,06	20-06-18	-0,11

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex

Los pozos de monitoreo que constituyen el Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este: 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 fijado es de 1,00 m.

En la Tabla 5-4 se presentan las mediciones del monitoreo manual de descenso en los pozos del Sistema Vegetación Borde Este: Brea-Atriplex durante el período semestral

evaluado, indicando en negrita aquellos que superan el Umbral de activación de fase²⁵. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos, incluyendo el registro continuo del pozo L4-7, se presenta en la Figura 5-4.

La frecuencia de medición de los 7 indicadores de estado definidos para el Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex se realizó de acuerdo con la frecuencia establecida en la RCA. Así, dada la activación de la Fase I evidenciada en los pozos L7-6, L2-28 y L3-3, la frecuencia del monitoreo implementado es al menos bimensual. Cabe señalar que el pozo L4-7 es monitoreado en forma continua, dando conformidad a lo establecido en la RCA.

Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase II durante el primer semestre del 2018 en ningún punto de control. Los puntos L7-6, L2-28 y L3-3 presentaron superación del umbral de Fase I durante el período del presente reporte, efectuando los avisos comprometidos a la autoridad (ver Anexo 8). En el caso de los pozos L7-6 y L2-28, la superación se mantuvo por todo el período de registro, con un descenso máximo de 0,73 m para L7-6 (enero 2018) y 0,62 m para L2-28 (marzo 2018). El pozo L3-3 presentó superación del umbral entre enero y abril de 2018, recuperándose en los meses posteriores. Esta situación es analizada en la Sección 6.1.4 del presente informe semestral.

Tabla 5-4. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex

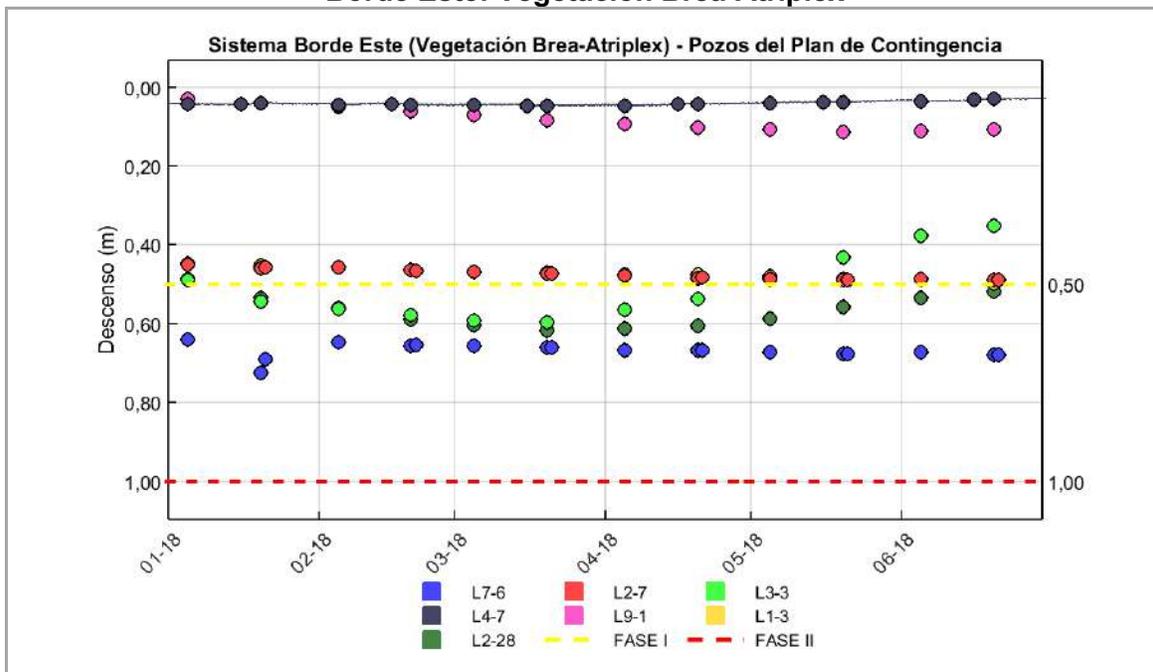
L7-6		L2-7		L3-3		L4-7	
Umbral Fase I: 0,50							
Umbral Fase II: 1,00		Umbral Fase II: 1,00		Umbral Fase II: 1,00		Umbral Fase II: 1,00	
Fecha	Descenso (m)						
05-01-18	0,64	05-01-18	0,45	05-01-18	0,49	05-01-18	0,04
20-01-18	0,73	20-01-18	0,46	20-01-18	0,54	16-01-18	0,04
21-01-18	0,69	21-01-18	0,46	05-02-18	0,56	20-01-18	0,04
05-02-18	0,65	05-02-18	0,46	20-02-18	0,58	05-02-18	0,05
20-02-18	0,66	20-02-18	0,47	05-03-18	0,59	16-02-18	0,04
21-02-18	0,65	21-02-18	0,47	20-03-18	0,60	20-02-18	0,05
05-03-18	0,66	05-03-18	0,47	05-04-18	0,57	05-03-18	0,05
20-03-18	0,66	20-03-18	0,47	20-04-18	0,54	16-03-18	0,05
21-03-18	0,66	21-03-18	0,47	05-05-18	0,49	20-03-18	0,05
05-04-18	0,67	05-04-18	0,48	20-05-18	0,43	05-04-18	0,05
20-04-18	0,67	20-04-18	0,48	05-06-18	0,38	16-04-18	0,04
21-04-18	0,67	21-04-18	0,48	20-06-18	0,35	20-04-18	0,04
05-05-18	0,67	05-05-18	0,49			05-05-18	0,04
20-05-18	0,68	20-05-18	0,49			16-05-18	0,04
21-05-18	0,68	21-05-18	0,49			20-05-18	0,04
05-06-18	0,67	05-06-18	0,49			05-06-18	0,04
20-06-18	0,68	20-06-18	0,49			16-06-18	0,03
21-06-18	0,68	21-06-18	0,49			20-06-18	0,03

²⁵ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro.

L9-1		L1-3		L2-28	
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	
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	0,03	05-01-18	0,45	05-01-18	0,49
20-01-18	0,04	20-01-18	0,45	20-01-18	0,53
05-02-18	0,05	05-02-18	0,46	05-02-18	0,56
20-02-18	0,06	20-02-18	0,46	20-02-18	0,59
05-03-18	0,07	05-03-18	0,47	05-03-18	0,60
20-03-18	0,08	20-03-18	0,47	20-03-18	0,62
05-04-18	0,09	05-04-18	0,48	05-04-18	0,61
20-04-18	0,10	20-04-18	0,48	20-04-18	0,61
05-05-18	0,11	05-05-18	0,48	05-05-18	0,59
20-05-18	0,11	20-05-18	0,49	20-05-18	0,56
05-06-18	0,11	05-06-18	0,49	05-06-18	0,54
20-06-18	0,11	20-06-18	0,50	20-06-18	0,52

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5 Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana

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:

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, depende de la ubicación específica de cada punto de control, variando entre 0,82 y 1,25 m (ver Tabla 5-5).

En la Tabla 5-5 se presentan las mediciones del monitoreo manual de descenso en los pozos del Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana durante el período semestral evaluado²⁶. Por su parte, la visualización gráfica se presenta en la Figura 5-5.

Si bien la frecuencia de monitoreo de los indicadores de estado definidos para el Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana es mensual, el monitoreo se efectuó en forma bimensual, de conformidad al estado de activación de la Fase I registrado en pozos indicadores del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex (ver sección anterior). Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase II durante el primer semestre de 2018 en ningún punto de control.

Tabla 5-5. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana

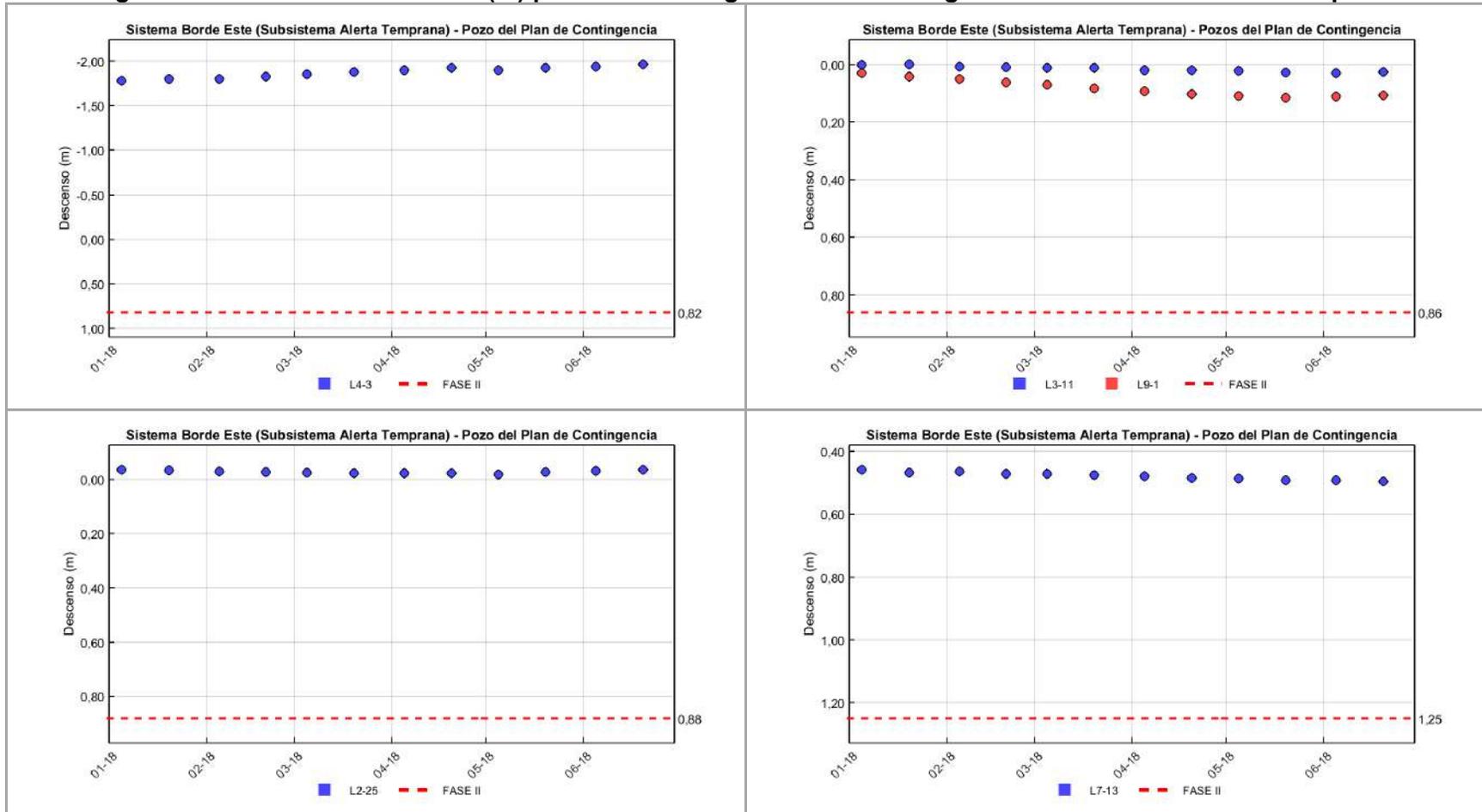
L7-13		L2-25		L3-11	
Umbral Fase II: 1,25		Umbral Fase II: 0,88		Umbral Fase II: 0,86	
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	0,46	05-01-18	-0,04	05-01-18	0,00
20-01-18	0,47	20-01-18	-0,03	20-01-18	0,00
05-02-18	0,46	05-02-18	-0,03	05-02-18	0,01
20-02-18	0,47	20-02-18	-0,03	20-02-18	0,01
05-03-18	0,47	05-03-18	-0,02	05-03-18	0,01
20-03-18	0,48	20-03-18	-0,02	20-03-18	0,01
05-04-18	0,48	05-04-18	-0,02	05-04-18	0,02
20-04-18	0,49	20-04-18	-0,02	20-04-18	0,02
05-05-18	0,49	05-05-18	-0,02	05-05-18	0,02
20-05-18	0,49	20-05-18	-0,03	20-05-18	0,03
05-06-18	0,49	05-06-18	-0,03	05-06-18	0,03
20-06-18	0,50	20-06-18	-0,04	20-06-18	0,03
L4-3		L9-1			
Umbral Fase II: 0,82		Umbral Fase II: 0,86			
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)		
05-01-18	-1,78	05-01-18	0,03		
20-01-18	-1,80	20-01-18	0,04		
05-02-18	-1,80	05-02-18	0,05		
20-02-18	-1,83	20-02-18	0,06		
05-03-18	-1,86	05-03-18	0,07		
20-03-18	-1,88	20-03-18	0,08		
05-04-18	-1,90	05-04-18	0,09		
20-04-18	-1,92	20-04-18	0,10		

²⁶ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro.

05-05-18	-1,90	05-05-18	0,11
20-05-18	-1,92	20-05-18	0,11
05-06-18	-1,94	05-06-18	0,11
20-06-18	-1,97	20-06-18	0,11

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-5: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana



Fuente: Elaboración propia.

5.1.6 Pozos adicionales al Plan de Contingencia

SQM consideró como parte del Plan de Contingencia del proyecto, 6 pozos de control adicionales a los señalados en la aprobación ambiental del proyecto. La ubicación de estos pozos permite complementar el seguimiento ambiental del Plan de Contingencia velando por el resguardo de los sistemas de vegetación a proteger.

Así, se incluyeron 4 pozos en el Plan de Contingencias del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex (L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25) y 2 pozos en el Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana (L2-26 y L3-15).

En forma consecuente con el diseño de los Planes de contingencias, los pozos de monitoreo adicionales que forman parte del Sistema Vegetación Borde Este: 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 fijado es de 1,00 m, en ambos casos respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control.

Por su parte, los pozos de monitoreo adicionales que forman parte del Sistema Vegetación Borde Este: 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, estableciéndose umbrales de 0,78 m para el pozo L2-26 y 0,85 m para el pozo L3-15.

Cabe señalar que tanto la definición de los umbrales, como el monitoreo efectuado en los pozos adicionales, fueron desarrollados bajo los mismos criterios establecidos en la RCA.

En la Tabla 5-6 se presentan las mediciones del monitoreo manual de descenso en el período semestral evaluado²⁷. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos se presenta en la Figura 5-6.

El monitoreo de los pozos adicionales se realizó con una mayor frecuencia a la definida para los indicadores del Sistema Vegetación Borde Este en el plan de seguimiento establecido en la RCA, implementándose en el semestre una medición bimensual.

Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase II en los pozos L2-26 y L3-15, ni superación de los límites de Fase I y II en los pozos L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25 durante el primer semestre de 2018.

Tabla 5-6. Registro descensos pozos contingencia adicionales

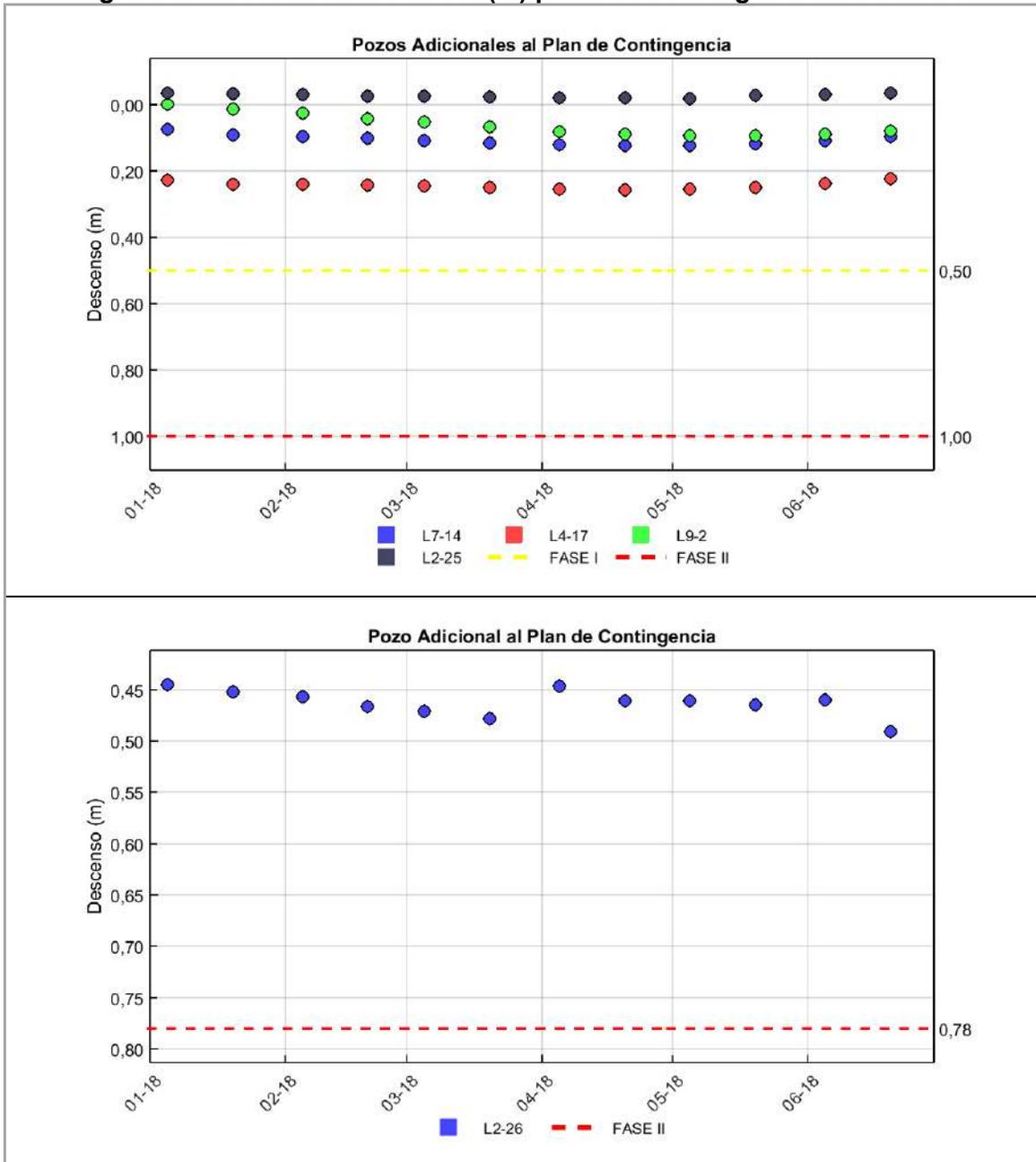
L7-14		L4-17		L9-2	
Umbral Fase I:	0,50	Umbral Fase I:	0,50	Umbral Fase I:	0,50
Umbral Fase II:	1,00	Umbral Fase II:	1,00	Umbral Fase II:	1,00
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	0,08	05-01-18	0,23	05-01-18	0,00
20-01-18	0,09	20-01-18	0,24	20-01-18	0,01

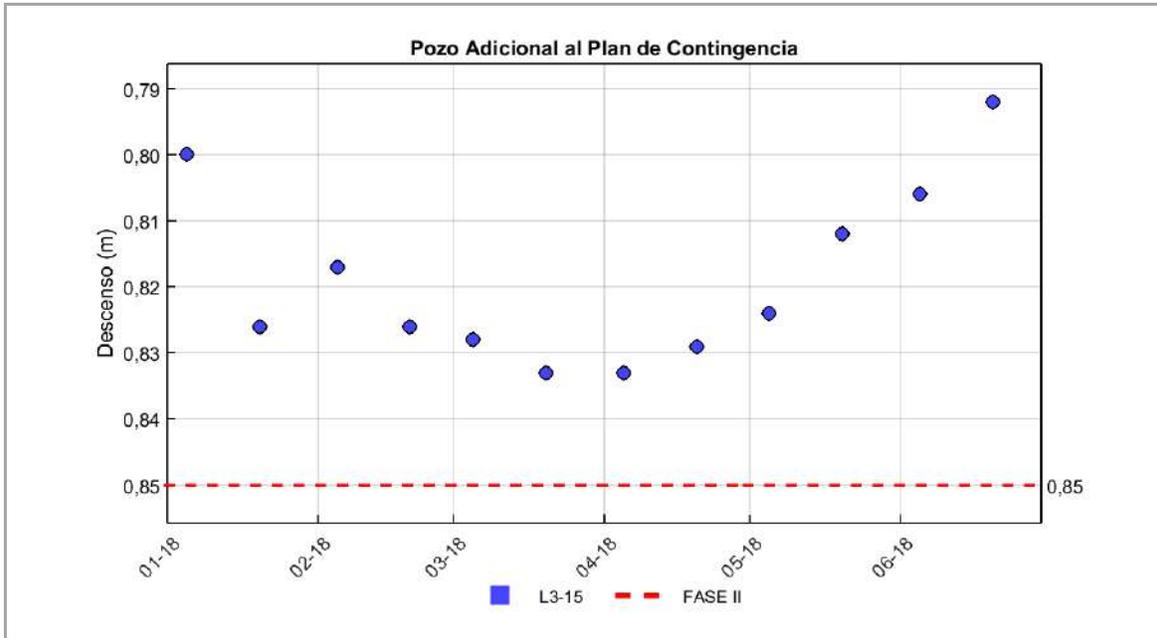
²⁷ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro.

05-02-18	0,10	05-02-18	0,24	05-02-18	0,03
20-02-18	0,10	20-02-18	0,24	20-02-18	0,04
05-03-18	0,11	05-03-18	0,25	05-03-18	0,05
20-03-18	0,12	20-03-18	0,25	20-03-18	0,07
05-04-18	0,12	05-04-18	0,26	05-04-18	0,08
20-04-18	0,13	20-04-18	0,26	20-04-18	0,09
05-05-18	0,12	05-05-18	0,26	05-05-18	0,09
20-05-18	0,12	20-05-18	0,25	20-05-18	0,10
05-06-18	0,11	05-06-18	0,24	05-06-18	0,09
20-06-18	0,10	20-06-18	0,22	20-06-18	0,08
L2-25		L2-26		L3-15	
Umbral Fase I:	0,50	Umbral Fase II:	0,78	Umbral Fase II:	0,85
Umbral Fase II:	1,00				
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-01-18	-0,04	05-01-18	0,45	05-01-18	0,80
20-01-18	-0,03	20-01-18	0,45	20-01-18	0,83
05-02-18	-0,03	05-02-18	0,46	05-02-18	0,82
20-02-18	-0,03	20-02-18	0,47	20-02-18	0,83
05-03-18	-0,02	05-03-18	0,47	05-03-18	0,83
20-03-18	-0,02	20-03-18	0,48	20-03-18	0,83
05-04-18	-0,02	05-04-18	0,45	05-04-18	0,83
20-04-18	-0,02	20-04-18	0,46	20-04-18	0,83
05-05-18	-0,02	05-05-18	0,46	05-05-18	0,82
20-05-18	-0,03	20-05-18	0,47	20-05-18	0,81
05-06-18	-0,03	05-06-18	0,46	05-06-18	0,81
20-06-18	-0,04	20-06-18	0,49	20-06-18	0,79

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-6: Descenso observado (m) pozos de contingencia Adicionales





Fuente: Elaboración propia.

5.2 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO

En el presente capítulo se exponen los registros de los monitoreos, mediciones y/o análisis efectuados en el marco del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico desde enero a junio de 2018, agrupados según los siguientes sistemas:

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

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

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

En los siguientes acápite se exponen los resultados obtenidos del monitoreo efectuado durante el primer semestre de 2018. Es importante señalar que las variables analizadas en la presente sección no poseen umbrales o límites establecidos, siendo las variables niveles y descensos asociados al Plan de Contingencias (sección 5.1) los únicos que cuentan con dichos límites. En la Sección 6 se efectúa el análisis correspondiente al comportamiento y evolución histórica.

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 (SMA), mientras que, en formato de tablas, se exponen sólo los resultados puntuales del período. De esta forma, los resultados tabulados de los monitoreos continuos para los datos de nivel, meteorológicos y para el aforo Puente San Luis, se adjuntan en Anexo digital. Por su parte, los resultados de las mediciones realizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente se presentan en Anexo 1.

Adicionalmente, en Anexo 7 se presenta el registro de las mediciones que no pudieron ser efectuadas en el periodo, indicando las causas que motivaron dicha situación.

5.2.1 Sistema Soncor

De acuerdo a lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico 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 obtenidos para el primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.1.1 Nivel del agua subterránea y superficial

Se presentan los niveles de todos los pozos y reglillas que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Soncor, tal como se muestra en la Figura 4-6 y en la Tabla 4-1. Como se indicó anteriormente, los resultados de las mediciones no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que pertenecen al Plan de Contingencias (sección 5.1).

Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este, pero para efectos de orden sólo serán presentados en esta sección.

Para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo, como el nivel del agua subterránea o superficial, según corresponda, expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

Cabe señalar que, dentro del periodo semestral correspondiente al presente informe, se dispone de medición de niveles efectuada por la SMA durante la actividad de fiscalización ejecutada el 19 de junio de 2018. Los resultados de la fiscalización se adjuntan en Anexo 1, mientras que en el presente reporte sólo se presentan de manera gráfica.

5.2.1.1.1 Pozos en zona aluvial

En la Tabla 5-7 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el primer semestre del año 2018 en los 11 puntos de control del nivel del agua ubicados en la zona aluvial del Sistema Soncor. Los resultados gráficos de nivel se observan en la Figura 5-7 y en forma diferenciada para los pozos de extracción de agua industrial, en la Figura 5-8. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.316 y los 2.333 msnm.

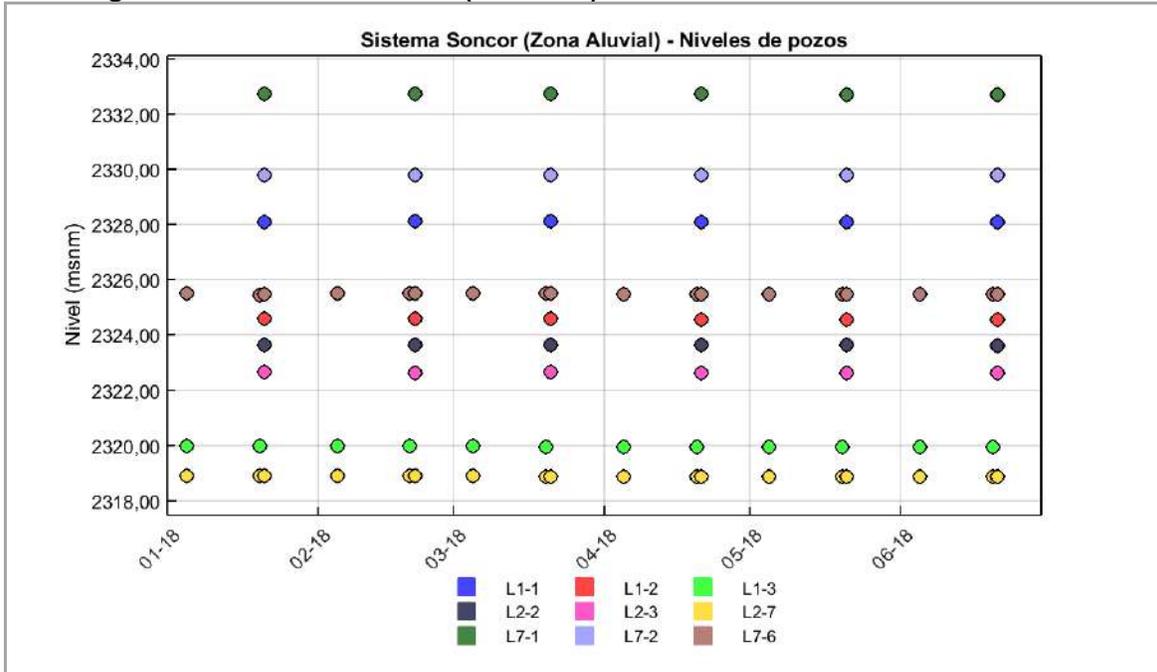
Tabla 5-7: Registro de niveles zona aluvial de Sistema Soncor (WGS-84).

L1-1		L1-2		L2-2		L2-3	
Fecha	Nivel (msnm)						
21-01-2018	2328,09	21-01-2018	2.324,57	21-01-2018	2.323,64	21-01-2018	2.322,66
21-02-2018	2328,11	21-02-2018	2.324,59	21-02-2018	2.323,64	21-02-2018	2.322,64
21-03-2018	2328,11	21-03-2018	2.324,58	21-03-2018	2.323,63	21-03-2018	2.322,65
21-04-2018	2328,10	21-04-2018	2.324,56	21-04-2018	2.323,63	21-04-2018	2.322,63
21-05-2018	2328,09	21-05-2018	2.324,56	21-05-2018	2.323,63	21-05-2018	2.322,62
21-06-2018	2328,08	21-06-2018	2.324,54	21-06-2018	2.323,61	21-06-2018	2.322,62

L7-1		L7-2		Mullay-1		Allana	
21-01-2018	2.332,71	21-01-2018	2.329,80	21-01-2018	2.323,73	21-01-2018	2.316,87
21-02-2018	2.332,72	21-02-2018	2.329,80	21-02-2018	2.323,56	21-02-2018	2.316,78
21-03-2018	2.332,73	21-03-2018	2.329,79	21-03-2018	2.323,41	21-03-2018	2.316,81
21-04-2018	2.332,73	21-04-2018	2.329,78	21-04-2018	2.323,39	21-04-2018	2.316,78
21-05-2018	2.332,70	21-05-2018	2.329,78	21-05-2018	2.323,50	21-05-2018	2.317,80
21-06-2018	2.332,70	21-06-2018	2.329,78	21-06-2018	2.323,70	21-06-2018	2.316,83
L1-3		L7-6		L2-7			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
05-01-2018	2.319,98	05-01-2018	2.325,51	05-01-2018	2.318,90		
20-01-2018	2.319,98	20-01-2018	2.325,42	20-01-2018	2.318,89		
05-02-2018	2.319,97	21-01-2018	2.325,46	21-01-2018	2.318,90		
20-02-2018	2.319,96	05-02-2018	2.325,50	05-02-2018	2.318,90		
05-03-2018	2.319,96	20-02-2018	2.325,49	20-02-2018	2.318,89		
20-03-2018	2.319,96	21-02-2018	2.325,50	21-02-2018	2.318,89		
05-04-2018	2.319,95	05-03-2018	2.325,49	05-03-2018	2.318,88		
20-04-2018	2.319,95	20-03-2018	2.325,49	20-03-2018	2.318,88		
05-05-2018	2.319,95	21-03-2018	2.325,49	21-03-2018	2.318,88		
20-05-2018	2.319,94	05-04-2018	2.325,48	05-04-2018	2.318,87		
05-06-2018	2.319,94	20-04-2018	2.325,48	20-04-2018	2.318,87		
20-06-2018	2.319,93	21-04-2018	2.325,48	21-04-2018	2.318,87		
		05-05-2018	2.325,48	05-05-2018	2.318,86		
		20-05-2018	2.325,47	20-05-2018	2.318,86		
		21-05-2018	2.325,47	21-05-2018	2.318,86		
		05-06-2018	2.325,48	05-06-2018	2.318,86		
		20-06-2018	2.325,47	20-06-2018	2.318,86		
		21-06-2018	2.325,47	21-06-2018	2.318,86		

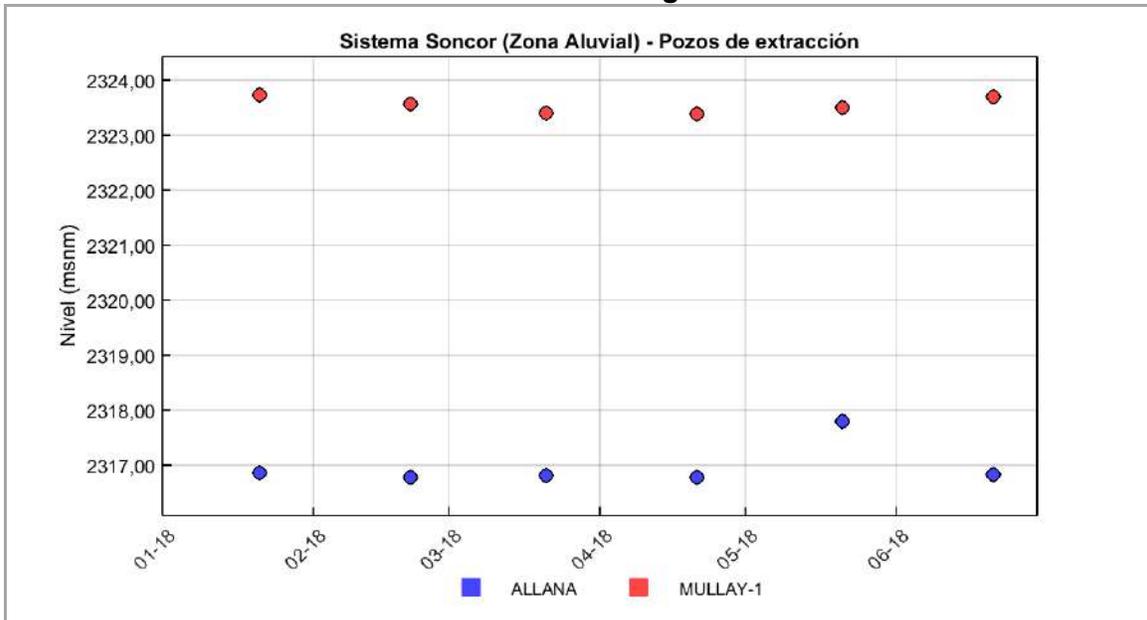
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-7 Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-8 Nivel dinámico observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de Extracción de Agua Industrial



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.2 Pozos en zona marginal

En esta sección se presentan los resultados del monitoreo efectuado durante el primer semestre del año 2018 en 60 puntos de control de nivel ubicados en la zona marginal del Sistema Soncor, de los cuales 17 poseen medición continua de nivel.

Debido al número de puntos de control, la extensión del Sistema Soncor y de sus diversos comportamientos, se optó por subdividir la presentación de los resultados obtenidos de acuerdo con la ubicación geográfica y similitudes de comportamiento de los pozos, 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.

En la Tabla 5-8 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 4 pozos del subsector Puilar. Por su parte, la representación gráfica, se presenta en la Figura 5-9, donde se incluye en línea continua las mediciones del pozo L7-4. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.302 y los 2.308 msnm.

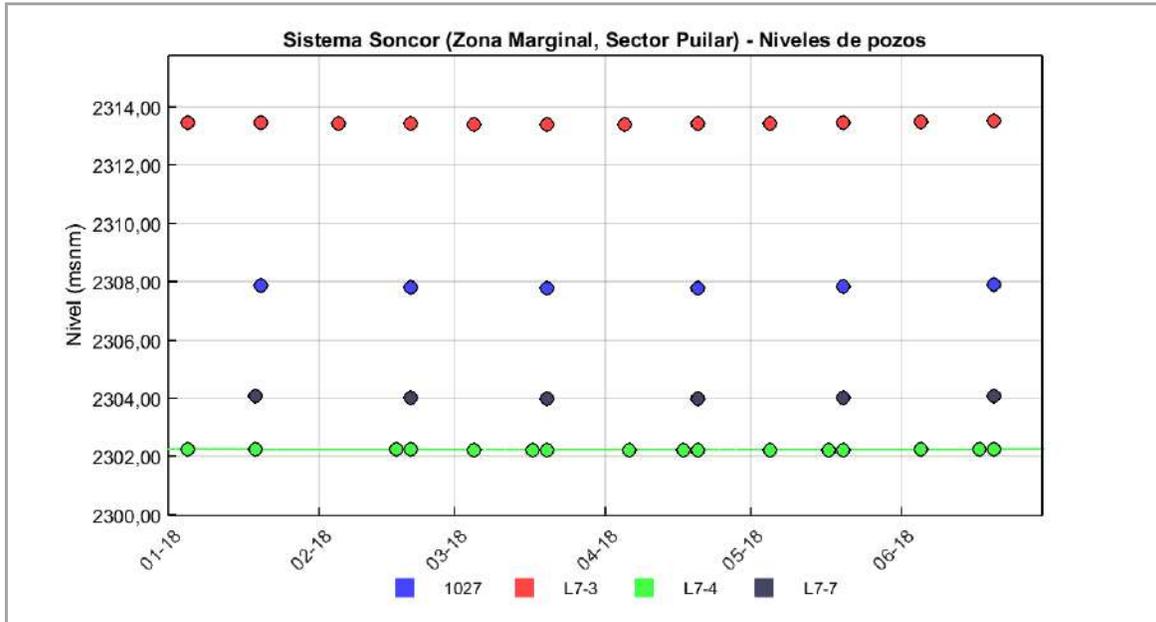
Tabla 5-8: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar (WGS-84)

L7-4		L7-3		L7-7		1027	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-01-18	2.302,25	05-01-2018	2.313,46	19-01-2018	2.304,08	20-01-2018	2.307,85
19-01-18	2.302,24	20-01-2018	2.313,44	20-02-2018	2.304,03	20-02-2018	2.307,82
05-02-18	S/I ²⁸	05-02-2018	2.313,43	20-03-2018	2.303,99	20-03-2018	2.307,78
17-02-18	2.302,23	20-02-2018	2.313,41	20-04-2018	2.303,98	20-04-2018	2.307,78
20-02-18	2.302,23	05-03-2018	2.313,40	20-05-2018	2.304,02	20-05-2018	2.307,82
05-03-18	2.302,22	20-03-2018	2.313,40	20-06-2018	2.304,08	20-06-2018	2.307,88
17-03-18	2.302,22	05-04-2018	2.313,40				
20-03-18	2.302,22	20-04-2018	2.313,41				
06-04-18	2.302,22	05-05-2018	2.313,42				
17-04-18	2.302,23	20-05-2018	2.313,45				
20-04-18	2.302,23	05-06-2018	2.313,48				
05-05-18	2.302,22	20-06-2018	2.313,51				
17-05-18	2.302,23						
20-05-18	2.302,23						
05-06-18	2.302,24						
17-06-18	2.302,24						
20-06-18	2.302,24						

Fuente: Elaboración propia.

²⁸ El día 5 de febrero de 2018 no se realizó medición manual en el pozo L7-4, debido a que el Centro Turístico estaba cerrado.

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



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-9 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 11 pozos del subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros. Por su parte, la representación gráfica se presenta en Figura 5-10 y en la Figura 5-11, que agrupa los pozos L2-4 y L2-8, que geográficamente están más alejados.

Cabe señalar que la medición realizada por la SMA al pozo L1-4 durante el mes de junio de 2018, es coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.299 y los 2.304 msnm. Otro aspecto que considerar es el incremento en la frecuencia de monitoreo durante el mes de junio en los puntos L1-4, L1-6 y L1-7, incremento efectuado como medida complementaria ante la activación de Fase II en el sector, específicamente en el pozo L1-5.

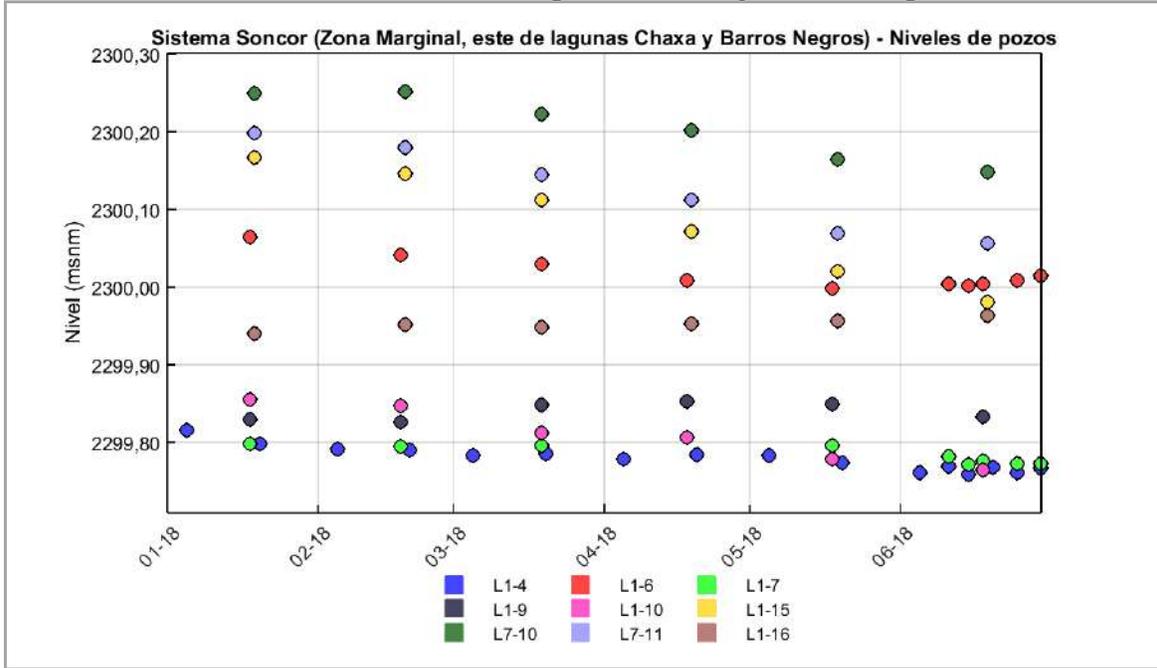
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)

L1-4		L2-4		L1-6		L1-7	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-2018	2.299,82	05-01-2018	2.303,43	18-01-2018	2.300,07	18-01-2018	2.299,80
20-01-2018	2.299,80	20-01-2018	2.303,42	18-02-2018	2.300,04	18-02-2018	2.299,80
05-02-2018	2.299,79	05-02-2018	2.303,41	19-03-2018	2.300,03	19-03-2018	2.299,80
20-02-2018	2.299,79	20-02-2018	2.303,40	18-04-2018	2.300,01	18-04-2018	2.299,81
05-03-2018	2.299,78	05-03-2018	2.303,39	18-05-2018	2.300,00	18-05-2018	2.299,80
20-03-2018	2.299,79	20-03-2018	2.303,39	11-06-2018	2.300,00	11-06-2018	2.299,78
05-04-2018	2.299,78	05-04-2018	2.303,40	15-06-2018	2.300,00	15-06-2018	2.299,77
20-04-2018	2.299,79	20-04-2018	2.303,41	18-06-2018	2.300,01	18-06-2018	2.299,78

05-05-2018	2.299,78	05-05-2018	2.303,42	25-06-2018	2.300,01	25-06-2018	2.299,77
20-05-2018	2.299,77	20-05-2018	2.303,43	30-06-2018	2.300,02	30-06-2018	2.299,77
05-06-2018	2.299,76	05-06-2018	2.303,45				
11-06-2018	2.299,77	20-06-2018	2.303,46				
15-06-2018	2.299,76						
20-06-2018	2.299,77						
25-06-2018	2.299,76						
30-06-2018	2.299,77						
L1-9		L1-10		L1-15		L1-16	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-01-2018	2.299,83	18-01-2018	2.299,86	19-01-18	2.300,17	19-01-2018	2.299,94
18-02-2018	2.299,83	18-02-2018	2.299,85	19-02-18	2.300,15	19-02-2018	2.299,95
18-03-2018	2.299,85	19-03-2018	2.299,81	19-03-18	2.300,11	19-03-2018	2.299,95
18-04-2018	2.299,85	18-04-2018	2.299,81	19-04-18	2.300,07	19-04-2018	2.299,95
18-05-2018	2.299,85	18-05-2018	2.299,78	19-05-18	2.300,02	19-05-2018	2.299,96
18-06-2018	2.299,83	18-06-2018	2.299,77	19-06-18	2.299,98	19-06-2018	2.299,96
L7-10		L7-11		L2-8			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
19-01-18	2.300,25	19-01-18	2.300,20	21-01-2018	2.301,46		
19-02-18	2.300,25	19-02-18	2.300,18	21-02-2018	2.301,37		
19-03-18	2.300,22	19-03-18	2.300,15	21-03-2018	2.301,33		
19-04-18	2.300,20	19-04-18	2.300,11	21-04-2018	2.301,37		
19-05-18	2.300,17	19-05-18	2.300,07	21-05-2018	2.301,51		
19-06-18	2.300,15	19-06-18	2.300,06	21-06-2018	2.301,63		

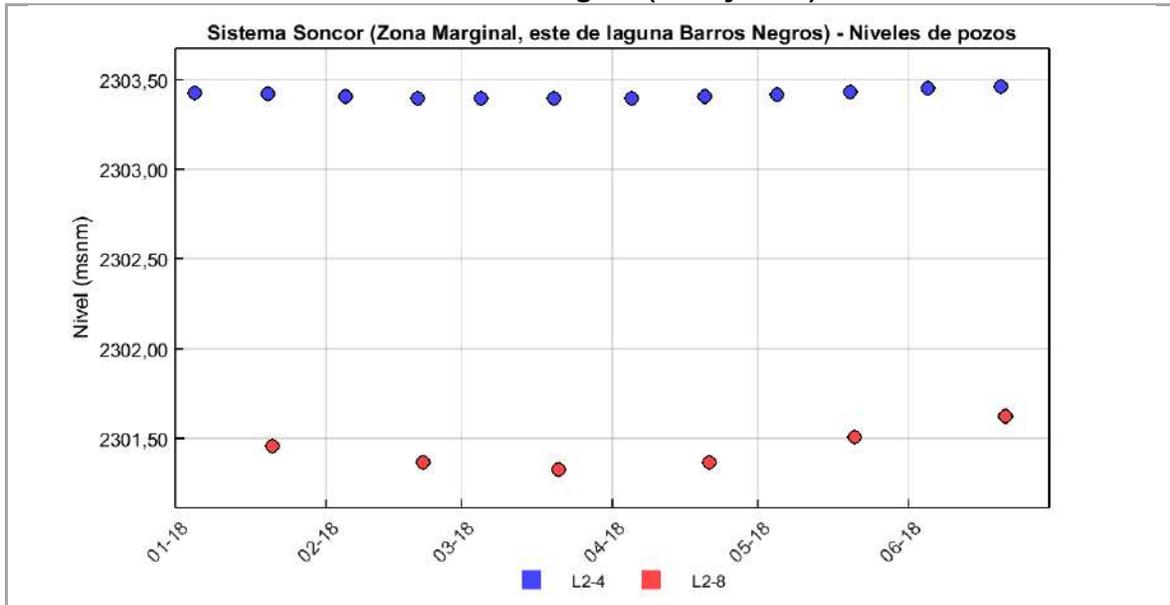
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-10: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor- Subsector Este Barros Negros (L2-4 y L2-8)



Fuente: Elaboración propia

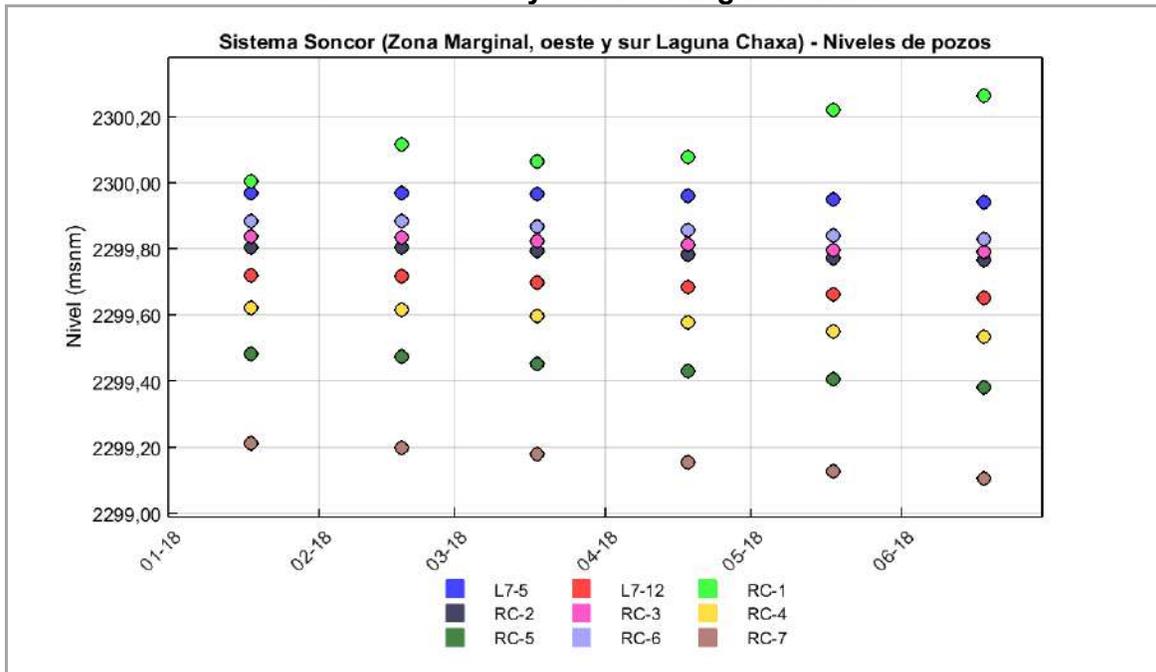
En la Tabla 5-10 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 9 pozos del subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa. Por su parte, la Figura 5-12 muestra la representación gráfica. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.299 y los 2.301 msnm. A diferencia del resto de los pozos, se aprecia un aumento de nivel por sobre los 20 cm en el pozo RC-1. Cabe señalar que el comportamiento de dicho pozo de control se asimila de mejor manera a la reglilla L7-G1, ubicada a 100 metros de distancia aproximadamente, la cual también experimenta un incremento de nivel en el periodo.

Tabla 5-10: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (WGS-84)

RC-1		RC-2		RC-3	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-2018	2.300,00	18-01-2018	2.299,80	18-01-2018	2.299,84
18-02-2018	2.300,11	18-02-2018	2.299,80	18-02-2018	2.299,83
18-03-2018	2.300,06	18-03-2018	2.299,79	18-03-2018	2.299,82
18-04-2018	2.300,08	18-04-2018	2.299,78	18-04-2018	2.299,81
18-05-2018	2.300,22	18-05-2018	2.299,77	18-05-2018	2.299,80
18-06-2018	2.300,26	18-06-2018	2.299,77	18-06-2018	2.299,79
RC-4		RC-5		RC-6	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-2018	2.299,62	18-01-2018	2.299,48	18-01-2018	2.299,88
18-02-2018	2.299,62	18-02-2018	2.299,48	18-02-2018	2.299,88
18-03-2018	2.299,60	18-03-2018	2.299,45	18-03-2018	2.299,87
18-04-2018	2.299,58	18-04-2018	2.299,43	18-04-2018	2.299,86
18-05-2018	2.299,55	18-05-2018	2.299,41	18-05-2018	2.299,84
18-06-2018	2.299,53	18-06-2018	2.299,38	18-06-2018	2.299,83
RC-7		L7-5		L7-12	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-2018	2.299,21	18-01-18	2.299,97	18-01-18	2.299,72
18-02-2018	2.299,20	18-02-18	2.299,97	18-02-18	2.299,72
18-03-2018	2.299,18	18-03-18	2.299,97	18-03-18	2.299,70
18-04-2018	2.299,16	18-04-18	2.299,96	18-04-18	2.299,68
18-05-2018	2.299,13	18-05-18	2.299,95	18-05-18	2.299,66
18-06-2018	2.299,11	18-06-18	2.299,94	18-06-18	2.299,65

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-11 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 22 pozos del subsector Descarga Cola de Pez. Este sector se subdivido en tres grupos y su representación gráfica se encuentra en la Figura 5-13, Figura 5-14, Figura 5-15.

Cabe señalar que la medición realizada por la SMA durante el mes de junio de 2018 al pozo L1-5 es coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.298 y los 2.300 msnm. Otro aspecto que considerar es el incremento en la frecuencia de monitoreo durante el mes de junio de 2018 en el punto L1-5, incremento efectuado por SQM ante la activación de Fase II en el sector.

Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Cola de Pez (WGS-84)

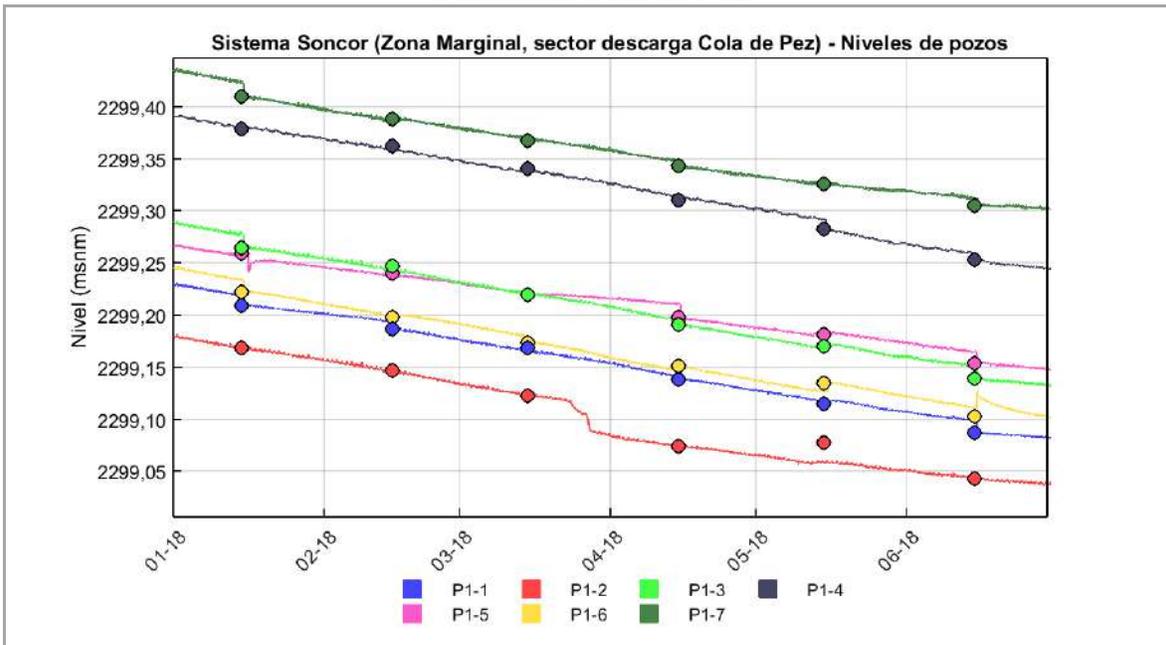
L1-5		L1-8		L1-11		L1-12	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-18	2.299,40	18-01-18	2.299,36	18-01-18	2.299,57	18-01-18	2.299,24
20-01-18	2.299,39	18-02-18	2.299,33	18-02-18	2.299,55	18-02-18	2.299,23
05-02-18	2.299,37	18-03-18	2.299,31	18-03-18	2.299,53	18-03-18	2.299,20
20-02-18	2.299,36	18-04-18	2.299,29	18-04-18	2.299,49	18-04-18	2.299,17
05-03-18	2.299,35	18-05-18	2.299,27	18-05-18	2.299,46	18-05-18	2.299,14
20-03-18	2.299,33	18-06-18	2.299,26	18-06-18	2.299,43	18-06-18	2.299,11
05-04-18	2.299,32						
20-04-18	2.299,30						

05-05-18	2.299,29						
20-05-18	2.299,28						
30-05-18	2.299,27						
05-06-18	2.299,26						
10-06-18	2.299,26						
15-06-18	2.299,26						
20-06-18	2.299,26						
25-06-18	2.299,25						
30-06-18	2.299,25						
L1-13		L1-14		GD-01		L2-11	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-01-18	2.299,57	18-01-2018	2.299,12	20-01-18	2.298,90	18-01-18	2.298,90
18-02-18	2.299,53	18-02-2018	2.299,10	20-02-18	2.298,86	18-02-18	2.298,87
18-03-18	2.299,49	19-03-2018	2.299,08	20-03-18	2.298,84	18-03-18	2.298,85
18-04-18	2.299,47	18-04-2018	2.299,05	20-04-18	2.298,81	18-04-18	2.298,82
18-05-18	2.299,45	18-05-2018	2.299,02	20-05-18	2.298,78	18-05-18	2.298,80
18-06-18	2.299,43	18-06-2018	2.299,00	20-06-18	2.298,76	18-06-18	2.298,78
L2-12		L2-13		L2-17		L2-18	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-01-18	2.298,89	18-01-18	2.298,86	18-01-18	2.298,96	18-01-18	2.299,03
18-02-18	2.298,87	18-02-18	2.298,83	18-02-18	2.298,94	18-02-18	2.299,01
18-03-18	2.298,84	18-03-18	2.298,81	18-03-18	2.298,91	18-03-18	2.298,99
18-04-18	2.298,81	18-04-18	2.298,78	18-04-18	2.298,88	18-04-18	2.298,97
18-05-18	2.298,78	18-05-18	2.298,75	18-05-18	2.298,86	18-05-18	2.298,94
18-06-18	2.298,76	18-06-18	2.298,74	18-06-18	2.298,84	18-06-18	2.298,92
L2-19		L2-22		L2-24		P1-1	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Fecha	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-18	2.298,90	18-01-18	2.299,05	15-01-18	2.299,37	15-01-18	2.299,21
18-02-18	2.298,88	18-02-18	2.299,03	15-02-18	2.299,35	15-02-18	2.299,19
19-03-18	2.298,86	18-03-18	2.299,01	15-03-18	2.299,34	15-03-18	2.299,17
18-04-18	2.298,83	18-04-18	2.298,99	15-04-18	2.299,32	15-04-18	2.299,14
18-05-18	2.298,81	18-05-18	2.298,96	15-05-18	2.299,31	15-05-18	2.299,12
18-06-18	2.298,78	18-06-18	2.298,94	15-06-18	2.299,31	15-06-18	2.299,09
P1-2		P1-3		P1-4		P1-5	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
15-01-18	2.299,17	15-01-18	2.299,27	15-01-18	2.299,38	15-01-18	2.299,26
15-02-18	2.299,15	15-02-18	2.299,25	15-02-18	2.299,36	15-02-18	2.299,24
15-03-18	2.299,12	15-03-18	2.299,22	15-03-18	2.299,34	15-03-18	2.299,22
15-04-18	2.299,07	15-04-18	2.299,19	15-04-18	2.299,31	15-04-18	2.299,20
15-05-18	2.299,08	15-05-18	2.299,17	15-05-18	2.299,28	15-05-18	2.299,18
15-06-18	2.299,04	15-06-18	2.299,14	15-06-18	2.299,25	15-06-18	2.299,15
P1-6		P1-7					

Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-01-18	2.299,22	15-01-18	2.299,41
15-02-18	2.299,20	15-02-18	2.299,39
15-03-18	2.299,17	15-03-18	2.299,37
15-04-18	2.299,15	15-04-18	2.299,34
15-05-18	2.299,14	15-05-18	2.299,33
15-06-18	2.299,10	15-06-18	2.299,31

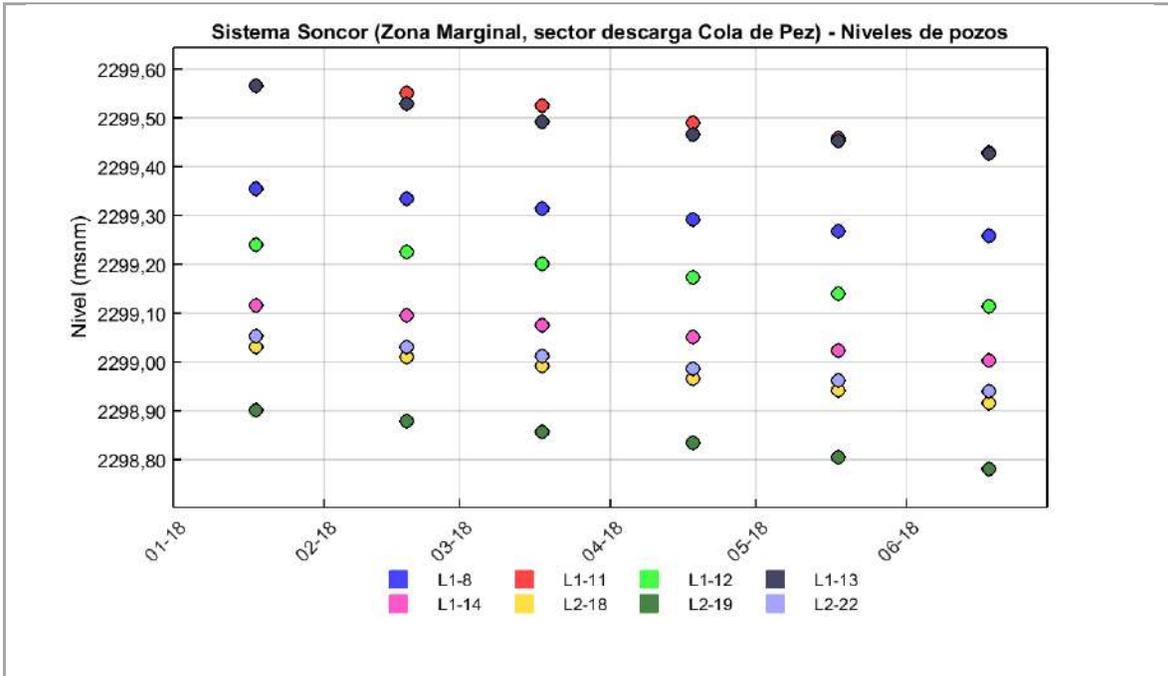
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-13: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez



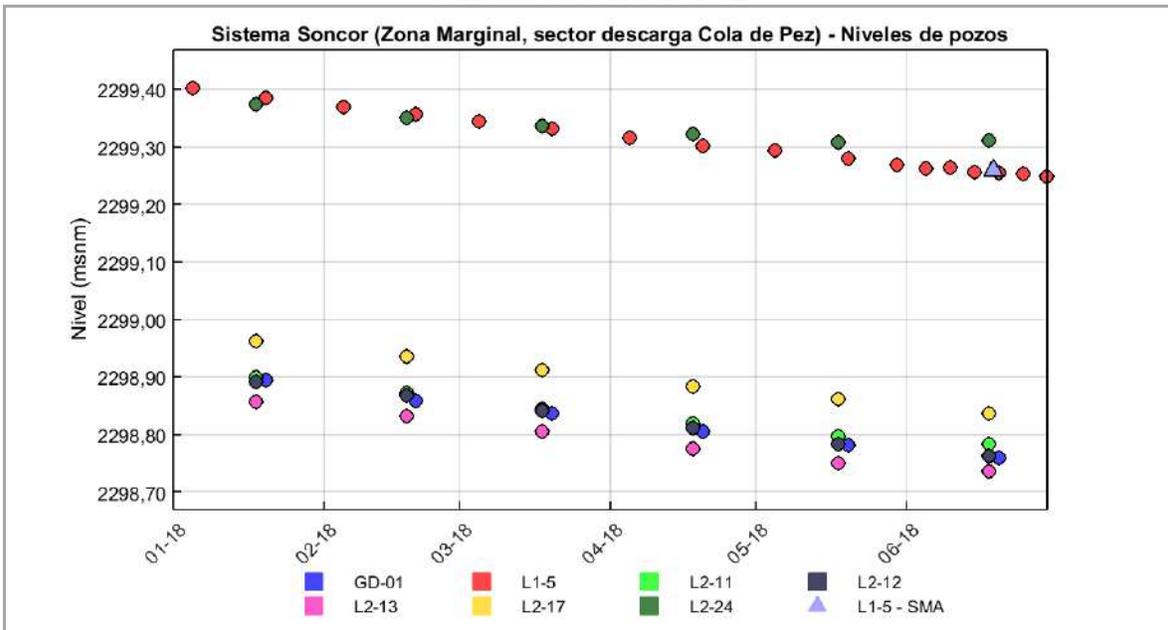
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-14: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-15: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-12 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 12 pozos del subsector Descarga Barros Negros Sur. Por su parte, la representación gráfica se presenta en la Figura 5-16 y Figura 5-17, donde se incluyen las mediciones continuas efectuadas. En términos generales los niveles en el sector oscilan entre los 2.299 y los 2.300 msnm, observándose un incremento en los niveles del sector a partir de los meses de marzo y abril de 2018.

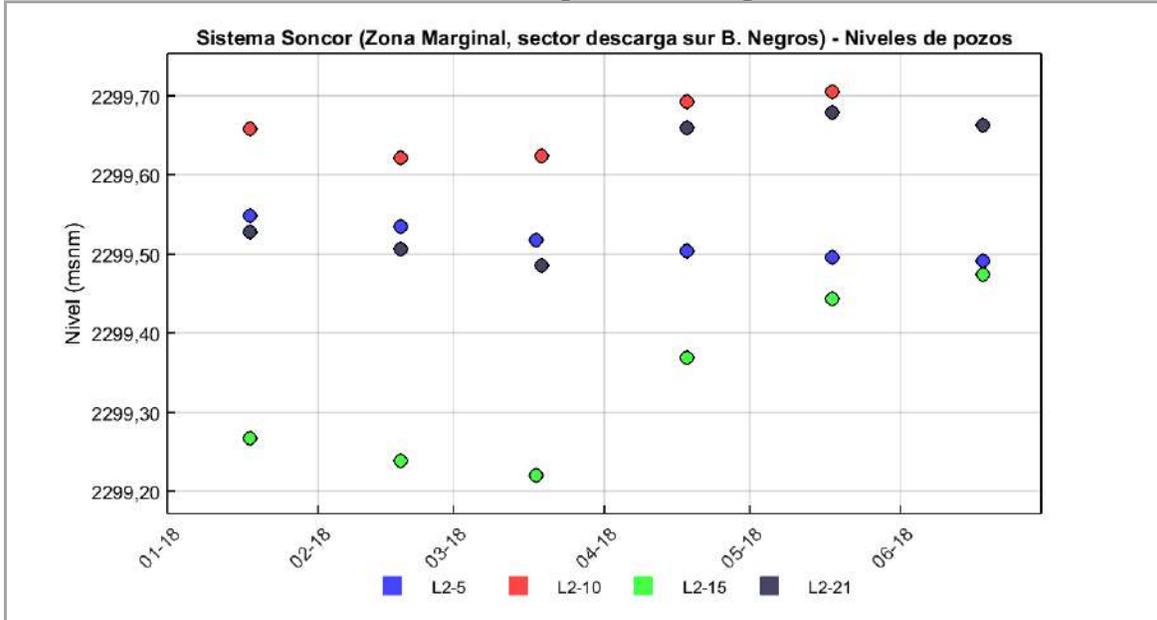
Tabla 5-12: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84)

L2-5		L2-9		L2-10		L2-21	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-18	2.299,55	15-01-18	2.299,00	18-01-18	2.299,66	18-01-18	2.299,53
18-02-18	2.299,54	15-02-18	2.298,97	18-02-18	2.299,62	18-02-18	2.299,51
18-03-18	2.299,52	15-03-18	2.298,94	19-03-18	2.299,62	18-03-18	2.299,49
18-04-18	2.299,50	15-04-18	2.298,95	18-04-18	2.299,69	18-04-18	2.299,66
18-05-18	2.299,50	15-05-18	2.298,98	18-05-18	2.299,71	18-05-18	2.299,68
18-06-18	2.299,49	15-06-18	2.298,98	18-06-18	2.299,66	18-06-18	2.299,66
L2-15		L2-16		L2-23		P2-1	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-18	2.299,27	15-01-18	2.299,42	15-01-18	S/I ²⁹	15-01-18	2.299,05
18-02-18	2.299,24	15-02-18	2.299,41	15-02-18	2.299,86	15-02-18	2.299,02
18-03-18	2.299,22	15-03-18	2.299,49	15-03-18	2.299,97	15-03-18	2.299,00
18-04-18	2.299,37	15-04-18	2.299,52	15-04-18	2.300,01	15-04-18	2.299,01
18-05-18	2.299,44	15-05-18	2.299,53	15-05-18	2.300,03	15-05-18	2.299,03
18-06-18	2.299,47	15-06-18	2.299,53	15-06-18	2.300,02	15-06-18	2.299,04
P2-2		P2-3		P2-4		P2-5	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-01-18	2.299,20	15-01-18	2.299,33	15-01-18	2.299,59	15-01-18	2.299,79
15-02-18	2.299,17	15-02-18	2.299,30	15-02-18	2.299,59	15-02-18	2.299,83
15-03-18	2.299,17	15-03-18	2.299,34	15-03-18	2.299,65	15-03-18	2.299,94
15-04-18	2.299,19	15-04-18	2.299,36	15-04-18	2.299,68	15-04-18	2.299,98
15-05-18	2.299,20	15-05-18	2.299,37	15-05-18	2.299,69	15-05-18	2.299,99
15-06-18	2.299,20	15-06-18	2.299,37	15-06-18	2.299,68	15-06-18	2.299,98

Fuente: Elaboración propia.

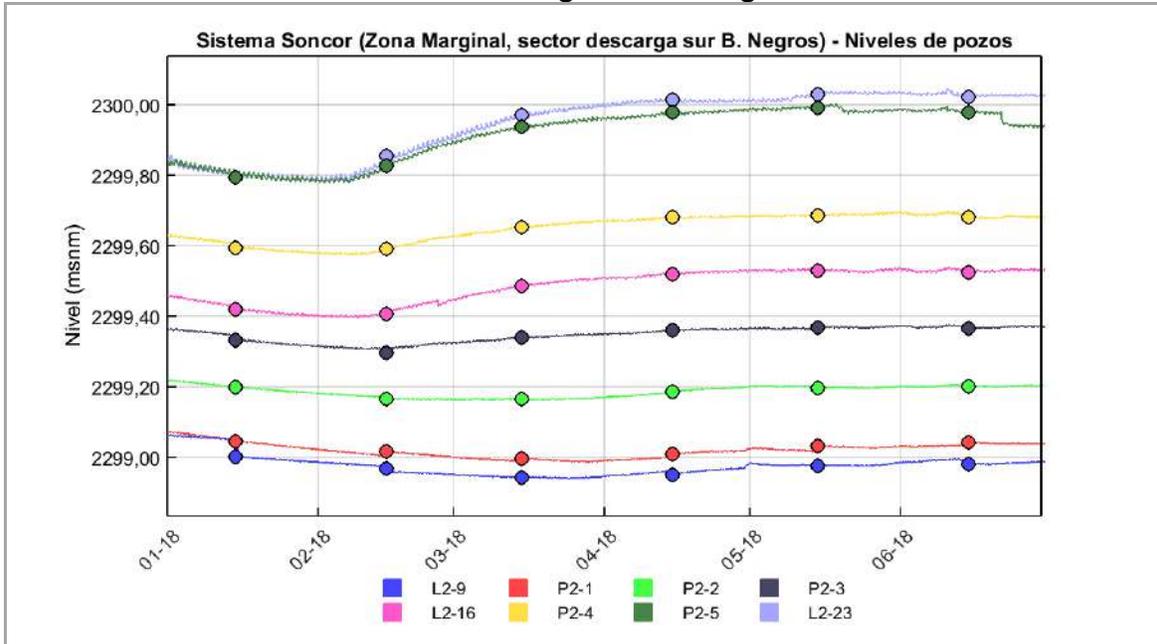
²⁹ En enero de 2018 no se realizó la medición debido a que el acceso estaba restringido por CONAF.

Figura 5-16: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-17: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur



Fuente: Elaboración propia.

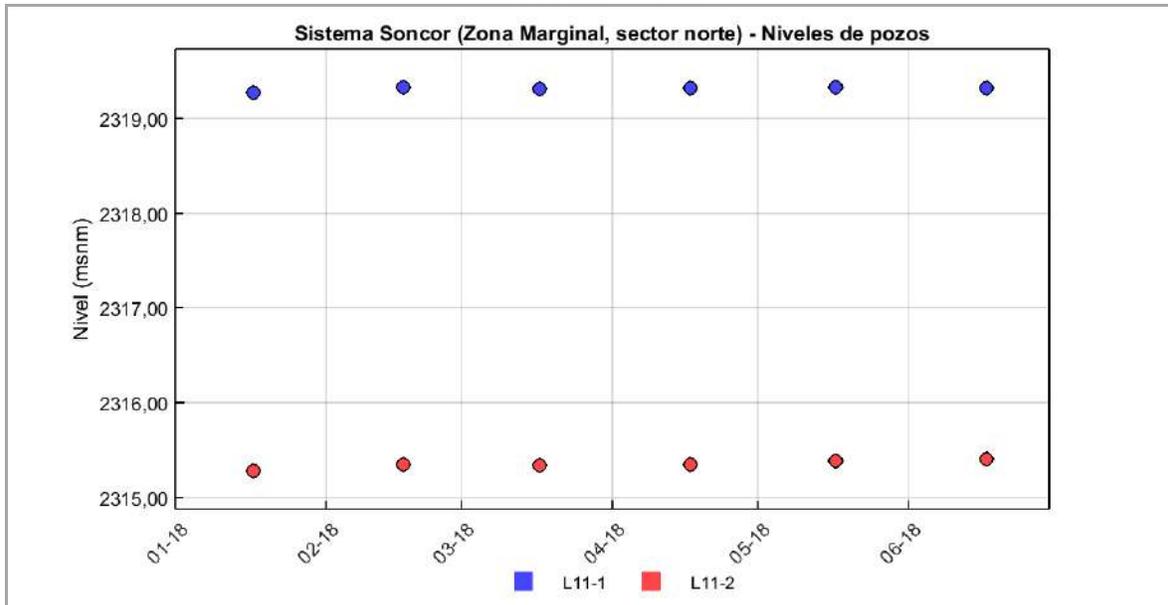
El último grupo del sector, correspondiente al Subsector Norte, se puede observar en la Figura 5-18 y las mediciones de nivel para el presente periodo se presentan en la Tabla 5-13. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.315 y los 2.320 msnm.

Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)

L11-1		L11-2	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
17-01-2018	2.319,27	17-01-2018	2.315,28
17-02-2018	2.319,33	17-02-2018	2.315,35
17-03-2018	2.319,31	17-03-2018	2.315,34
17-04-2018	2.319,32	17-04-2018	2.315,34
17-05-2018	2.319,32	17-05-2018	2.315,38
17-06-2018	2.319,32	17-06-2018	2.315,40

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-18: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.3 Pozos en zona Núcleo

En la Tabla 5-14 se presentan los resultados del monitoreo mensual efectuado durante el primer semestre del año 2018 en los 6 puntos de control de nivel ubicados en la zona núcleo del Sistema Soncor, cuya representación gráfica se expone en la Figura 5-19. Cabe señalar que las mediciones realizadas por la SMA a los pozos L2-14, SOPM-7 y SOPM-14, durante

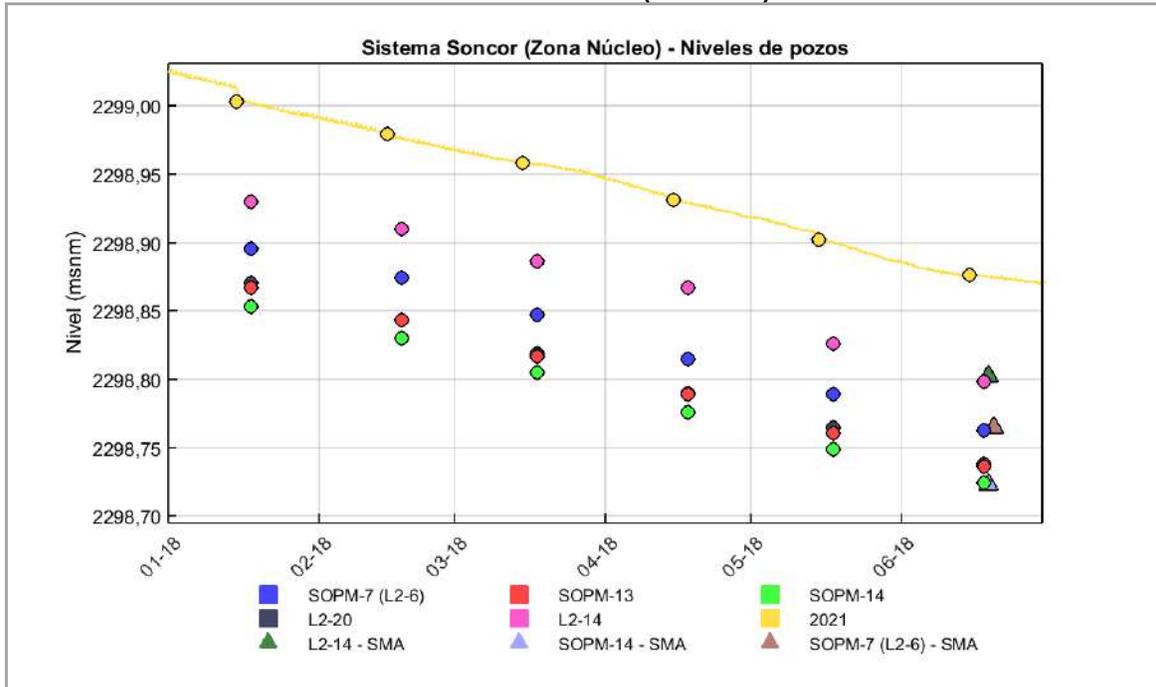
el mes de junio de 2018, son coherentes con los valores de las mediciones realizadas durante el período. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.298 y los 2.300 msnm.

Tabla 5-14: Registro de Niveles para los pozos de Salmuera para el primer semestre de 2018 (WGS-84).

SOPM-07 (L2-6)		SOPM-13		SOPM-14		L2-14	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-2018	2.298,90	18-01-2018	2298,87	18-01-2018	2.298,85	18-01-2018	2.298,93
18-02-2018	2.298,87	18-02-2018	2298,84	18-02-2018	2.298,83	18-02-2018	2.298,91
18-03-2018	2.298,85	18-03-2018	2298,82	18-03-2018	2.298,81	18-03-2018	2.298,89
18-04-2018	2.298,82	18-04-2018	2298,79	18-04-2018	2.298,78	18-04-2018	2.298,87
18-05-2018	2.298,79	18-05-2018	2298,76	18-05-2018	2.298,75	18-05-2018	2.298,83
18-06-2018	2.298,76	18-06-2018	2298,74	18-06-2018	2.298,72	18-06-2018	2.298,80
L2-20		2021					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
18-01-2018	2.298,87	15-01-2018	2.299,00				
18-02-2018	2.298,84	15-02-2018	2.298,98				
18-03-2018	2.298,82	15-03-2018	2.298,96				
18-04-2018	2.298,79	15-04-2018	2.298,93				
18-05-2018	2.298,77	15-05-2018	2.298,90				
18-06-2018	2.298,74	15-06-2018	2.298,88				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-19: Nivel observado (m.s.n.m.) para los pozos de Salmuera para el primer semestre de 2018 (WGS-84).



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.4 Nivel de agua superficial

En este apartado se presentan los niveles de agua superficial medidos en 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), Puente de San Luis (ubicada aguas arriba del puente homónimo), Burro Muerto (ubicada aguas abajo del puente San Luis) y L11-G1 (ubicada en el sector norte del Salar).

La Tabla 5-15 muestra los resultados de las mediciones manuales efectuadas durante el primer semestre de 2018 en las 6 reglillas monitoreadas³⁰. Cabe señalar que se dispone de registros de acuerdo con la frecuencia establecida en todos ellos.

Tabla 5-15: Registro de Niveles en Reglillas para el primer semestre de 2018 (WGS-84).

L1-G4		L7-G1		L7-G2		L11-G1	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-2018	2.299,40	18-01-2018	2.300,10	19-01-2018	2.301,19	17-01-2018	2.314,98
20-01-2018	2.299,38	18-02-2018	2.300,25	17-02-2018	2.301,19	17-02-2018	2.315,16
05-02-2018	2.299,37	18-03-2018	2.300,21	17-03-2018	2.301,19	17-03-2018	2.315,16

³⁰ En tabla se presentan los resultados de las mediciones de nivel expresadas en metros sobre el nivel del mar. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente en cada reglilla.

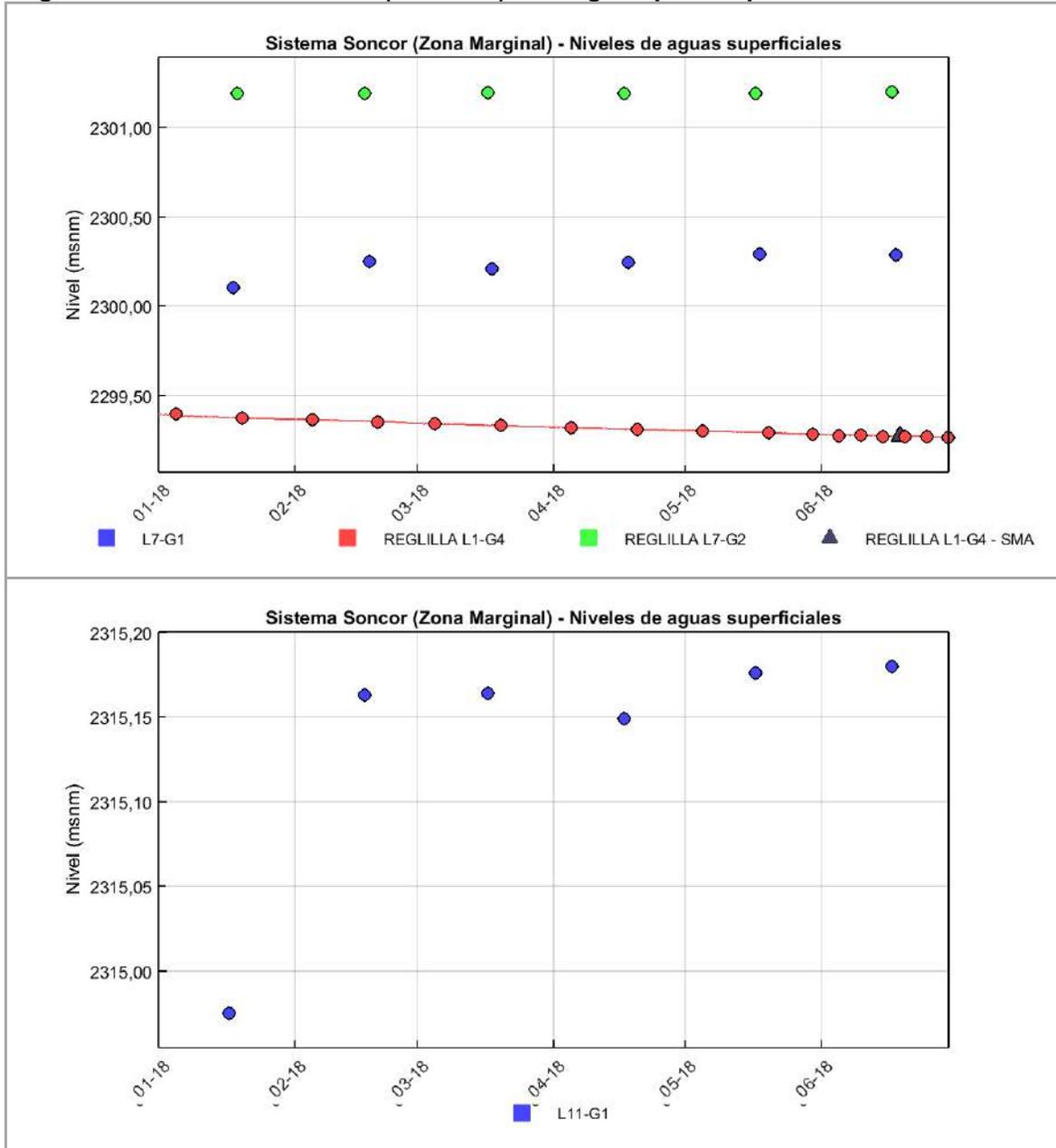
20-02-2018	2.299,35	18-04-2018	2.300,25	17-04-2018	2.301,19	17-04-2018	2.315,15
05-03-2018	2.299,34	18-05-2018	2.300,29	17-05-2018	2.301,19	17-05-2018	2.315,18
20-03-2018	2.299,33	18-06-2018	2.300,29	17-06-2018	2.301,20	17-06-2018	2.315,18
05-04-2018	2.299,32						
20-04-2018	2.299,31						
05-05-2018	2.299,30						
20-05-2018	2.299,29						
30-05-2018	2.299,28						
05-06-2018	2.299,28						
10-06-2018	2.299,28						
15-06-2018	2.299,27						
20-06-2018	2.299,27						
25-06-2018	2.299,27						
30-06-2018	2.299,27						

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-20 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados tanto en forma manual, como continua, entre enero y junio de 2018, adicionando las mediciones obtenidas por la SMA el 19 de junio 2018. Como se observa la medición realizada por la SMA en la reglilla L1-G4 es coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período.

Para una correcta apreciación, los resultados han sido diferenciados en 2 grupos, el primero de ellos contiene el registro de niveles de las reglillas L1-G4, L7-G1, L7-G2, Puente de San Luis y Burro Muerto, con niveles entre 2299,3 y 2301,3 msnm, y el segundo representativo de la reglilla L11-G1, la que presenta niveles cerca de 15 metros por sobre el resto de los puntos de control (reglilla ubicada cerca de 20 km aguas arriba del punto L7-G1, en las nacientes del Canal Burro Muerto). Cabe señalar que la agrupación de los niveles medidos sólo responde a una expresión visual de los resultados y no al comportamiento hidrogeológico de los sistemas que estos representan, por lo que los resultados deben ser analizados en forma independiente y no comparados entre sí.

Figura 5-20: Nivel observado (m.s.n.m.) en Reglilla para el primer semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.5 Nivel sector de aforo Puente San Luis

En la Tabla 5-16 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el primer semestre del año 2018 en las reglillas existentes en el sector de aforo del Puente San Luis (ver Figura 4-7). Los resultados gráficos de nivel se observan en la Figura 5-21. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.301

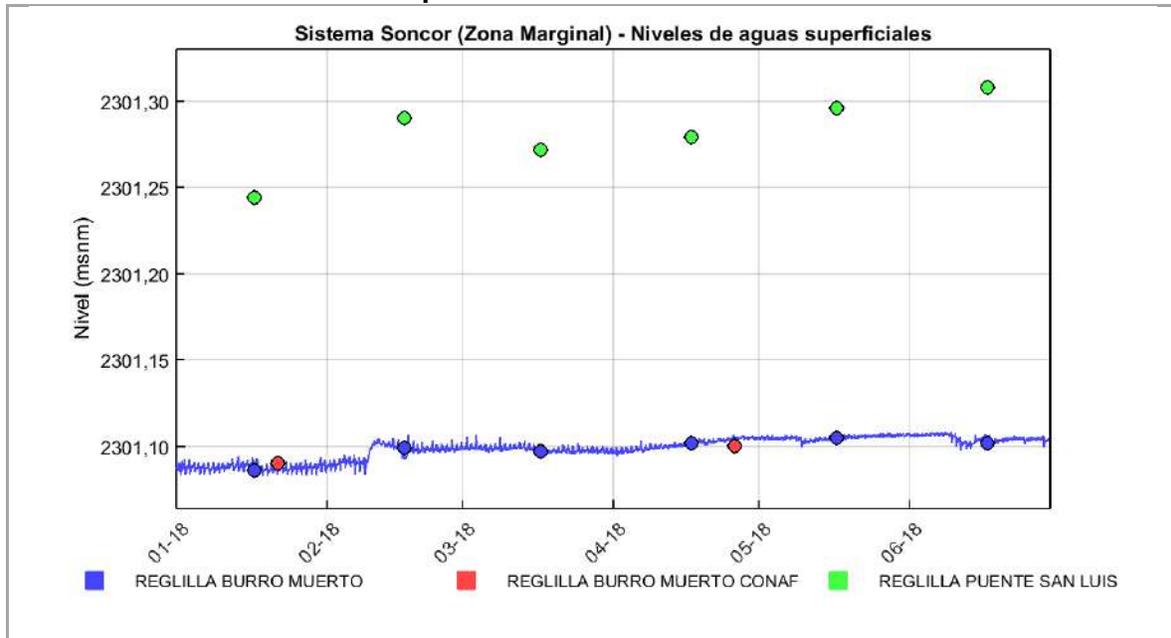
y los 2.302 msnm. Cabe señalar que para el caso de Burro Muerto se presentan las mediciones efectuadas en reglillas instaladas por Conaf.

Tabla 5-16: Registro de Niveles sector de aforo Puentes San Luis para el primer semestre de 2018 (WGS-84)

Puentes San Luis		Burro Muerto	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
17-01-2018	2.301,24	17-01-2018	2.301,09
17-02-2018	2.301,29	17-02-2018	2.301,10
17-03-2018	2.301,27	17-03-2018	2.301,10
17-04-2018	2.301,28	17-04-2018	2.301,10
17-05-2018	2.301,30	17-05-2018	2.301,11
17-06-2018	2.301,31	17-06-2018	2.301,10

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-21: Nivel observado (m.s.n.m) sector de aforo Puentes San Luis para el primer semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.6 Nivel lacustre

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

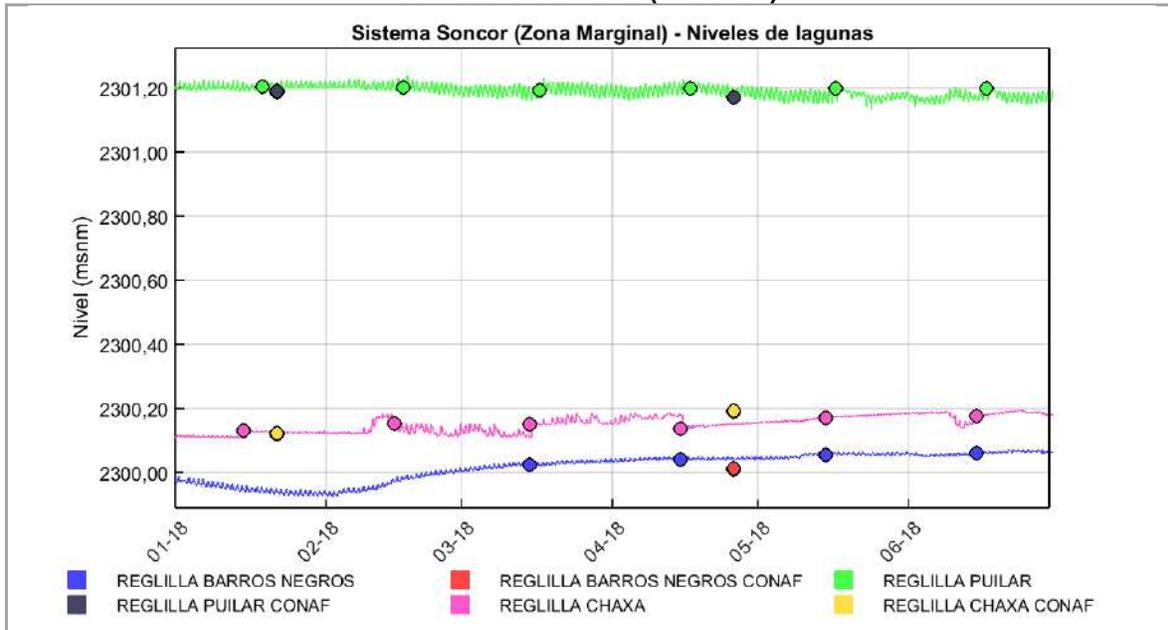
- Mediciones continuas en las reglillas de SQM (requerimiento RCA)
- Mediciones manuales en las reglillas de SQM (complementario)

- Mediciones manuales en las reglillas de CONAF (complementario)

En la Figura 5-22 se presentan los registros continuos y manuales efectuados por SQM durante el primer semestre de 2018 en los tres sistemas lacustres monitoreados en el Sistema Soncor, a saber: Chaxa, Barros Negros y Puilar. Además, se presentan las mediciones trimestrales que realizó CONAF en el marco del convenio específico CONAF – SQM Salar S.A., vigente para el periodo 2014-2019, relativo al “Plan de Monitoreo Ambiental Hábitat y Avifauna del Salar de Atacama”.

En la Tabla 5-17 se presentan los niveles medidos mensualmente por SQM en las lagunas Barros Negros, Puilar y Chaxa. Cabe señalar que en el mes de enero y febrero no fue posible efectuar el monitoreo manual en las lagunas de Barros Negros debido a acceso restringido por CONAF por procesos de nidificación de flamencos. Los niveles en los sistemas lagunares oscilan entre los 2.300 y los 2.302 msnm

Figura 5-22: Nivel observado (m.s.n.m.) para el nivel lacustre durante el primer semestre de 2018 (WGS-84).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-17: Registro de Niveles para el nivel lacustre durante el primer semestre de 2018 (WGS-84).

BARROS NEGROS		PUILAR		CHAXAS	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-01-2018	S// ³¹	19-01-2018	2.301,20	15-01-2018	2.300,13
15-02-2018	S// ²⁰	17-02-2018	2.301,20	15-02-2018	2.300,15
15-03-2018	2.300,03	17-03-2018	2.301,19	15-03-2018	2.300,15
15-04-2018	2.300,04	17-04-2018	2.301,20	15-04-2018	2.300,14
15-05-2018	2.300,06	17-05-2018	2.301,20	15-05-2018	2.300,17
15-06-2018	2.300,06	17-06-2018	2.301,20	15-06-2018	2.300,18

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Meteorología

En la Tabla 5-18 se presentan las variables registradas en la estación meteorológica Chaxa que forman parte del PSAH, esto es: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, a nivel diario, para el período comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2018.

Se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas en la estación Chaxa en el período de control. Respecto a la precipitación, el máximo fue de 4,8 mm/día registrado el 09-02-2018. La evaporación presentó una tasa potencial promedio de 7,69 mm/día con un máximo de 12,60 mm/día registrada el 02-01-2018. Por su parte, la velocidad del viento presentó un promedio de 2,71 m/s, con máximos y mínimos entre 1,26 y 5,78 m/s. Finalmente, la temperatura presenta un rango que va desde los 6,63°C registrados el día 23-05-2018 hasta los 22,31°C ocurridos el día 29-01-2018. Los resultados gráficos de dichas series se exponen en la Figura 5-23.

Tabla 5-18: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el primer semestre de 2018.

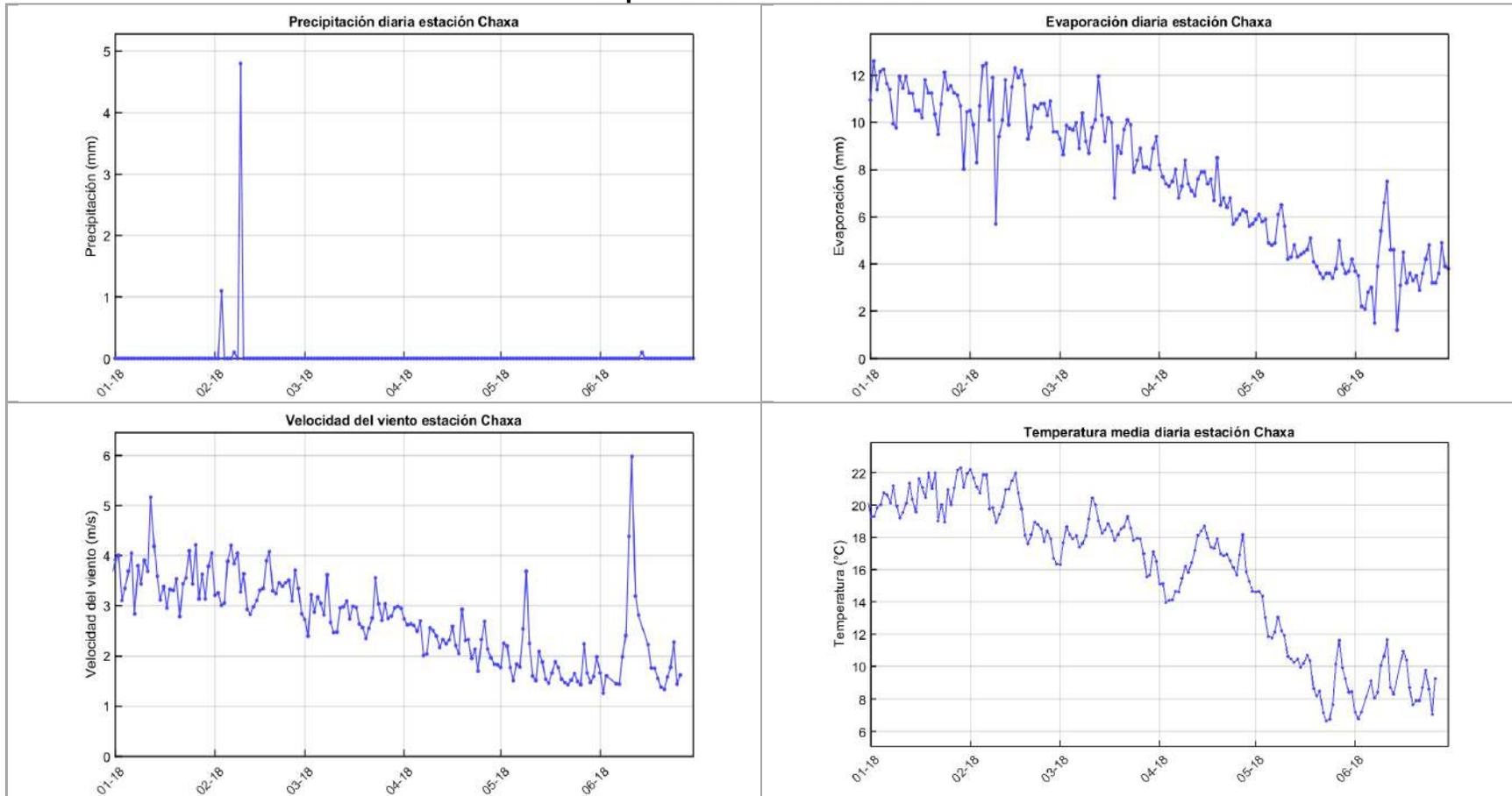
Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación	mm/día	0,0	4,8	0,03	0,366
Evaporación	mm/día	1,20	12,60	7,69	3,02
Velocidad del viento	m/s	1,26	5,78	2,71	0,85
Temperatura media diaria	°C	6,63	22,31	15,90	4,595

Fuente: Elaboración propia.

Para más información sobre las series de datos meteorológicos de la estación Chaxa, ver Anexo 10, donde se presentan en forma tabulada los registros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel medio diario para el período semestral.

³¹ No se obtuvo medición para el mes de enero y febrero 2018, debido a acceso restringido por parte de CONAF.

Figura 5-23: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el primer semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3 Caudal bombeado

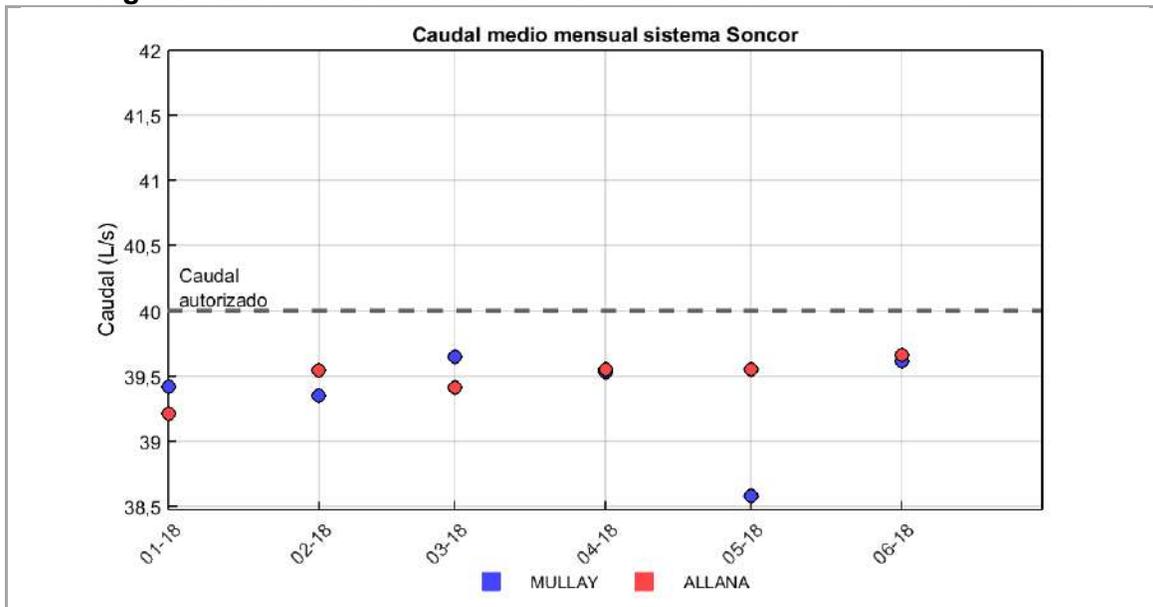
Los pozos de extracción ubicados en el Sistema Soncor corresponden a los denominados Mullay-1 y Allana. A continuación, en la Tabla 5-19 se presentan los caudales de extracción registrados en cada uno de ellos, como flujo medio mensual durante el período enero a junio de 2018. Por su parte, en la Figura 5-24 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, el cual alcanza los 40 L/s.

Tabla 5-19: Caudal medio mensual bombeado Sistema Soncor para el primer semestre de 2018.

Mullay -1		Allana	
Mes	Caudal medio mensual (L/s)	Mes	Caudal medio mensual (L/s)
ene-18	39,42	ene-18	39,21
feb-18	39,35	feb-18	39,54
mar-18	39,65	mar-18	39,41
abr-18	39,53	abr-18	39,55
may-18	38,58	may-18	39,55
jun-18	39,61	jun-18	39,66

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-24: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Soncor.



Fuente: Elaboración propia.

En Anexo 5 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados en los pozos de extracción.

5.2.1.4 Calidad química

Se presentan los resultados de las mediciones y análisis físico-químicos efectuados sobre todos los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Soncor

durante el primer semestre del año 2018. 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 sector Vegetación Borde Este, para efectos de orden, los resultados se presentan en esta sección.

En la Figura 4-6 y en la Tabla 4-1 de la Sección 4 del presente informe, se indican los puntos de monitoreo del sistema Soncor, clasificados de acuerdo a sus coordenadas, tipo de punto de control, variable ambiental y parámetros de monitoreo, además de la frecuencia establecida.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad físico-química de los distintos 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 del análisis químico de cuerpos lacustres monitoreados, actualmente parte de los análisis requeridos son efectuados por SGS Chile Ltda. (coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, hidrocarburos totales y detergentes en las lagunas de Chaxa y Barros Negros), mientras que CONAF, como parte del convenio de monitoreo que posee actualmente con SQM, mide el resto de los parámetros comprometidos en los cuatro puntos de control de cuerpos de agua del Sistema Soncor.

En el Anexo 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre³². En el Anexo 6 se muestran el certificado de acreditación de SGS Chile Ltda. como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

5.2.1.4.1 Muestreo de aguas de responsabilidad de SQM (ETFA)

A continuación, en la Tabla 5-20 se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio SGS Chile Ltda., a los pozos de monitoreo en el primer semestre del año 2018 (los resultados obtenidos en los pozos de extracción y en cuerpos lacustres se presentan en forma diferenciada). La representación gráfica de los resultados se presenta en la Figura 5-25 para la campaña del mes de enero y en la Figura 5-26 para la campaña efectuada en abril. Como se observa durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

³² Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Tabla 5-20: Resultados calidad del agua Sistema Soncor primer semestre de 2018.

Parámetro	Unidad	L1-4		L1-5		L1-6		L1-G4		L2-3		L2-4	
		25-01-18	25-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	26-04-18	25-01-18	26-04-18
Conductividad	uS/cm	231.000	244000	187.500	195.900	193.400	203.000	208.600	214.000	2.970	3.440	10.120	10.440
Conductividad Terreno	uS/cm	229.000	233000	184.600	188.400	187.300	192.100	203.000	209.000	3.090	3.620	10.250	10.320
Densidad	g/ml	1,22	1,22	1,14	1,13	1,23	1,14	1,17	1,16	1,00	1,00	1,04	1,02
Densidad Terreno	g/ml	1,22	1,22	1,14	1,14	1,15	1,14	1,17	1,17	1,00	1,00	1,01	1,09
pH	-	7,30	7,30	7,50	7,40	7,50	7,30	7,30	7,28	7,90	7,30	7,90	7,60
pH Terreno	-	7,29	7,40	7,54	7,54	7,45	7,53	7,25	7,32	7,51	7,31	8,02	7,71
Solidos Disueltos Totales	mg/L	339.550	333.720	173.860	190.900	189.890	197.960	207.710	246.298	2.556	2.998	4.516	7.145
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	697	191	423	76	308	190	2.248	5.685	14	14	5.917	45.870
Solidos Totales	mg/L	392.750	350640	194.630	194.960	236.270	201.590	285.700	260.200	2.760	3.105	11.730	52.895
Temperatura Terreno	°C	26,8	25,2	21,3	21,2	26,7	23,3	24,5	23,2	26,3	25,1	23,7	21,5
Parámetro	Unidad	L2-5		L7-3		L7-G1		SOPM-14		SOPM-7(L2-6)			
		25-01-18	25-04-18	25-01-18	26-04-18	25-01-18	27-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	25-04-18
Conductividad	uS/cm	209.700	215.600	3.780	2.166	218.100	126.800	236.000	245.000	232.000	241.000		
Conductividad Terreno	uS/cm	207.000	207.000	3.220	2.500	215.000	128.000	232.000	233.000	229.000	231.000		
Densidad	g/ml	1,19	1,16	1,04	1,00	1,22	1,07	1,23	1,21	1,22	1,22		
Densidad Terreno	g/ml	1,17	1,16	1,01	1,03	1,20	1,08	1,21	1,22	1,22	1,22		
pH	-	7,50	7,40	8,10	8,00	7,10	7,70	7,30	7,10	7,20	7,00		
pH Terreno	-	7,44	7,55	8,03	8,14	7,08	7,93	7,25	7,33	7,14	7,28		
Solidos Disueltos Totales	mg/L	201.380	241.780	1.201	1.602	196.365	123.040	224.170	293.540	224.995	305.000		
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	468	144	1.912	461	1.460	84	101	117	151	143		
Solidos Totales	mg/L	282.040	263.010	3.700	2.007	202.730	125.880	227.165	300.940	228.995	308.040		
Temperatura Terreno	°C	24,2	22,3	20,4	18,6	24,0	12,2	25,2	23,5	25,9	23,9		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-25: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña enero 2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-26: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña abril 2018



Fuente: Elaboración propia.

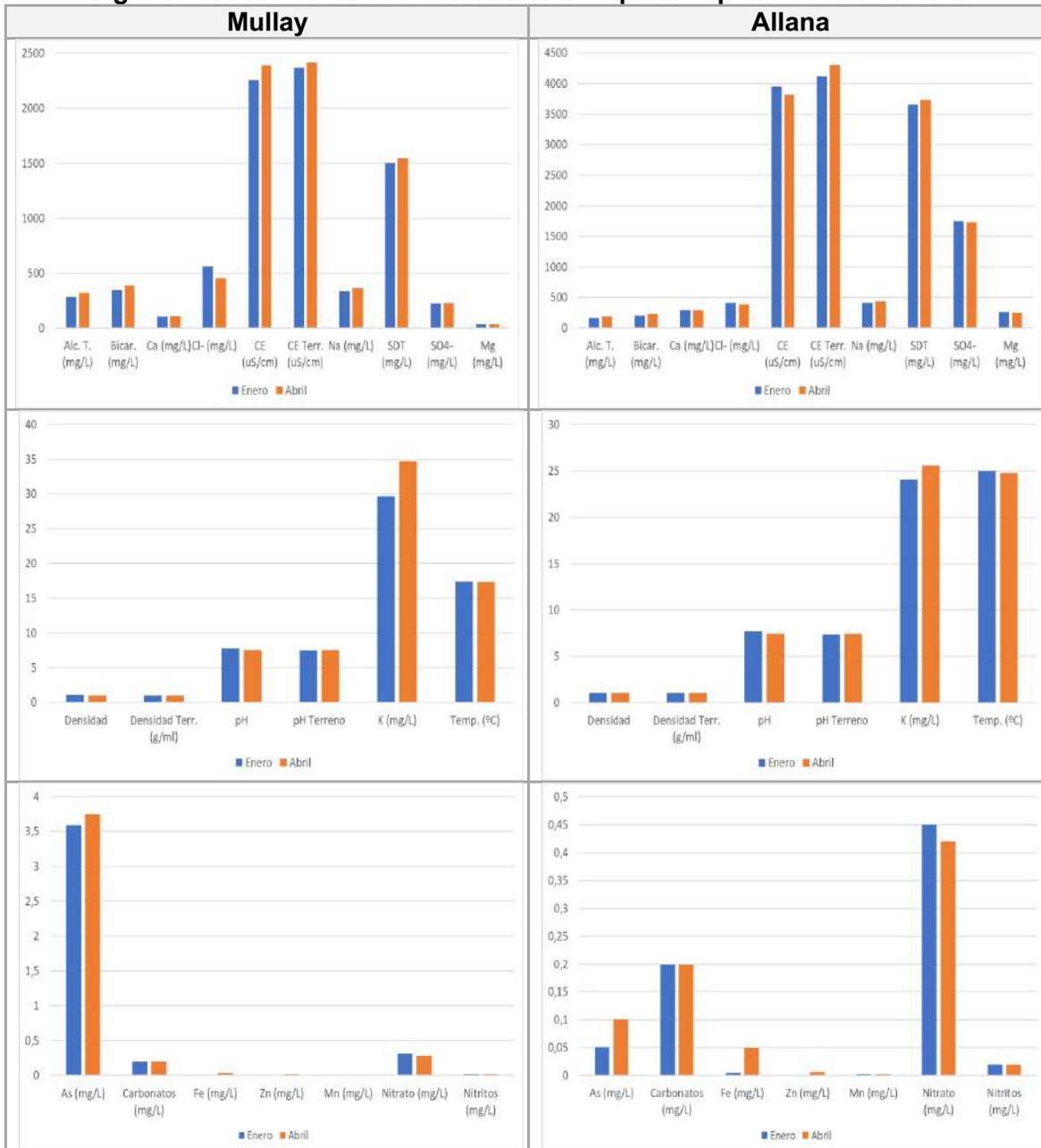
A continuación, en la Tabla 5-21 se presentan los resultados obtenidos del monitoreo trimestral de calidad efectuado por SGS Chile Ltda. a los pozos de bombeo Mullay y Allana durante el primer semestre del 2018. Los resultados gráficos de cada pozo se muestran en la Figura 5-27.

Tabla 5-21: Resultados calidad pozos de extracción para el primer semestre de 2018.

Parámetro	Unidad	Mullay		Allana	
		25-01-18	26-04-18	25-01-18	26-04-18
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mgCaCO ₃ /L	285,500	319,100	166,900	189,800
Arsénico	mg/L	3,590	3,750	0,051	0,100
Bicarbonatos	mg/L	348,000	389,000	203,500	231,300
Calcio	mg/L	105,230	109,910	285,650	285,550
Carbonatos	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cloruro	mg/L	561,000	455,000	410,000	385,000
Conductividad	uS/cm	2.260,000	2.390,000	3.950,000	3.820,000
Conductividad Terreno	uS/cm	2.370,000	2.420,000	4.120,000	4.310,000
Densidad	g/ml	1,010	1,000	1,000	1,000
Densidad Terreno	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro	mg/L	0,012	0,037	0,005	0,050
Magnesio	mg/L	36,300	34,200	267,580	258,300
Manganeso	mg/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,320	0,280	0,450	0,420
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
pH	-	7,70	7,50	7,70	7,40
pH Terreno	-	7,46	7,48	7,34	7,40
Potasio	mg/L	29,690	34,770	24,090	25,600
Sodio	mg/L	336,310	366,860	415,750	437,770
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.502,000	1.548,000	3.662,000	3.726,000
Sulfato	mg/L	226,000	229,000	1.750,000	1.735,000
Temperatura Terreno	°C	17,400	17,300	25,000	24,800
Zinc	mg/L	0,002	0,016	0,001	0,006

Fuente: Elaboración propia.

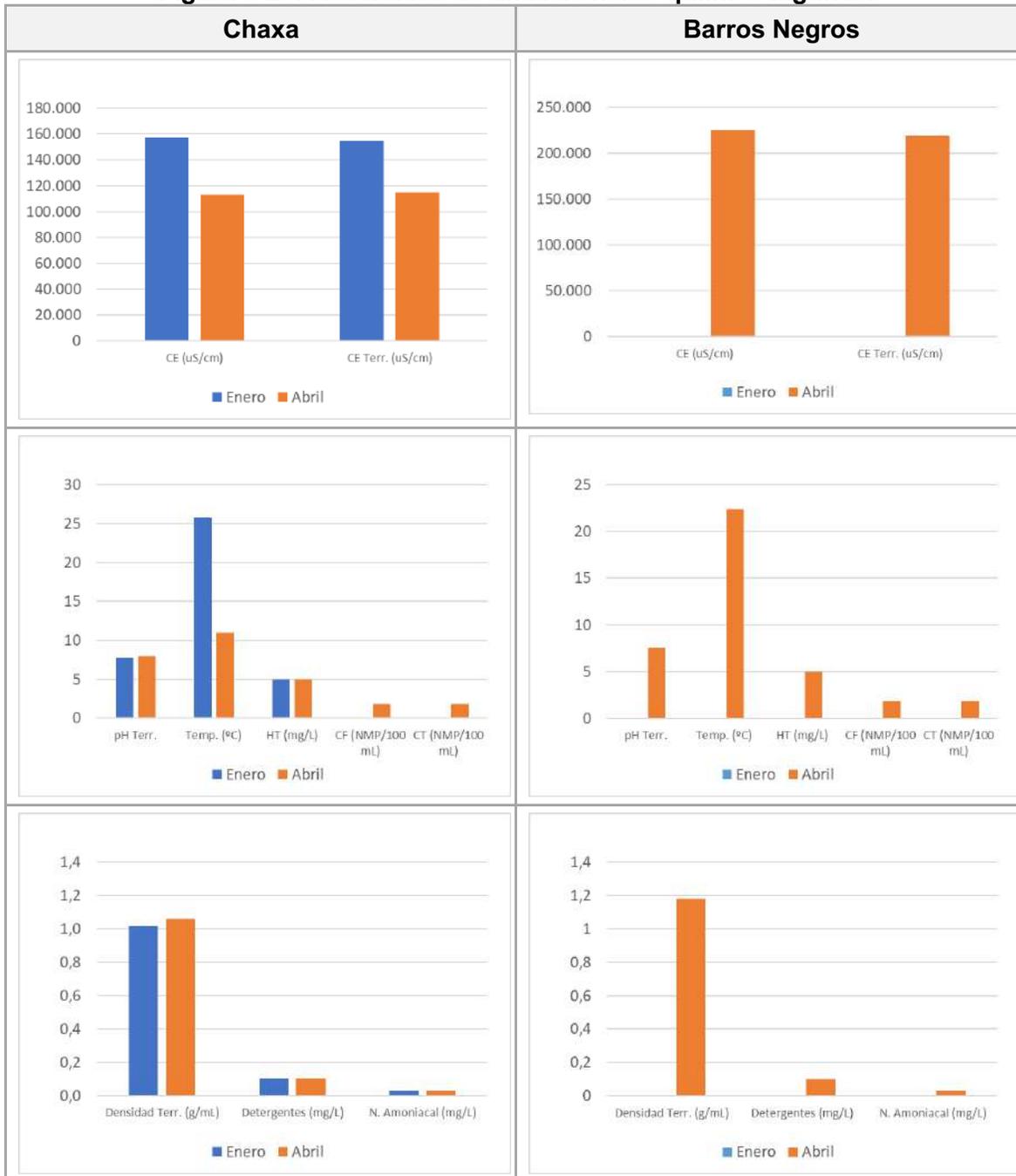
Figura 5-27: Resultados de análisis físico-químico pozos de extracción



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-22 se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de calidad efectuado por SGS Chile Ltda. en los sistemas lacustres de Chaxa y Barros Negros durante el primer semestre del 2018. Los resultados gráficos para ambos puntos se muestran, en forma segregada por grupo de parámetros, en la Figura 5-28. Cabe señalar que para el caso de laguna Barros Negros, no fue posible realizar el monitoreo durante el mes de enero debido a restricción de acceso por parte de CONAF, dado que en esa fecha se registra actividad reproductiva en el área.

Figura 5-28: Resultados de análisis físico-químico lagunas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-22: Resultados calidad lagunas para el primer semestre de 2018.

Parámetro	Unidad	Chaxa		Barros Negros	
		26-01-18	27-04-18	26-01-18 ³³	27-04-18
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,8	<1,8	-	<1,8
Coliformes Totales	NMP/100 mL	<1,8	<1,8	-	<1,8
Conductividad	uS/cm	157.000	113.000	-	225.000
Conductividad Terreno	uS/cm	154.800	114.900	-	219.000
Densidad Terreno	g/ml	1,02	1,06	-	1,18
Detergentes	mg/L	<0,1	<0,1	-	<0,1
Hidrocarburos Totales	mg/L	<5	<5	-	<5
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,03	<0,03	-	<0,03
pH Terreno		7,72	7,96	-	7,53
Temperatura Terreno	°C	25,8	11,0	-	22,4

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4.2 Muestreo de agua realizado por CONAF

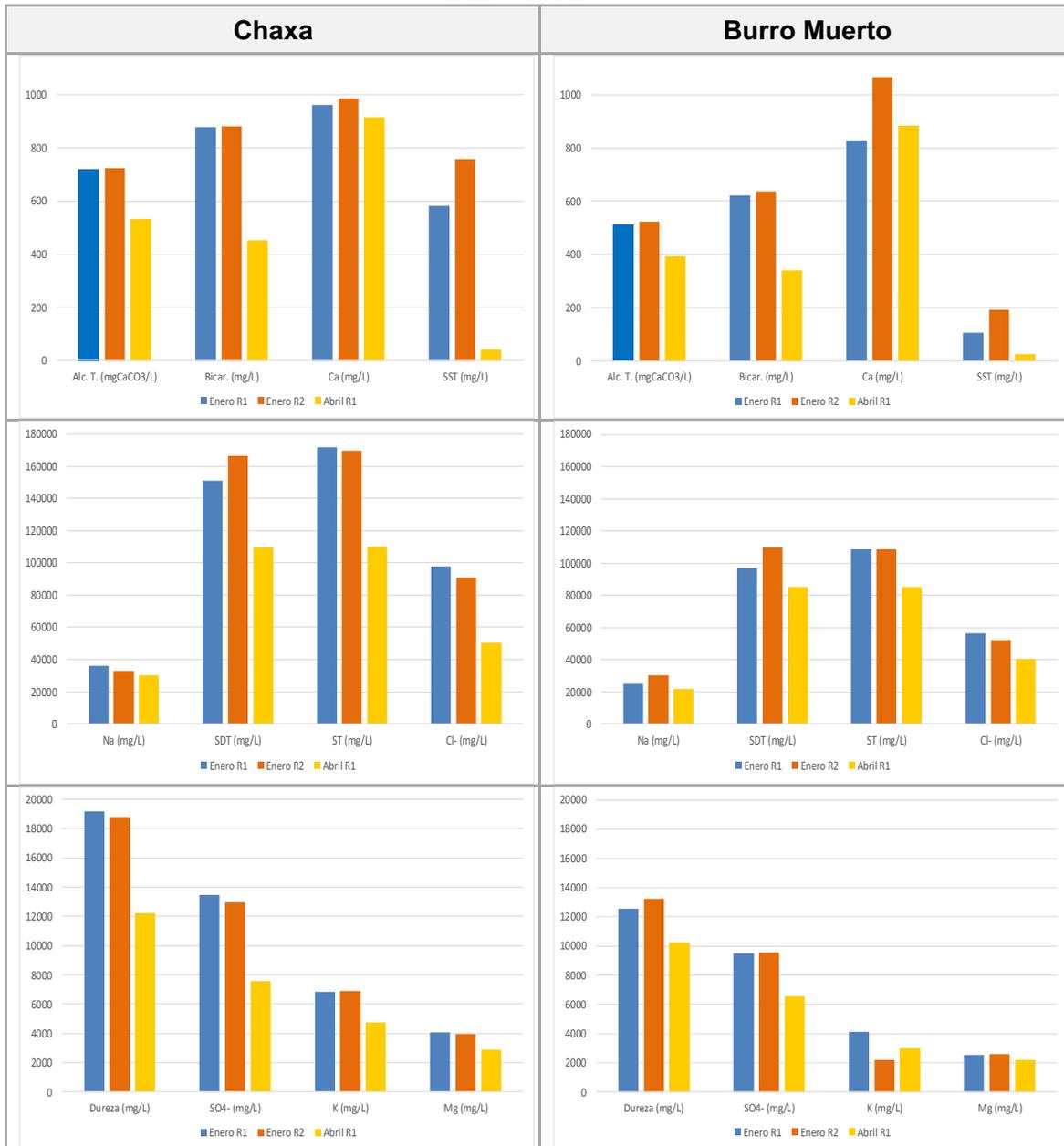
En la presente sección se entregan los resultados de los análisis físico-químicos de muestras de agua tomadas en terreno por CONAF, en los puntos de control lacustre de Chaxa, Barros Negros, Burro Muerto y Puilar. Durante el primer semestre de 2018 se analizaron duplicados en Chaxa, Burro Muerto y Puilar (enero), y en abril no se realizaron duplicados, debido a cambio en el laboratorio a cargo de las mediciones por parte de CONAF.

En la Figura 5-29 se presentan las concentraciones de los distintos parámetros obtenidas en enero y abril para los sistemas lacustres de Chaxa y Burro Muerto. Lo propio se reporta en a Figura 5-30 para los sistemas de Barros Negros y Puilar. Por su parte, en la Tabla 5-23 se detallan los resultados numéricos del seguimiento ambiental efectuado por CONAF en los cuatro sistemas.

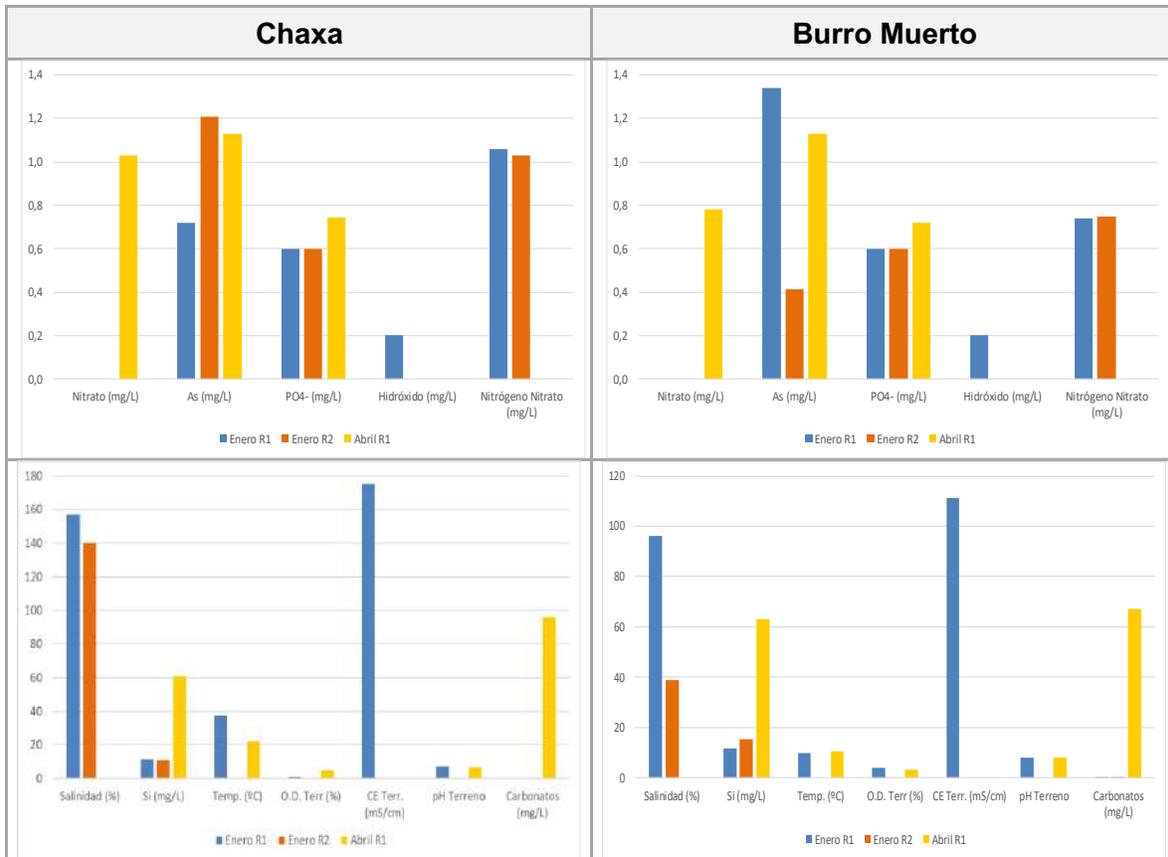
Cabe señalar que los resultados de los análisis realizados en comparación con sus respectivas muestras duplicadas fueron similares, dando coherencia a las mediciones efectuadas en el periodo. Como se observa durante el periodo semestral se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos, no siendo posible el muestreo en la laguna de Barros Negros, ya que CONAF no pudo acceder al punto de control durante la campaña de enero de 2018, debido que en el área se registró actividades reproductivas de los flamencos.

³³ No se obtuvo medición para el mes de enero de 2018, debido a acceso restringido por parte de CONAF.

Figura 5-29: Resultados de análisis físico-químico CONAF de las lagunas Chaxa y Burro Muerto³⁴

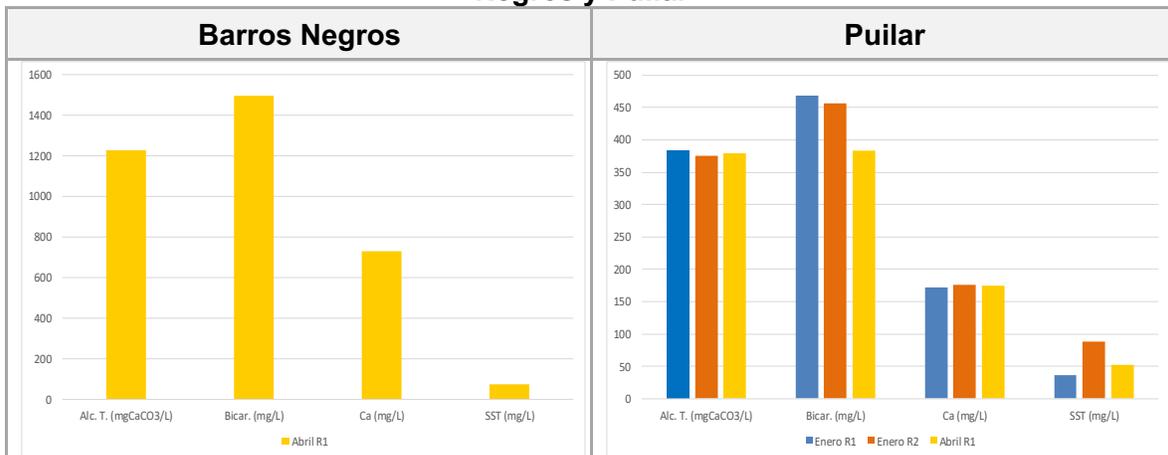


³⁴ Para el caso de los monitoreos de oxígeno disuelto durante el mes de enero de 2018, las mediciones fueron efectuadas como porcentaje de saturación. Para transformar a mg/l y homologar con la serie histórica, se utilizaron las relaciones de USGS (1998) y Sherwood et al. (1992).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-30: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la lagunas Barros Negros y Puilar³⁵



³⁵ Para el caso de los monitoreos de oxígeno disuelto durante el mes de enero de 2018, las mediciones fueron efectuadas como porcentaje de saturación. Para transformar a mg/l y homologar con la serie histórica, se utilizaron las relaciones de USGS (1998) y Sherwood et al. (1992).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-23: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa para el primer semestre de 2018.

Parámetro	Unidad	Chaxa			Burro Muerto			Barros Negros		Puillar		
		22-01-2018	22-01-2018	26-04-2018	22-01-2018	22-01-2018	26-04-2018	22-01-2018	26-04-2018	22-01-2018	22-01-2018	26-04-2018
		R1	R2	R1	R1	R2	R1	R1	R1	R1	R2	R1
Alcalinidad	mg/L	720,7	724,5	533,0	511,0	523,4	392,0	-	1.227,0	383,8	374,9	380,0
Arsénico	mg/L	0,72	1,21	1,13	1,34	0,41	1,13	-	2,75	1,75	1,83	1,10
Bicarbonatos	mg/L	878,6	883,2	454,0	622,9	638,0	341,0	-	1.496,0	467,9	457,1	383,0
Calcio	mg/L	960,96	986,57	915,00	827,88	1.066,90	883,00	-	731,00	172,07	175,93	175,00
Carbonatos	mg/L	<0,2	<0,2	96,00	<0,2	<0,2	67,00	-	<1	<0,2	<0,2	40,00
Cloruro	g/L	97.770	91.072	50.484	56.183	52.084	40.459	-	152.527	10.197	9.357	10.849
CE Terreno	mS/cm	175,20	-	-	111,30	-	-	-	-	31,46	-	-
Dureza	g/L	19.165	18.802	12.200	12.536	13.224	10.200	-	40.000	2.618	2.628	3.050
Fosfato (como P)	Unidad P	<0,6	<0,6	0,74	<0,6	<0,6	0,72	-	0,28	<0,6	<0,6	0,63
Hidróxido	mg/L	<0,2	-	-	<0,2	-	-	-	-	<0,2	-	-
Magnesio	g/L	4.056,40	3.964,85	2.908,00	2.540,30	2.562,25	2.200,00	-	8.615,00	531,00	531,00	637,00
Nitrato	mg/L	-	-	1,03	-	-	0,78	-	3,05	-	-	0,52
Nitrógeno Nitrato	mg/L	1,06	1,03	-	0,74	0,75	-	-	-	0,22	0,21	-
Oxígeno disuelto Terreno	%	1,14	-	4,94	3,74	-	3,03	-	1,85	4,88	-	6,94
pH Terreno	-	7,54	-	6,82	8,00	-	7,97	-	6,62	8,09	-	7,07
Potasio	g/L	6.822,90	6.904,90	4.738,00	4.112,00	2.185,93	2.994,00	-	11.525,00	1.056,25	1.077,60	1.176,00
Salinidad	‰	157	140	-	96	39	-	-	-	18	24	-
Sílice	mg/L	11,4	11,1	61,0	11,6	15,3	63,0	-	51,0	18,8	20,2	78,0
Sodio	g/L	35.834	32.714	30.395	25.047	30.132	21.790	-	73.080	14.579	4.491	5.431
Sólidos disueltos totales	g/L	151.200	166.540	109.710	96.875	109.505	84.910	-	433.910	18.010	18.570	22.150
Sólidos suspendidos	mg/L	581	758	43	106	192	24	-	76	37	88	52
Sólidos totales	g/L	171.860	169.615	109.980	108.725	108.695	85.050	-	434.020	19.645	19.180	22.250
Sulfato	g/L	13.476	12.941	7.561	9.477	9.567	6.553	-	19.248	1.346	1.500	1.445
Temperatura Terreno	°C	37,54	-	22,40	9,91	-	10,50	-	20,10	20,55	-	13,00

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.5 Aforos de caudal

En la presente sección se muestran los resultados de las mediciones del caudal pasante en las dos estaciones de aforo comprometidas en el Sistema Soncor durante el primer semestre de 2018, esto es: laguna Barros Negros y Puente San Luis. Cabe señalar que, en la evaluación ambiental del proyecto, si bien se considera la cuantificación y contraste del caudal pasante por el Puente San Luis como parte de las acciones de investigación relacionadas con la activación de Fase II, no se establecen límites para el flujo de dichos cuerpos de agua. Por lo anterior, su evaluación en relación con la evolución histórica registrada se efectúa en la Sección 6 del presente informe.

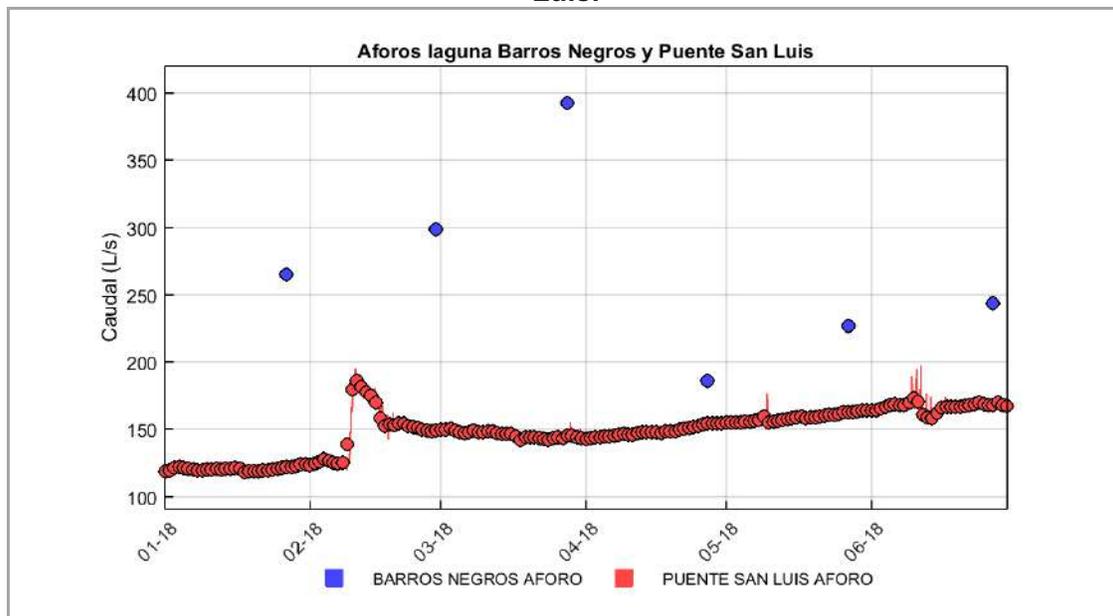
En la Tabla 5-24 se presentan los caudales instantáneos registrados mensualmente en el punto de descarga de la Laguna de Barros Negros (estación Barros Negros ubicada en la descarga de laguna Chaxa) y Puente San Luis, resultados que se pueden observar gráficamente en la Figura 5-31, en conjunto con los resultados del monitoreo continuo comprometido para el Puente San Luis.

Tabla 5-24: Resultados Estación Barros Negros y Puente San Luis para el primer semestre de 2018.

Laguna Barros Negros						
Fecha medición	27-01-2018	28-02-2018	28-03-2018	27-04-2018	27-05-2018	27-06-2018
Caudal (L/s)	265,2	298,6	392,7	186,3	227,2	244,0
Puente San Luis						
Fecha medición	17-01-2018	17-02-2018	17-03-2018	17-04-2018	17-05-2018	17-06-2018
Caudal (L/s)	119,54	157,08	142,21	146,46	158,5	164,88

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-31: Resultados Aforos mensuales Laguna Barros Negros y Puente San Luis.



Fuente: Elaboración propia.

Los principales estadígrafos obtenidos del monitoreo continuo efectuado al Puente San Luis, se presentan en la Tabla 5-25.

Tabla 5-25: Estadígrafos caudal Puente San Luis primer semestre de 2018.

Variable	Unidades	Max	Min	Promedio	Des. Estándar
Caudal	L/s	197,8	114,4	148,3	16,6

Fuente: Elaboración propia.

En Anexo digital se incluyen los resultados del monitoreo continuo efectuado en la estación Puente San Luis.

5.2.1.6 Superficie Lacustre

A continuación, se presenta para el primer semestre de 2018, la superficie lacustre de los tres cuerpos de agua del sistema Soncor (Chaxa, Barros Negros y Puilar) medidos por CONAF en forma trimestral y la medición anual efectuada por GEOBIOTA. Los monitoreos realizados por CONAF son el resultado de mediciones efectuadas a través de estacas perimetrales y los de GEOBIOTA son mediciones realizadas por imágenes satelitales. Los valores obtenidos de superficie lacustre se presentan en la Tabla 5-26.

Cabe señalar que la medición de superficie lacustre en Barros Negros no fue realizada por CONAF en el mes de enero de 2018, debido a que se encontraban ejemplares de flamencos en periodo de nidificación. Con respecto a las mediciones realizadas en el sector de la laguna Puilar por CONAF, éstas sólo corresponden 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 (Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama). Cabe mencionar que Geobiota realizó en forma complementaria, en abril de 2018, una medición satelital en Barros Negros Desborde Sur entregando una superficie de 33.908 m², las que se suman a los 97.428 m² cuantificados para zonas aledañas de laguna Barros Negros, totalizando 131.336 m² (ver Tabla 5-26).

Tabla 5-26: Superficie lacustre primer semestre de 2018.

Periodo	Fecha medición	Responsable	Superficie (m ²)			
			Chaxa	B. Negros	B. Negros Z. Aledaña +Desborde Sur	Puilar
ene - mar 2018 ³⁶	15-01-2018	CONAF	281.110,00	- ³⁷	-	18.966,00
abr - jun 2018	26-04-2018	CONAF	278.230,60	1.050.020,00	-	20.440,10
abr 2018 ³⁸	15-04-2018	GEOBIOTA	291.001,00	1.065.345,00	131.336,00	66.828,00

Fuente: Elaboración propia

Se acompaña en Anexo 11 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,

³⁶ Medición realizada con estacas perimetrales

³⁷ No se realiza medición por actividad reproductiva de flamencos en la laguna.

³⁸ Imagen Satelital.

se estableció que las mediciones de topografía se realizaran cada 5 años siendo la última medición la que se realizó en abril 2015.

5.2.2 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 primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Aguas de Quelana, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-8 y en la Tabla 4-2. Tal como se indicó anteriormente, los resultados de las mediciones no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que pertenecen al Plan de Contingencias (sección 5.1).

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 efectos de orden sólo serán presentados en esta sección. Por otro lado, el pozo L3-4, también denominado SOPM-8, es parte del monitoreo de niveles del Sistema Aguas de Quelana y el sector Núcleo del Salar de Atacama y sólo se presentará en la sección asociada al Sistema Aguas de Quelana.

Para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo, como el nivel del agua subterránea o superficial, según corresponda, expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral objeto del presente informe, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

Cabe señalar que, dentro del periodo semestral correspondiente al presente informe, se dispone de medición de niveles efectuada por la Superintendencia del Medio Ambiente en los pozos L3-4 (SOPM 8) y SOPM-09. Los resultados de estas mediciones se adjuntan en el Anexo 1, mientras que en el presente reporte sólo se exponen de manera gráfica.

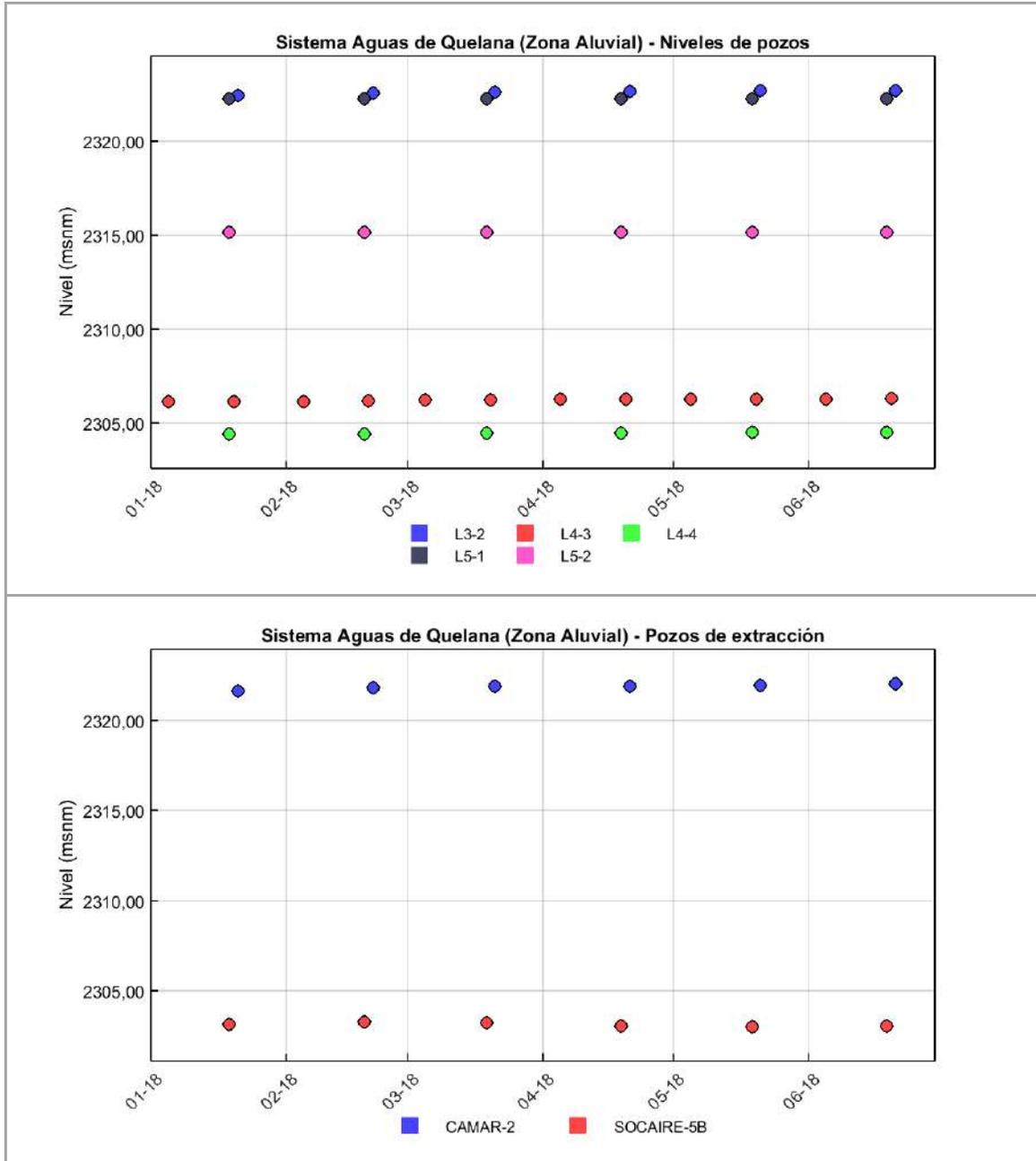
5.2.2.1.1 Pozos en zona aluvial

La zona aluvial cuenta con 7 puntos de control comprometidos para el Sistema Aguas de Quelana, correspondiendo a 5 pozos de monitoreo y dos pozos de extracción. Los puntos de control se monitorearon durante el primer semestre de 2018 de acuerdo con la frecuencia establecida. En la Tabla 5-27 se muestran los resultados del monitoreo efectuado. En términos generales no se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.303 msnm observados en el pozo Socaire 5B y los 2.322 msnm (L3-2).

La visualización gráfica se presenta en la Figura 5-32, la que ha sido dividida en dos grupos de pozos, el primero de ellos contiene los puntos de monitoreo del acuífero, con niveles

entre los 2.304 y 2.323 msnm, mientras que el segundo agrupa los pozos de extracción de agua industrial con niveles entre los 2.303 y los 2.323 msnm.

Figura 5-32: Nivel observado³⁹ (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema de Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

³⁹ Nivel dinámico para el caso del pozo de extracción de agua industrial socaire-5B

Tabla 5-27: Registro de Niveles para los pozos en la zona aluvial, primer semestre 2018.

L4-3		L3-2		L4-4		L5-1	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-01-18	2306,15	21-01-18	2322,45	19-01-18	2304,44	19-01-18	2322,28
20-01-18	2306,17	21-02-18	2322,57	19-02-18	2304,42	19-02-18	2322,26
05-02-18	2306,16	21-03-18	2322,63	19-03-18	2304,49	19-03-18	2322,26
20-02-18	2306,19	21-04-18	2322,67	19-04-18	2304,46	19-04-18	2322,26
05-03-18	2306,22	21-05-18	2322,69	19-05-18	2304,50	19-05-18	2322,27
20-03-18	2306,24	21-06-18	2322,71	19-06-18	2304,51	19-06-18	2322,26
05-04-18	2306,26						
20-04-18	2306,29						
05-05-18	2306,26						
20-05-18	2306,29						
05-06-18	2306,30						
20-06-18	2306,33						
L5-2		CAMAR-2		SOCAIRE-5B			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
19-01-18	2315,17	21-01-18	2321,63	19-01-18	2303,15		
19-02-18	2315,17	21-02-18	2321,80	19-02-18	2303,31		
19-03-18	2315,17	21-03-18	2321,89	19-03-18	2303,25		
19-04-18	2315,15	21-04-18	2321,91	19-04-18	2303,08		
19-05-18	2315,15	21-05-18	2321,93	19-05-18	2303,02		
19-06-18	2315,15	21-06-18	2322,03	19-06-18	2303,04		

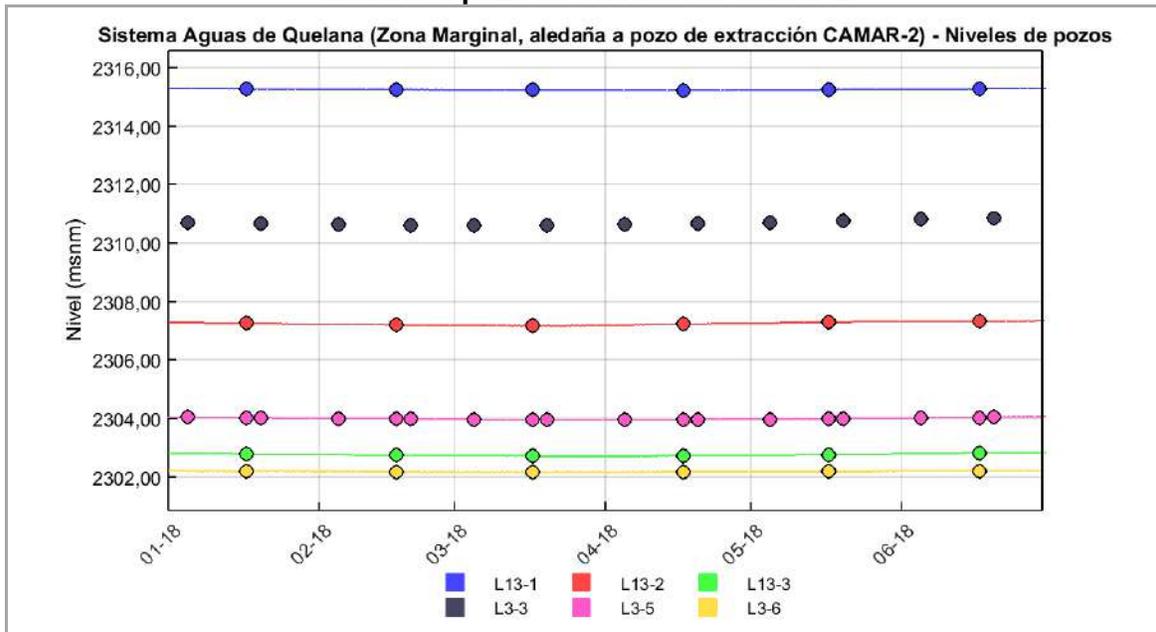
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.2 Pozos en zona marginal

En esta sección se exponen los resultados del monitoreo efectuado durante el primer semestre del año 2018 en 43 pozos de control de nivel ubicados en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana, de los cuales 19 poseen medición continua de nivel. Para facilitar el análisis, se sub-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) Oeste lagunas difusas aledaño Camar-2; d) Oeste lagunas difusas aledaño Socaire-5B. Como puede observarse, en el semestre de monitoreo se realizaron las mediciones en todos los puntos de control comprometidos y de acuerdo con la frecuencia establecida.

En la Tabla 5-28 se muestran las mediciones del primer semestre de 2018 para el subsector aledaño al pozo de extracción Camar-2, compuesto por 6 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-33, donde se incluyen mediante líneas las mediciones continuas de los 5 pozos comprometidos. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.302 y los 2.316 msnm.

Figura 5-33: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Camar-2



Fuente: Elaboración propia

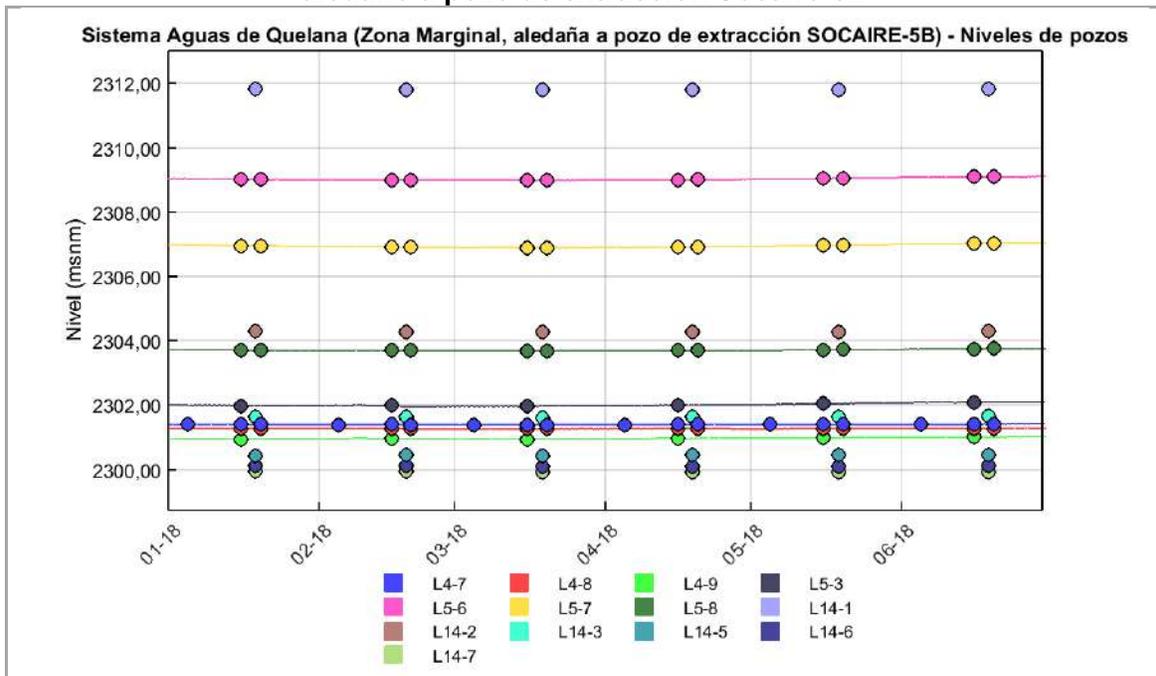
Tabla 5-28: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Camar-2.

L13-1		L13-2		L13-3		L3-6	
Fecha	Nivel (msnm)						
17-01-2018	2.315,27	17-01-2018	2.307,25	17-01-2018	2.302,77	17-01-2018	2.302,19
17-02-2018	2.315,25	17-02-2018	2.307,20	17-02-2018	2.302,74	17-02-2018	2.302,17
17-03-2018	2.315,23	17-03-2018	2.307,16	17-03-2018	2.302,72	17-03-2018	2.302,16
17-04-2018	2.315,23	17-04-2018	2.307,23	17-04-2018	2.302,72	17-04-2018	2.302,17
17-05-2018	2.315,24	17-05-2018	2.307,29	17-05-2018	2.302,76	17-05-2018	2.302,18
17-06-2018	2.315,28	17-06-2018	2.307,32	17-06-2018	2.302,82	17-06-2018	2.302,21
L3-3		L3-5					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
05-01-18	2310,71	05-01-2018	2.304,04				
20-01-18	2310,65	17-01-2018	2.304,02				
05-02-18	2310,63	20-01-2018	2.304,02				
20-02-18	2310,62	05-02-2018	2.304,00				
05-03-18	2310,60	17-02-2018	2.303,99				
20-03-18	2310,60	20-02-2018	2.303,98				
05-04-18	2310,63	05-03-2018	2.303,96				
20-04-18	2310,66	17-03-2018	2.303,95				
05-05-18	2310,71	20-03-2018	2.303,95				
20-05-18	2310,77	05-04-2018	2.303,95				
05-06-18	2310,82	17-04-2018	2.303,95				
20-06-18	2310,85	20-04-2018	2.303,96				

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-29 se muestran las mediciones del primer semestre de 2018 para el subsector aledaño al pozo de extracción Socaire-5B, compuesto por 13 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-34, donde se incluyen mediante líneas las mediciones continuas de los 7 pozos comprometidos. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.299 (L14-7) y los 2.312 msnm (L14-1).

Figura 5-34: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Socaire-5B



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-29: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Socaire-5B

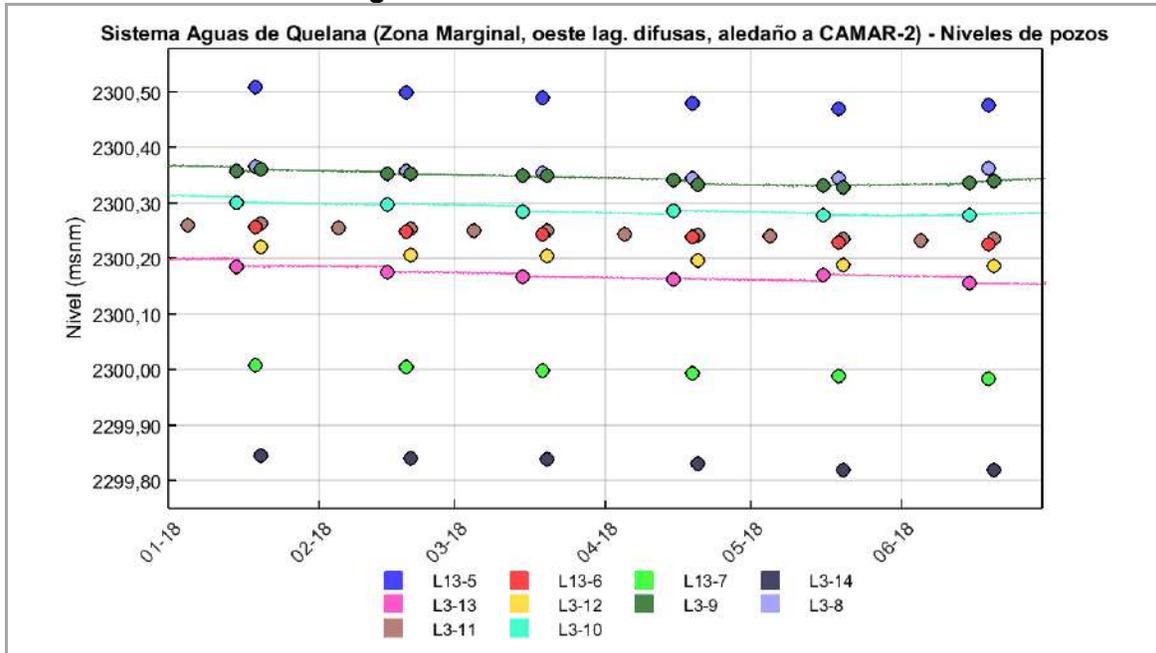
L4-7		L4-8		L4-9		L5-3	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-2018	2.301,39	16-01-2018	2.301,26	16-01-2018	2.300,93	16-01-2018	2.301,98
16-01-2018	2.301,39	20-01-2018	2.301,27	16-02-2018	2.300,94	16-02-2018	2.301,99
20-01-2018	2.301,39	16-02-2018	2.301,27	16-03-2018	2.300,94	16-03-2018	2.301,97
05-02-2018	2.301,39	20-02-2018	2.301,27	16-04-2018	2.300,96	16-04-2018	2.302,00
16-02-2018	2.301,39	16-03-2018	2.301,26	16-05-2018	2.300,98	16-05-2018	2.302,04
20-02-2018	2.301,39	20-03-2018	2.301,26	16-06-2018	2.301,01	16-06-2018	2.302,09
05-03-2018	2.301,39	16-04-2018	2.301,27				
16-03-2018	2.301,39	20-04-2018	2.301,27				
20-03-2018	2.301,39	16-05-2018	2.301,27				
05-04-2018	2.301,39	20-05-2018	2.301,27				

L4-7		L4-8		L4-9		L5-3	
Fecha	Nivel (msnm)						
16-04-2018	2.301,39	16-06-2018	2.301,28				
20-04-2018	2.301,39	20-06-2018	2.301,28				
05-05-2018	2.301,40						
16-05-2018	2.301,40						
20-05-2018	2.301,40						
05-06-2018	2.301,40						
16-06-2018	2.301,40						
L5-6		L5-7		L5-8		L14-1	
Fecha	Nivel (msnm)						
16-01-2018	2.309,03	16-01-2018	2.306,95	16-01-2018	2.303,71	19-01-2018	2.311,83
20-01-2018	2.309,01	20-01-2018	2.306,93	20-01-2018	2.303,71	19-02-2018	2.311,81
16-02-2018	2.309,00	16-02-2018	2.306,91	16-02-2018	2.303,70	19-03-2018	2.311,79
20-02-2018	2.309,00	20-02-2018	2.306,90	20-02-2018	2.303,70	19-04-2018	2.311,79
16-03-2018	2.308,99	16-03-2018	2.306,89	16-03-2018	2.303,69	19-05-2018	2.311,80
20-03-2018	2.308,99	20-03-2018	2.306,89	20-03-2018	2.303,69	19-06-2018	2.311,83
16-04-2018	2.309,00	16-04-2018	2.306,91	16-04-2018	2.303,70		
20-04-2018	2.309,01	20-04-2018	2.306,91	20-04-2018	2.303,70		
16-05-2018	2.309,04	16-05-2018	2.306,96	16-05-2018	2.303,72		
20-05-2018	2.309,05	20-05-2018	2.306,97	20-05-2018	2.303,72		
16-06-2018	2.309,09	16-06-2018	2.307,03	16-06-2018	2.303,75		
20-06-2018	2.309,09	20-06-2018	2.307,03	20-06-2018	2.303,75		
L14-2		L14-3		L14-5		L14-6	
Fecha	Nivel (msnm)						
19-01-2018	2.304,29	19-01-2018	2.301,62	19-01-2018	2.300,43	19-01-2018	2.300,11
19-02-2018	2.304,27	19-02-2018	2.301,62	19-02-2018	2.300,44	19-02-2018	2.300,10
19-03-2018	2.304,26	19-03-2018	2.301,61	19-03-2018	2.300,43	19-03-2018	2.300,09
19-04-2018	2.304,26	19-04-2018	2.301,62	19-04-2018	2.300,44	19-04-2018	2.300,09
19-05-2018	2.304,28	19-05-2018	2.301,64	19-05-2018	2.300,44	19-05-2018	2.300,09
19-06-2018	2.304,31	19-06-2018	2.301,66	19-06-2018	2.300,46	19-06-2018	2.300,10
L14-7							
Fecha	Nivel (msnm)						
19-01-2018	2.299,95						
19-02-2018	2.299,94						
19-03-2018	2.299,93						
19-04-2018	2.299,92						
19-05-2018	2.299,91						
19-06-2018	2.299,92						

En la

Tabla 5-30 se muestran las mediciones del primer semestre de 2018 para el subsector Oeste Lagunas difusas aledaño a Camar-2, compuesto por 10 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-35, donde se incluyen mediante líneas las mediciones continuas de los 3 pozos comprometidos. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.299 (L3-14) y los 2.301 msnm (L13-5).

Figura 5-35: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste Lagunas Difusas aledaño a Camar-2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-30: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste de las Lagunas Difusas aledaño a Camar-2

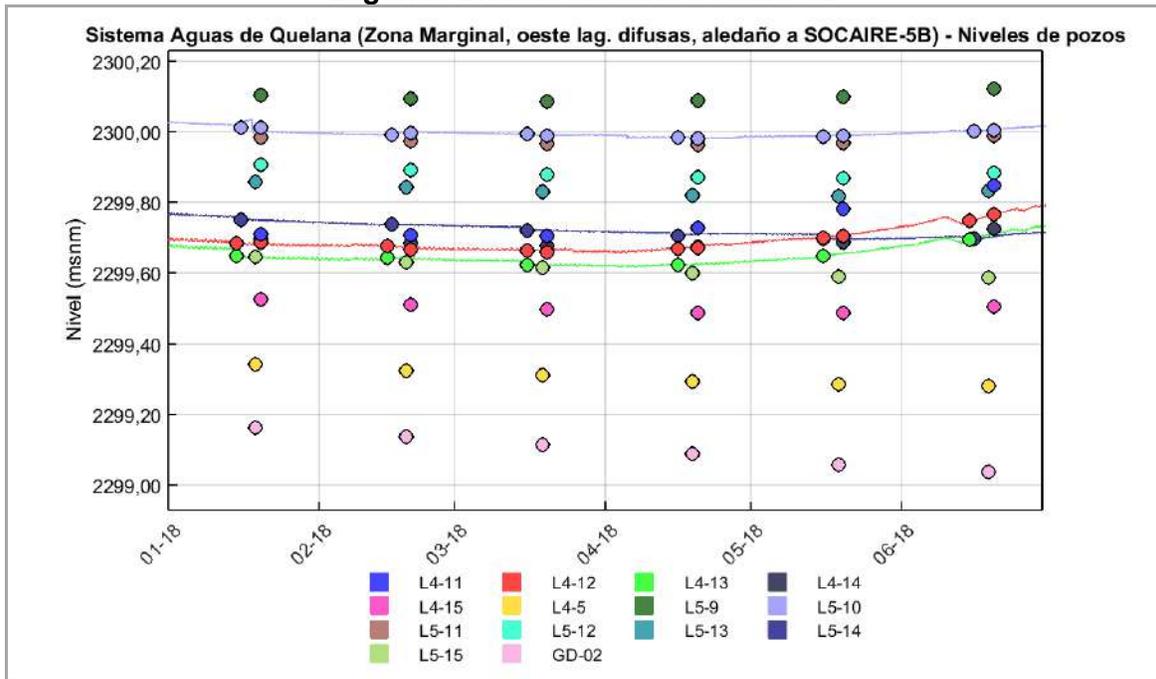
L3-8		L3-9		L3-10		L3-11	
Fecha	Nivel (msnm)						
19-01-2018	2.300,37	15-01-2018	2.300,36	15-01-2018	2.300,30	05-01-2018	2.300,26
19-02-2018	2.300,36	20-01-2018	2.300,36	15-02-2018	2.300,30	20-01-2018	2.300,26
19-03-2018	2.300,35	15-02-2018	2.300,35	15-03-2018	2.300,28	05-02-2018	2.300,26
19-04-2018	2.300,35	20-02-2018	2.300,35	15-04-2018	2.300,29	20-02-2018	2.300,25
19-05-2018	2.300,34	15-03-2018	2.300,35	16-05-2018	2.300,28	05-03-2018	2.300,25
19-06-2018	2.300,36	20-03-2018	2.300,35	15-06-2018	2.300,28	20-03-2018	2.300,25
		15-04-2018	2.300,34			05-04-2018	2.300,24
		20-04-2018	2.300,33			20-04-2018	2.300,24
		16-05-2018	2.300,33			05-05-2018	2.300,24
		20-05-2018	2.300,33			20-05-2018	2.300,24

		15-06-2018	2.300,34			05-06-2018	2.300,23
		20-06-2018	2.300,34			20-06-2018	2.300,24
L3-12		L3-13		L3-14		L13-5	
Fecha	Nivel (msnm)						
20-01-2018	2.300,22	15-01-2018	2.300,19	20-01-18	2299,85	19-01-2018	2.300,51
20-02-2018	2.300,21	15-02-2018	2.300,18	20-02-18	2299,84	19-02-2018	2.300,50
20-03-2018	2.300,21	15-03-2018	2.300,17	20-03-18	2299,84	19-03-2018	2.300,49
20-04-2018	2.300,20	15-04-2018	2.300,16	20-04-18	2299,83	19-04-2018	2.300,48
20-05-2018	2.300,19	16-05-2018	2.300,17	20-05-18	2299,82	19-05-2018	2.300,47
20-06-2018	2.300,19	15-06-2018	2.300,16	20-06-18	2299,82	19-06-2018	2.300,48
L13-6		L13-7					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
19-01-2018	2.300,26	19-01-2018	2.300,01				
19-02-2018	2.300,25	19-02-2018	2.300,00				
19-03-2018	2.300,24	19-03-2018	2.300,00				
19-04-2018	2.300,24	19-04-2018	2.299,99				
19-05-2018	2.300,23	19-05-2018	2.299,99				
19-06-2018	2.300,23	19-06-2018	2.299,98				

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 5-31 se muestran las mediciones del primer semestre de 2018 para el subsector Oeste Lagunas difusas aledaño a Socaire-5B, compuesto por 14 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-36, donde se incluyen mediante líneas las mediciones continuas de los 4 pozos comprometidos. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.299 (GD-02) y los 2.301 msnm (L5-9).

Figura 5-36: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste Lagunas Difusas aledaño Socaire-5B



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-31: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste de las Lagunas Difusas aledaño a Socaire-5B.

L4-12		L5-10		GD-02		L4-5	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-01-2018	2.299,68	16-01-2018	2.300,01	19-01-2018	2.299,16	19-01-18	2299,34
20-01-2018	2.299,69	20-01-2018	2.300,01	19-02-2018	2.299,14	19-02-18	2299,32
15-02-2018	2.299,68	16-02-2018	2.299,99	19-03-2018	2.299,11	19-03-18	2299,31
20-02-2018	2.299,67	20-02-2018	2.300,00	19-04-2018	2.299,09	19-04-18	2299,29
16-03-2018	2.299,66	16-03-2018	2.299,99	19-05-2018	2.299,06	19-05-18	2299,28
20-03-2018	2.299,66	20-03-2018	2.299,99	19-06-2018	2.299,04	19-06-18	2299,28
16-04-2018	2.299,67	16-04-2018	2.299,98				
20-04-2018	2.299,67	20-04-2018	2.299,98				
16-05-2018	2.299,70	16-05-2018	2.299,99				
20-05-2018	2.299,70	20-05-2018	2.299,99				
15-06-2018	2.299,75	16-06-2018	2.300,00				
20-06-2018	2.299,77	20-06-2018	2.300,00				
L4-11		L4-13		L4-14		L4-15	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
20-01-18	2299,71	15-01-2018	2.299,65	20-01-2018	2.299,70	20-01-18	2299,53
20-02-18	2299,71	15-02-2018	2.299,64	20-02-2018	2.299,68	20-02-18	2299,51
20-03-18	2299,70	16-03-2018	2.299,62	20-03-2018	2.299,68	20-03-18	2299,50
20-04-18	2299,73	16-04-2018	2.299,62	20-04-2018	2.299,67	20-04-18	2299,49

20-05-18	2299,78	16-05-2018	2.299,65	20-05-2018	2.299,69	20-05-18	2299,49
20-06-18	2299,85	15-06-2018	2.299,69	20-06-2018	2.299,72	20-06-18	2299,51
L5-9		L5-11		L5-12		L5-13	
Fecha	Nivel (msnm)						
20-01-18	2300,10	20-01-18	2299,98	20-01-18	2299,91	19-01-18	2299,86
20-02-18	2300,09	20-02-18	2299,97	20-02-18	2299,89	19-02-18	2299,84
20-03-18	2300,09	20-03-18	2299,97	20-03-18	2299,88	19-03-18	2299,83
20-04-18	2300,09	20-04-18	2299,96	20-04-18	2299,87	19-04-18	2299,82
20-05-18	2300,10	20-05-18	2299,97	20-05-18	2299,87	19-05-18	2299,82
20-06-18	2300,12	20-06-18	2299,99	20-06-18	2299,88	19-06-18	2299,83
L5-14		L5-15					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
16-01-2018	2.299,75	19-01-18	2299,65				
16-02-2018	2.299,74	19-02-18	2299,63				
16-03-2018	2.299,72	19-03-18	2299,62				
16-04-2018	2.299,71	19-04-18	2299,60				
16-05-2018	2.299,70	19-05-18	2299,59				
16-06-2018	2.299,70	19-06-18	2299,59				

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.3 Pozos en zona núcleo

En esta sección se exponen los niveles de los 6 puntos de control ubicados en la zona núcleo del Sistema de Aguas Quelana. Como puede observarse en la Tabla 5-32, cuya representación gráfica se expone en la Figura 5-37, en el semestre de monitoreo se realizaron las mediciones en todos los puntos de control comprometidos y de acuerdo con la frecuencia establecida en la aprobación ambiental.

Cabe señalar que las mediciones realizadas por la SMA a los pozos SOPM-8 y SOPM-9, durante el mes de junio de 2018, son coherentes con los valores de las mediciones realizadas durante el período. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.298 (SOPM-8) y los 2.300 msnm (D2).

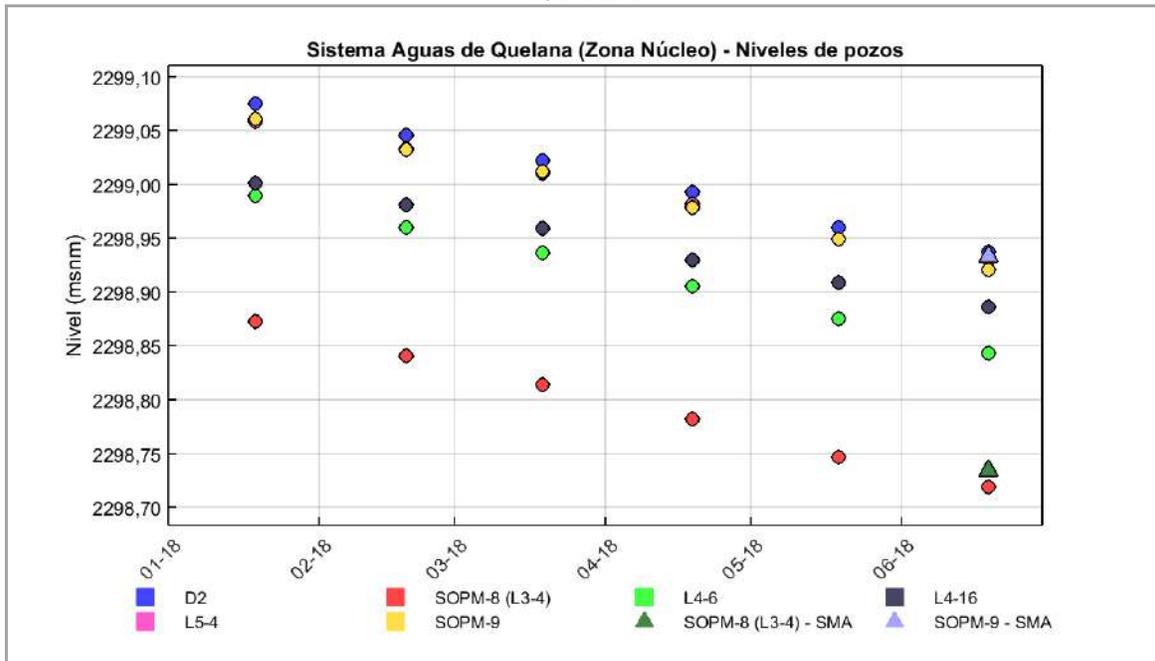
Tabla 5-32: Registro de Niveles para pozos de Salmuera del Sistema Aguas de Quelana, primer semestre de 2018.

D-2		SOPM-08 (L3-4)		L4-6		L4-16	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
19-01-18	2299,08	19-01-18	2298,87	19-01-18	2298,99	19-01-18	2299,00
19-02-18	2299,05	19-02-18	2298,84	19-02-18	2298,96	19-02-18	2298,98
19-03-18	2299,02	19-03-18	2298,81	19-03-18	2298,94	19-03-18	2298,96
19-04-18	2298,99	19-04-18	2298,78	19-04-18	2298,91	19-04-18	2298,93
19-05-18	2298,96	19-05-18	2298,75	19-05-18	2298,88	19-05-18	2298,91
19-06-18	2298,94	19-06-18	2298,72	19-06-18	2298,84	19-06-18	2298,89
L5-4		SOPM-9					

Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
19-01-18	2299,06	19-01-18	2299,06
19-02-18	2299,03	19-02-18	2299,03
19-03-18	2299,01	19-03-18	2299,01
19-04-18	2298,98	19-04-18	2298,98
19-05-18	2298,95	19-05-18	2298,95
19-06-18	2298,93	19-06-18	2298,92

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de Salmuera en Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.4 Nivel de agua superficial

En la presente sección se exponen los niveles de agua superficial medidos en forma manual y continua durante el período comprendido entre enero y junio de 2018 en las 5 reglillas ubicadas en el sector de Aguas de Quelana.

En la Tabla 5-33 se muestra los resultados de las mediciones manuales efectuadas mensualmente durante el primer semestre de 2018⁴⁰. Cabe señalar que se dispone de registros de acuerdo con la frecuencia establecida en todos ellos. Por su parte, en la Figura 5-38 se presentan los resultados gráficos de los monitoreos efectuados tanto en forma manual, como continua, entre enero y junio de 2018. Los niveles en el grupo de reglillas del Sistema Aguas de Quelana oscilan entre los 2.300 (L4-10) y los 2.302 msnm (reglilla L13-4).

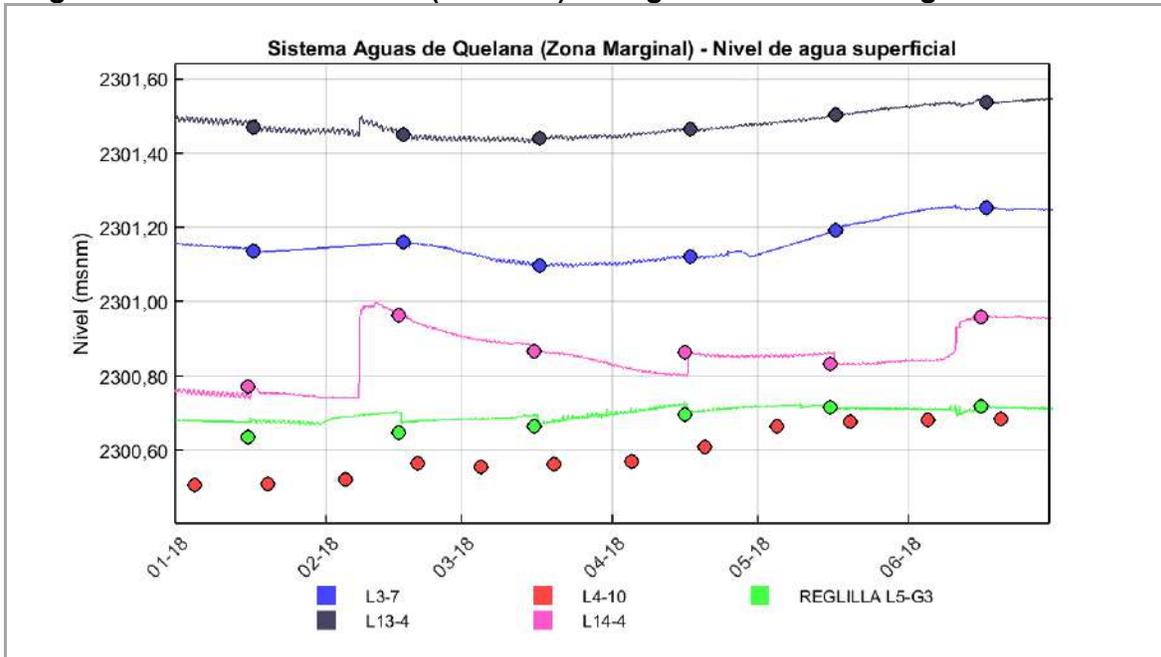
⁴⁰ En tabla se presentan los resultados de las mediciones de nivel expresadas en metros sobre el nivel del mar. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente en cada reglilla.

Tabla 5-33: Registro de Niveles para la reglilla del Sistema de Aguas Quelana.

L4-10		L5-G3		L14-4		L13-4	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-01-2018	2.300,51	16-01-18	2300,64	16-01-18	2300,77	17-01-18	2301,47
20-01-2018	2.300,51	16-02-18	2300,65	16-02-18	2300,96	17-02-18	2301,45
05-02-2018	2.300,52	16-03-18	2300,67	16-03-18	2300,87	17-03-18	2301,44
20-02-2018	2.300,56	16-04-18	2300,70	16-04-18	2300,86	17-04-18	2301,46
05-03-2018	2.300,56	16-05-18	2300,72	16-05-18	2300,83	17-05-18	2301,50
20-03-2018	2.300,56	16-06-18	2300,72	16-06-18	2300,96	17-06-18	2301,54
05-04-2018	2.300,57						
20-04-2018	2.300,61						
05-05-2018	2.300,66						
20-05-2018	2.300,68						
05-06-2018	2.300,68						
20-06-2018	2.300,68						
L3-7							
Fecha	Nivel (msnm)						
17-01-18	2301,14						
17-02-18	2301,16						
17-03-18	2301,10						
17-04-18	2301,12						
17-05-18	2301,19						
17-06-18	2301,25						

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en reglillas de Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Caudal bombeado

En el sector aluvial del Sistema Aguas de Quelana se extrae agua industrial desde los pozos Camar-2 y Socaire-5B, cuyos caudales medios mensuales extraídos durante el período enero a junio de 2018 se presentan en la Figura 5-39 y en la Tabla 5-34.

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, el pozo Camar-2 se encuentra detenido y sólo se operó puntualmente para la toma de muestras de calidad comprometidas.

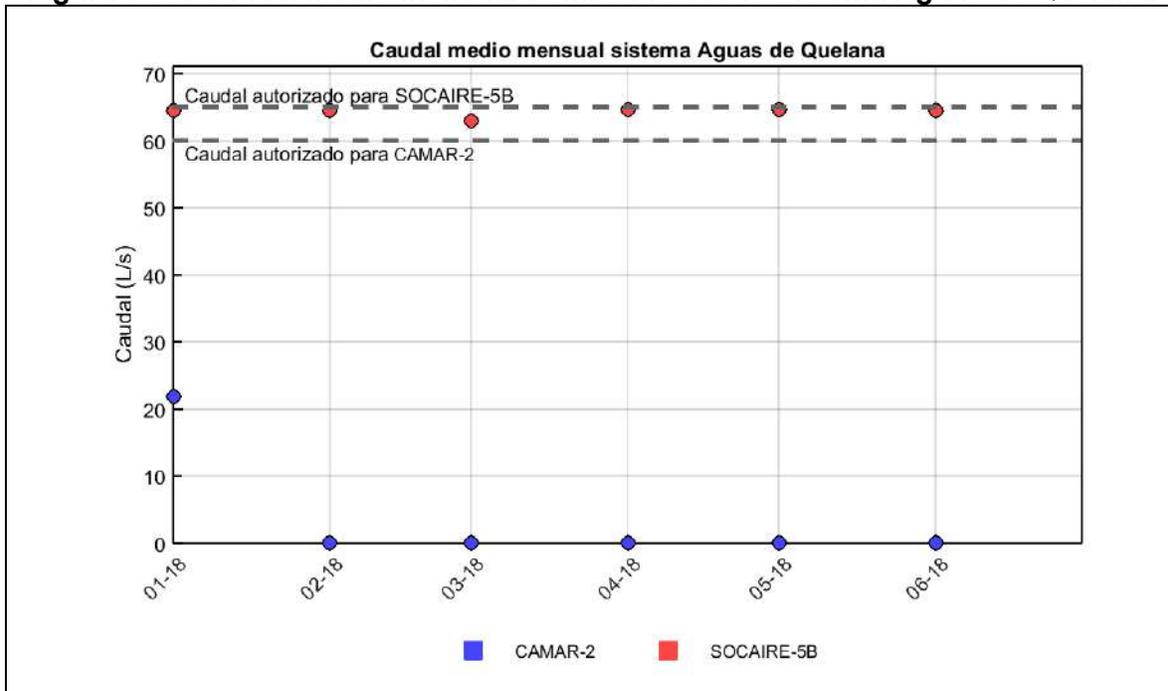
En Anexo 5 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados en los pozos de bombeo de agua industrial (L/s) pertenecientes al Sistema Aguas de Quelana.

Tabla 5-34: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana para el primer semestre de 2018.

Camar-2		Socaire-5B	
Mes	Caudal medio mensual (L/s)	Mes	Caudal medio mensual (L/s)
ene-18	21,85	ene-18	64,41
feb-18	0,00	feb-18	64,50
mar-18	0,00	mar-18	62,89
abr-18	0,04	abr-18	64,63
may-18	0,00	may-18	64,65
jun-18	0,00	jun-18	64,54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-39: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.3 Calidad química

Se presentan a continuación los resultados de las mediciones y análisis físico-químicos efectuados sobre todos los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Aguas de Quelana durante el primer semestre de 2018. Si bien el pozo L4-3 es parte del monitoreo de la calidad del agua de los sistemas Aguas de Quelana, Borde Este y Cuña Salina, para efectos de orden, los resultados se presentan en esta sección.

En la Figura 4-8 y en la Tabla 4-2 de la Sección 4 del presente informe, se indican los puntos de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana, clasificados de acuerdo a sus coordenadas, tipo de punto de control, variable ambiental y parámetros de monitoreo, además de la frecuencia establecida.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad físico-química de los distintos 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 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre⁴¹. En el Anexo 6 se muestra el certificado de acreditación de SGS Chile Ltda. como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

A continuación, en la Tabla 5-35 se presentan los resultados de los análisis físico-químico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio SGS Chile

⁴¹ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

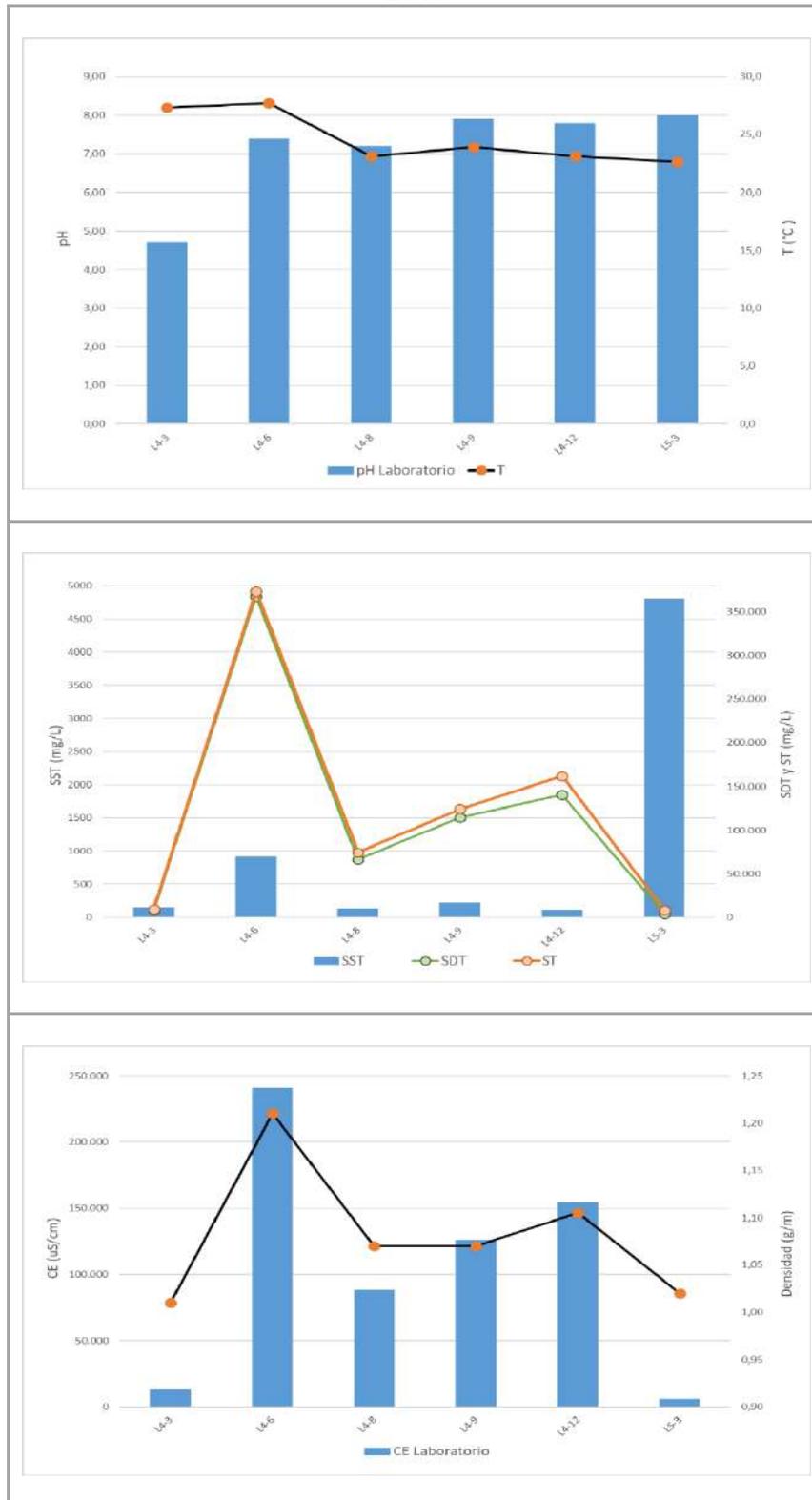
Ltda., a los pozos de monitoreo (los resultados obtenidos en los pozos de extracción y en reglilla L4-10 se presentan en forma diferenciada) en el primer semestre de 2018. Por su parte, los resultados de los análisis efectuados se presentan en la Figura 5-40 para la campaña del mes de enero y en la Figura 5-41 para la campaña efectuada en abril. Como se observa durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-35: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana primer semestre de 2018

Parámetro	Unidad	L4-3		L4-6		L4-8	
		25-01-18	26-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	26-04-18
Conductividad	uS/cm	13.120	12.880	241.000	250.000	88.000	86.200
Conductividad Terreno	uS/cm	13.590	13.270	233.000	244.000	88.400	85.900
Densidad	g/ml	1,01	1,00	1,21	1,21	1,07	1,04
Densidad Terreno	g/ml	1,01	1,01	1,22	1,22	1,05	1,04
pH	-	4,7	5,0	7,4	7,2	7,2	7,2
pH Terreno	-	6,2	6,6	7,3	7,6	7,1	7,5
Solidos Disueltos Totales	mg/L	8.437	9.330	367.950	340.250	66.480	69.620
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	154	204	910	134	134	98
Solidos Totales	mg/L	9.390	10.700	373.950	355.640	74.490	73.180
Temperatura Terreno	°C	27,3	24,7	27,7	21,1	23,1	20,7
Parámetro	Unidad	L4-9		L4-12		L5-3	
		25-01-18	26-04-18	25-01-18	25-04-18	25-01-18	26-04-18
Conductividad	uS/cm	126.100	124.300	154.300	161.600	6.250	4.900
Conductividad Terreno	uS/cm	123.200	120.900	156.900	161.800	6.680	6.860
Densidad	g/ml	1,07	1,07	1,10	1,10	1,02	1,00
Densidad Terreno	g/ml	1,06	1,06	1,11	1,10	1,00	1,00
pH	-	7,9	7,8	7,8	7,6	8,0	7,7
pH Terreno	-	8,0	7,9	7,8	7,9	7,9	7,7
Solidos Disueltos Totales	mg/L	114.070	112.240	140.610	159.890	3.560	3.042
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	213	102	114	106	4.812	1.706
Solidos Totales	mg/L	124.070	121.810	161.970	170.490	8.360	4.745
Temperatura Terreno	°C	23,9	18,9	23,1	19,9	22,6	18,4

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-40: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña enero 2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-41: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña abril 2018



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 5-36 se presentan los resultados obtenidos del monitoreo trimestral de calidad efectuado por el laboratorio SGS Chile Ltda a los pozos de bombeo Camar-2, Socaire-5B y en la reglilla L4-10, durante el primer semestre de 2018, para los parámetros de control comprometidos en cada punto. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-42 para los pozos de extracción de agua industrial y en la Figura 5-43 para la reglilla L4-10.

Tabla 5-36: Resultados del pozo CAMAR-2 para el primer semestre de 2018.

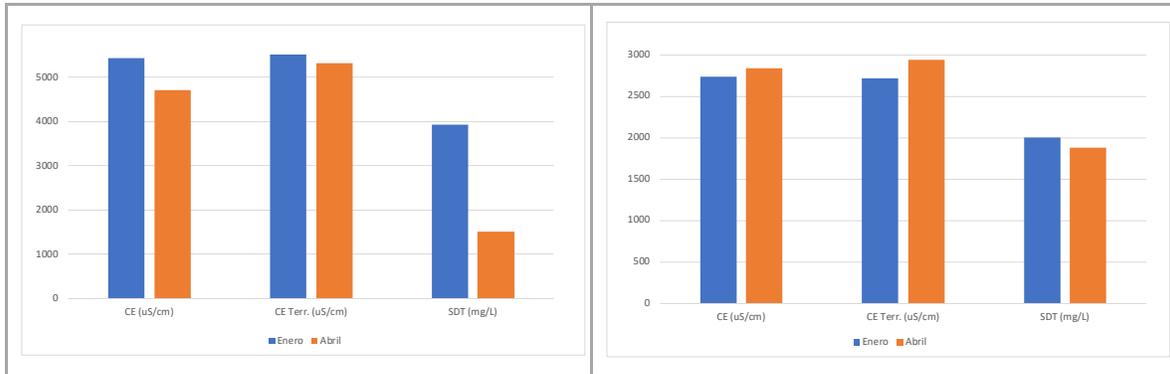
Parámetro	Unidad	CAMAR-2		SOCAIRE-5B		L4-10	
		25-01-18	26-04-18	25-01-18	26-04-18	27-07-17	25-10-17
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	471,2	550,0	424,3	485,1	1.251,5	664,8
Arsénico	mg/L	0,4	0,4	1,9	1,8	13,75	1,08
Bicarbonatos	mg/L	574,4	670,5	517,3	591,3	1.525,5	810,4
Calcio	mg/L	206,8	159,5	110,4	120,6	67,8	737,7
Carbonatos	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cloruro	mg/L	1.439	1.039	428	427	196.139	93.553
Conductividad	uS/cm	5.430	4.710	2.740	2.840	215.100	176.100
Conductividad Terreno	uS/cm	5.980	5.310	2.720	2.940	224.200	175.800
Densidad	g/ml	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
Densidad Terreno	g/ml	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Dureza Total	mg/L	-	-	-	-	10.216,00	41.312,00
Fosfato (Como P)	mg/L	-	-	-	-	<0,2	0,8
Hierro	mg/L	0,1	0,4	0,0	0,0	-	-
Magnesio	mg/L	184,1	131,3	55,8	51,1	15.438,0	9.579,5
Manganeso	mg/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	-	-
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,7	0,5	0,5	0,4	6,07	22,61
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	-	-	*42	6,1
pH	-	7,4	8,0	7,3	7,3	7,2	7,9
pH Terreno	-	6,9	7,2	6,8	7,1	7,3	8,0
Potasio	mg/L	24,1	25,6	29,7	34,8	20.435,0	8.318,3
Salinidad	‰	-	-	-	-	309	139
Sodio	mg/L	771,5	625,4	447,2	442,7	82.929,0	50.184,0
Sólidos Disueltos T.	mg/L	3.920	1.503	2.004	1.881	286.570	170.760
Sólidos Suspendidos T.	mg/L	-	-	-	-	797	443
Sólidos Totales	mg/L	-	-	-	-	356.380	173.670
Sulfato	mg/L	427	384	390	385	26.326	15.929
Temperatura Terreno	°C	25,7	25,0	29,5	26,1	32,6	21,8
Zinc	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-

Fuente: Elaboración propia.

⁴² SGS no informa el parámetro

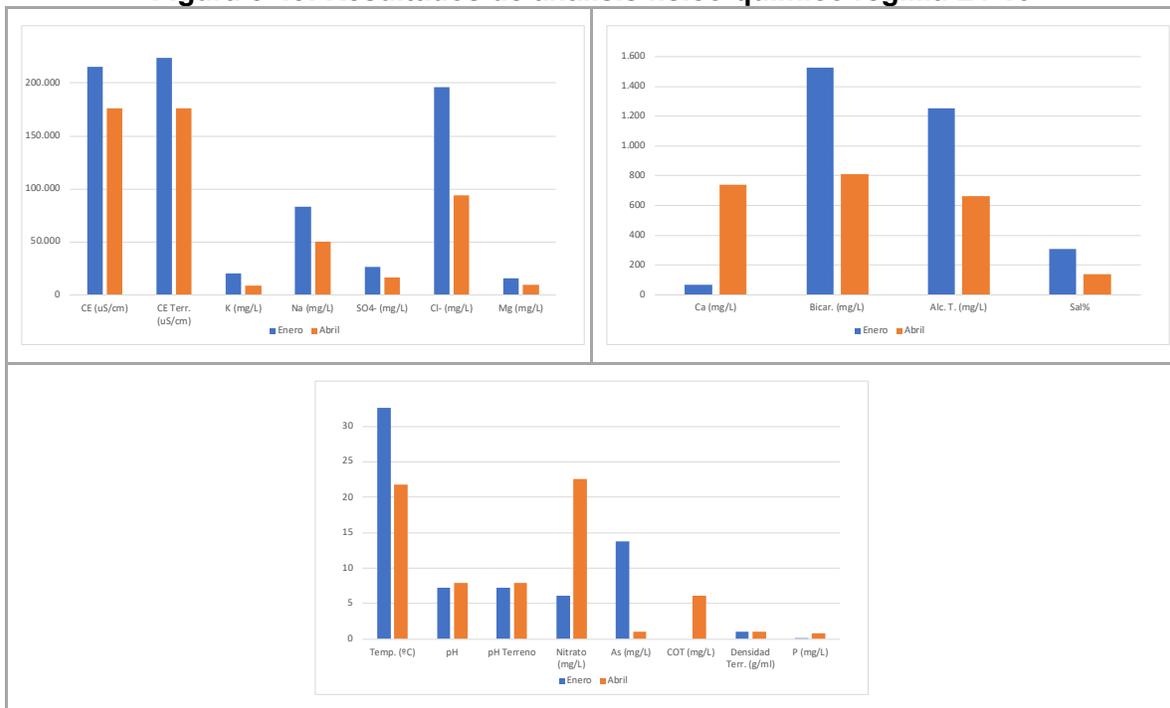
Figura 5-42: Resultados de análisis físico-químico pozos Bombeo





Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-43: Resultados de análisis físico-químico reglilla L4-10



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

De acuerdo con lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Vegetación Borde Este considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.3.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegetación Borde Este, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-9 y en la Tabla 4-3. Tal como se indicó anteriormente, los resultados

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

Como se señaló en la sección 5.2.1.1, los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 pertenecen a la red de monitoreo del Sistema Soncor y en forma conjunta al sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron expuestos en relación al Sistema Soncor, no se incluyen en el presente apartado.

De la misma forma, y como fuera señalado en la sección 5.2.2.1, los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 son parte del monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y en forma conjunta del Sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron presentados en relación al Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente apartado.

Para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo, como el nivel del agua subterránea o superficial, según corresponda, expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral objeto del presente informe, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr), ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

5.2.3.1.1 Pozos en zona aluvial

En adición a los pozos pertenecientes al Sistema de Vegetación Borde Este que fueron presentados como parte de los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, la zona aluvial cuenta con 7 puntos de control de nivel comprometidos, correspondiendo a 6 pozos de monitoreo y 1 pozo de extracción ubicado en el sector. Los puntos de control se monitorearon durante el primer semestre de 2018 de acuerdo a la frecuencia establecida.

Cabe señalar que 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. Por lo anterior, se incluye en forma complementaria el monitoreo de niveles en ambos puntos de control.

En la Tabla 5-37 se exponen los niveles de agua subterránea en los pozos pertenecientes a la zona aluvial del sistema Vegetación Borde Este. A manera de representación, se muestran los resultados gráficos en la Figura 5-44, los que han sido divididos en 3 grupos de pozos de acuerdo a su ubicación y propósito; a) pozos de monitoreo en zona aluvial, b) pozos de monitoreo en zona aluvial cercanos a pozos de extracción y c) pozo de extracción.

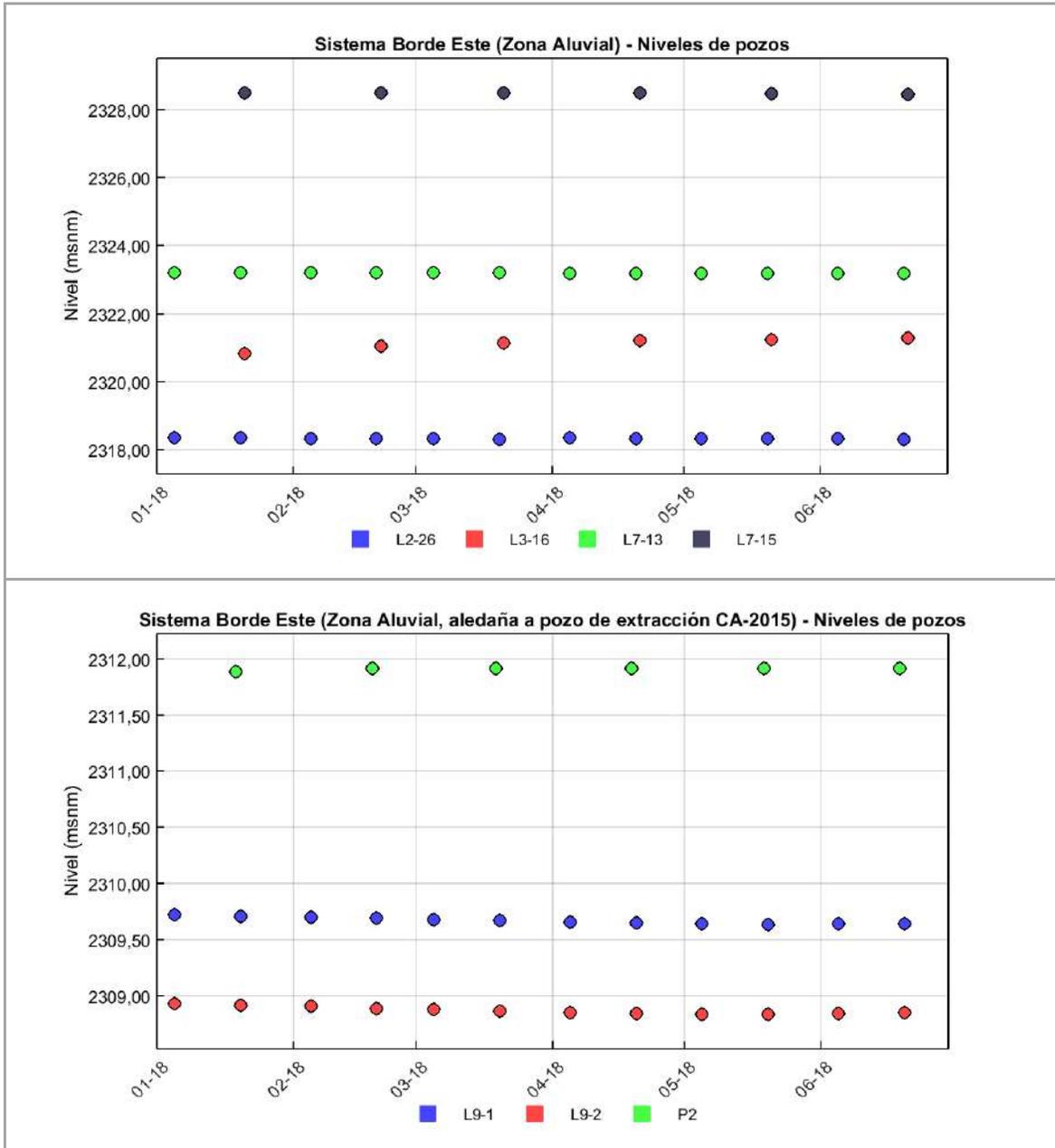
No se identifican situaciones anómalas durante el periodo bajo análisis, con niveles que oscilan entre los 2.318 (L2-26) y los 2.329 msnm (L7-15) para al primer grupo y entre los 2.308 (L9-2) y los 2.312 msnm (P2) para el segundo. Por su parte, el pozo de extracción CA-2015 presenta un nivel inferior, cercano a los 2.305 msnm.

Tabla 5-37: Registro de Niveles para los pozos en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este.

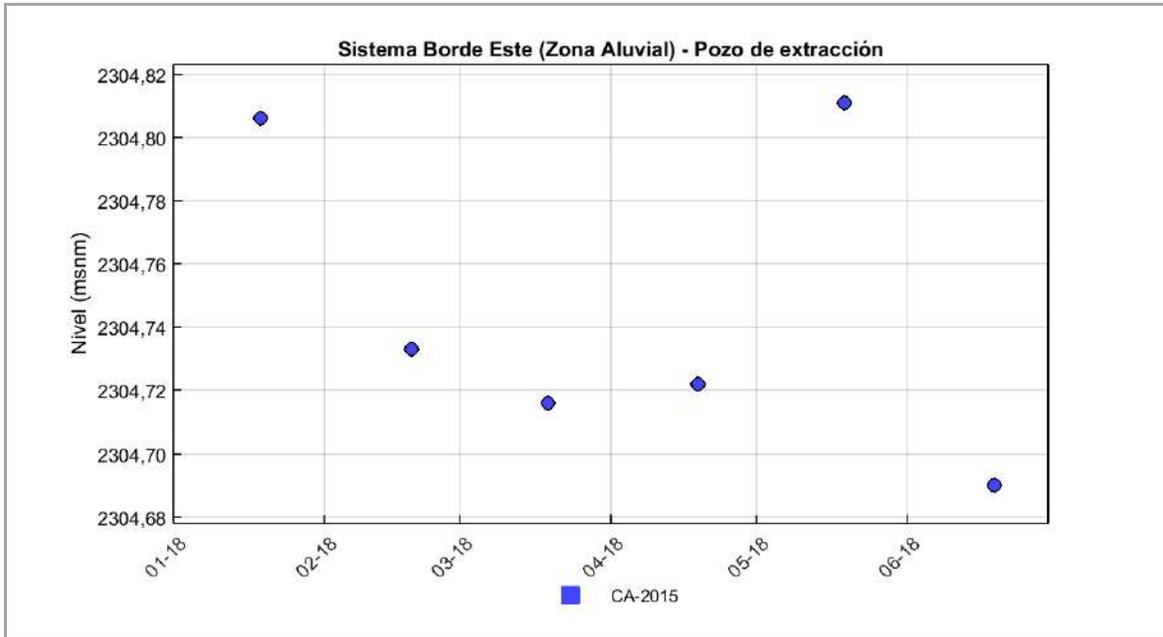
L2-26		L7-13		L3-16		L7-15	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-2018	2.318,35	05-01-2018	2.323,21	21-01-18	2320,82	21-01-18	2328,48
20-01-2018	2.318,34	20-01-2018	2.323,20	21-02-18	2321,03	21-02-18	2328,49
05-02-2018	2.318,34	05-02-2018	2.323,21	21-03-18	2321,14	21-03-18	2328,49
20-02-2018	2.318,33	20-02-2018	2.323,20	21-04-18	2321,21	21-04-18	2328,48
05-03-2018	2.318,32	05-03-2018	2.323,20	21-05-18	2321,25	21-05-18	2328,46
20-03-2018	2.318,32	20-03-2018	2.323,20	21-06-18	2321,29	21-06-18	2328,45
05-04-2018	2.318,35	05-04-2018	2.323,19				
20-04-2018	2.318,33	20-04-2018	2.323,19				
05-05-2018	2.318,33	05-05-2018	2.323,18				
20-05-2018	2.318,33	20-05-2018	2.323,18				
05-06-2018	2.318,34	05-06-2018	2.323,18				
20-06-2018	2.318,30	20-06-2018	2.323,18				
L9-1		L9-2		CA-2015		P2	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-2018	2.309,72	05-01-2018	2.308,93	19-01-2018	2.304,81	19-01-2018	2.311,89
20-01-2018	2.309,71	20-01-2018	2.308,92	19-02-2018	2.304,73	19-02-2018	2.311,91
05-02-2018	2.309,70	05-02-2018	2.308,91	19-03-2018	2.304,72	19-03-2018	2.311,91
20-02-2018	2.309,69	20-02-2018	2.308,89	19-04-2018	2.304,72	19-04-2018	2.311,91
05-03-2018	2.309,68	05-03-2018	2.308,88	19-05-2018	2.304,81	19-05-2018	2.311,91
20-03-2018	2.309,67	20-03-2018	2.308,87	19-06-2018	2.304,69	19-06-2018	2.311,91
05-04-2018	2.309,66	05-04-2018	2.308,85				
20-04-2018	2.309,65	20-04-2018	2.308,84				
05-05-2018	2.309,65	05-05-2018	2.308,84				
20-05-2018	2.309,64	20-05-2018	2.308,84				
05-06-2018	2.309,64	05-06-2018	2.308,84				
20-06-2018	2.309,65	20-06-2018	2.308,85				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-44: Nivel observado⁴³ (m.s.n.m.) en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este



⁴³ Nivel dinámico para el caso del pozo de extracción de agua industrial CA-2015



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.1.2 Pozos en zona marginal

En adición a los pozos pertenecientes al Sistema de Vegetación Borde Este que fueron presentados como parte de los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, la zona marginal cuenta con 7 puntos de control de nivel comprometidos. Como puede observarse, en el semestre de monitoreo se realizaron las mediciones en todos los puntos de control comprometidos y de acuerdo con la frecuencia establecida.

En la Tabla 5-38 se presentan los resultados de los pozos ubicados dentro de la zona marginal del Sistema Vegetación Borde Este, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-45. En términos generales no se identifican situaciones anómalas durante el periodo. A nivel general, los niveles en el sector oscilaron entre los 2.306 (L4-17) y los 2.317 msnm (L2-28).

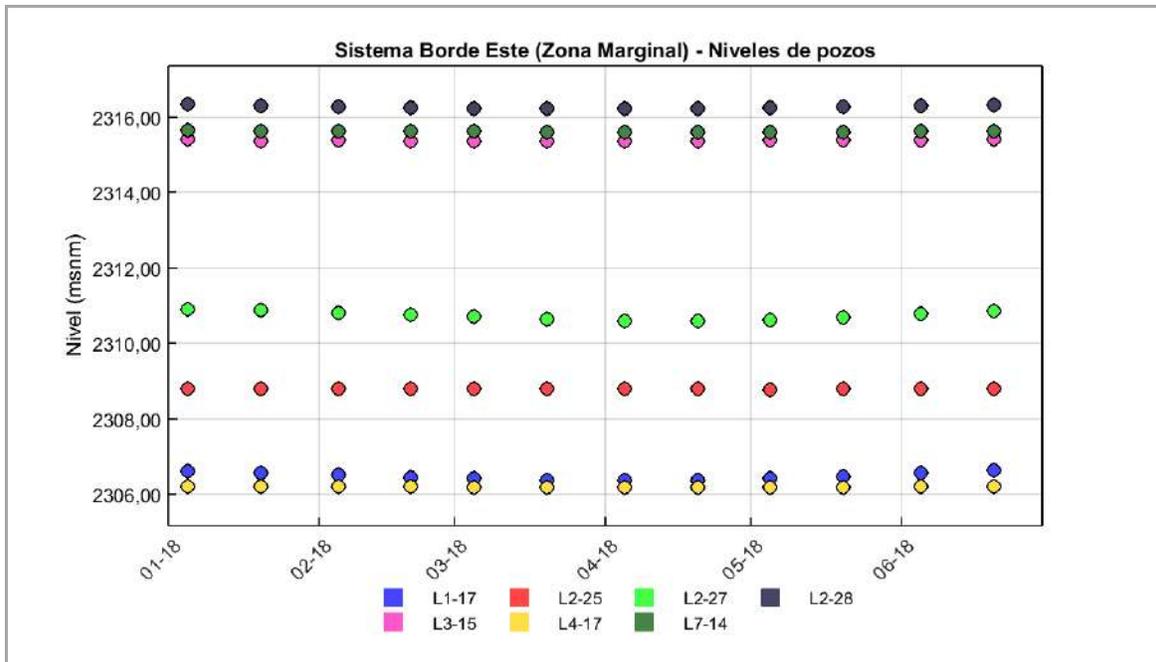
Tabla 5-38: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema de Vegetación Borde Este

L1-17		L2-25		L7-14		L2-27	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-01-18	2306,62	05-01-18	2308,81	05-01-18	2315,65	05-01-18	2310,92
20-01-18	2306,57	20-01-18	2308,80	20-01-18	2315,64	20-01-18	2310,88
05-02-18	2306,52	05-02-18	2308,80	05-02-18	2315,63	05-02-18	2310,82
20-02-18	2306,46	20-02-18	2308,80	20-02-18	2315,63	20-02-18	2310,77
05-03-18	2306,42	05-03-18	2308,79	05-03-18	2315,62	05-03-18	2310,71
20-03-18	2306,39	20-03-18	2308,79	20-03-18	2315,61	20-03-18	2310,65
05-04-18	2306,37	05-04-18	2308,79	05-04-18	2315,61	05-04-18	2310,61
20-04-18	2306,38	20-04-18	2308,79	20-04-18	2315,60	20-04-18	2310,59
05-05-18	2306,42	05-05-18	2308,79	05-05-18	2315,61	05-05-18	2310,61

20-05-18	2306,49	20-05-18	2308,80	20-05-18	2315,61	20-05-18	2310,69
05-06-18	2306,57	05-06-18	2308,80	05-06-18	2315,62	05-06-18	2310,78
20-06-18	2306,64	20-06-18	2308,81	20-06-18	2315,63	20-06-18	2310,86
L2-28		L3-15		L4-17			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
05-01-18	2316,35	05-01-18	2315,40	05-01-18	2306,22		
20-01-18	2316,30	20-01-18	2315,37	20-01-18	2306,21		
05-02-18	2316,28	05-02-18	2315,38	05-02-18	2306,21		
20-02-18	2316,25	20-02-18	2315,37	20-02-18	2306,20		
05-03-18	2316,23	05-03-18	2315,37	05-03-18	2306,20		
20-03-18	2316,22	20-03-18	2315,37	20-03-18	2306,20		
05-04-18	2316,22	05-04-18	2315,37	05-04-18	2306,19		
20-04-18	2316,23	20-04-18	2315,37	20-04-18	2306,19		
05-05-18	2316,25	05-05-18	2315,38	05-05-18	2306,19		
20-05-18	2316,28	20-05-18	2315,39	20-05-18	2306,20		
05-06-18	2316,30	05-06-18	2315,39	05-06-18	2306,21		
20-06-18	2316,32	20-06-18	2315,41	20-06-18	2306,22		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-45: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema de Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2 Caudal bombeado

Para el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, el único pozo de extracción operativo corresponde al denominado CA-2015, cuyo caudal medio mensual extraído durante el período enero a junio de 2018 se presenta en la Tabla 5-39 y gráficamente en la Figura 5-46 . Durante el periodo que se reporta, los caudales bombeados se ajustan correctamente a lo autorizado, esto es 35 L/s.

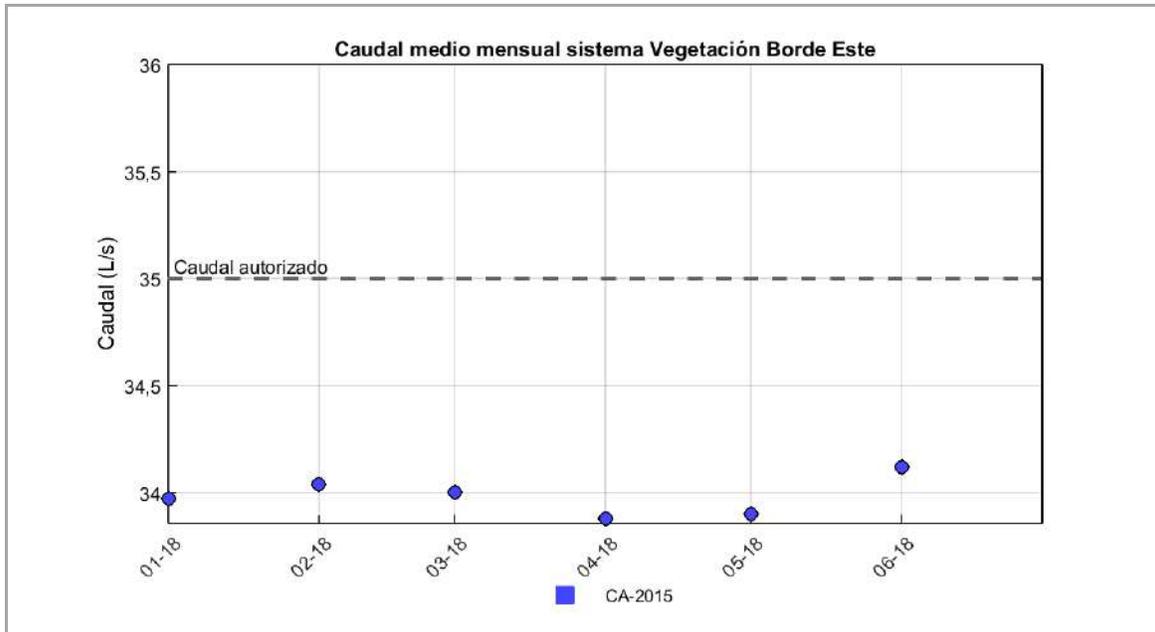
En Anexo 5 se presentan los certificados de calibración del flujómetro instalado en el pozo de agua industrial (L/s) perteneciente al Sistema Vegetación Borde Este.

Tabla 5-39: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este para el primer semestre de 2018.

CA-2015	
Mes	Caudal medio mensual (L/s)
ene-18	33,97
feb-18	34,04
mar-18	34,00
abr-18	33,88
may-18	33,90
jun-18	34,12

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-46: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.3 Calidad química

Se presentan los resultados de las mediciones y análisis físico-químicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Vegetación Borde Este durante el primer semestre de 2018.

Como se señaló en la sección 5.2.1.4, los pozos L2-4 y L7-3 pertenecen a la red de monitoreo del sistema Soncor y en forma conjunta al sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron presentados en relación con el Sistema Soncor, no se incluyen en el presente acápite.

De la misma forma, y como fuera señalado en la sección 5.2.2.3, el pozo L4-3 es parte del monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y en forma conjunta del Sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dicho punto fueron presentados en relación con el Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente acápite.

En la Figura 4-9 y en la Tabla 4-3 de la Sección 4 del presente informe, se indican los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este, clasificados de acuerdo a sus coordenadas, tipo de punto de control, variable ambiental y parámetros de monitoreo, además de la frecuencia establecida.

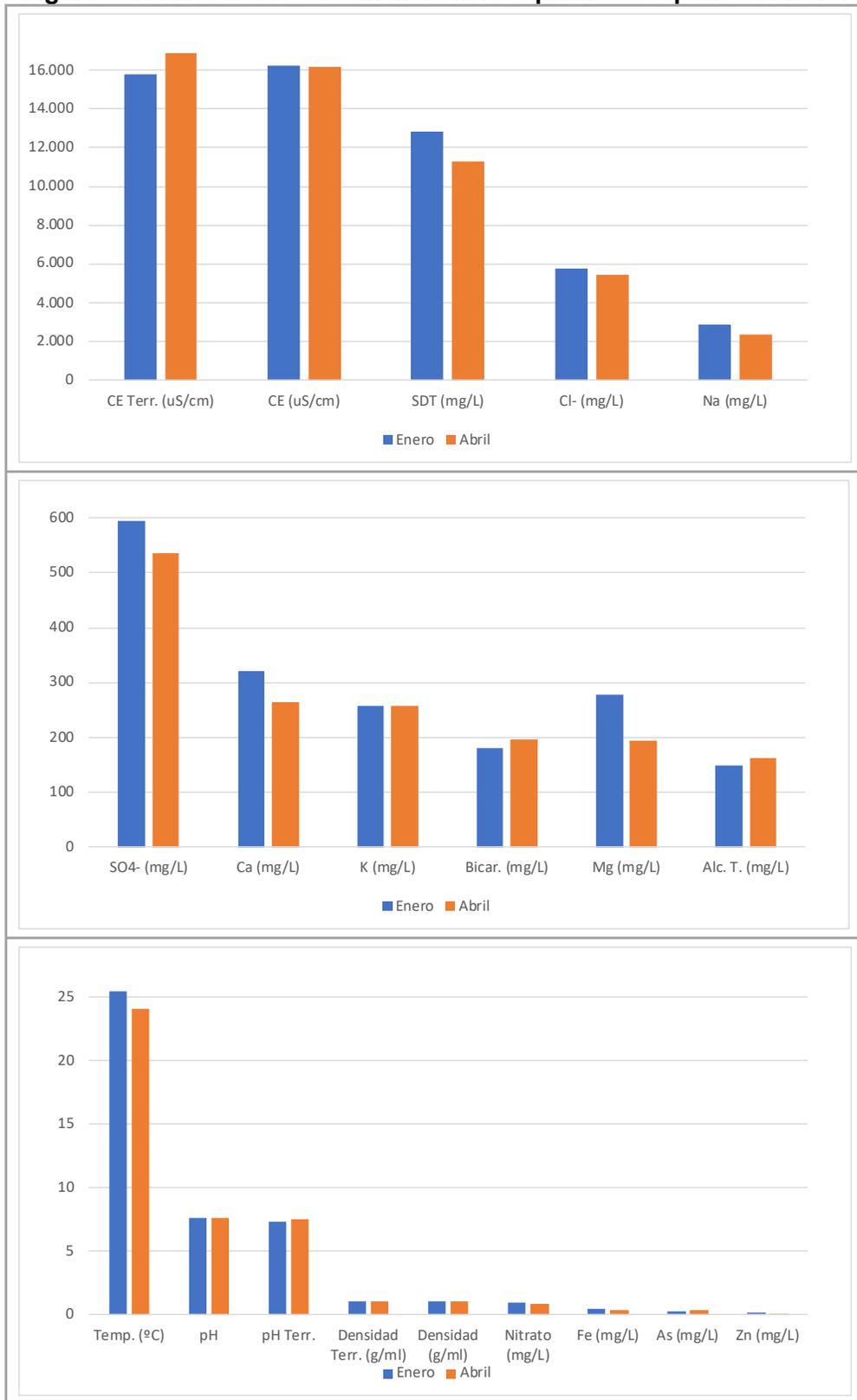
Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad físico-química de los distintos parámetros monitoreados, por lo anterior, en esta sección se presentan los resultados gráficos y numéricos del monitoreo de calidad química del agua, sin contrastarse con límites o umbrales de control. Por su parte, el análisis del comportamiento histórico de la calidad se desarrolla en la Sección 5 del presente informe.

En el Anexo 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre⁴⁴. En el Anexo 6 se muestran el certificado de acreditación de SGS Chile Ltda. como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

A continuación, en la Tabla 5-40 se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio SGS Chile Ltda, al pozo de bombeo CA-2015 en el primer semestre de 2018. Por su parte, los resultados de los análisis efectuados se presentan en la Figura 5-47. Como se observa durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

⁴⁴ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Figura 5-47: Resultados de análisis físico-químico del pozo CA-2015.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-40: Resultados de análisis físico-químico para el pozo CA-2015 para el primer semestre de 2018

Parámetro	Unidad	CA-2015	
		25-01-18	26-04-18
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mgCaCO ₃ /L	148,3	162,0
Arsénico	mg/L	0,24	0,32
Bicarbonatos	mg/L	180,8	197,5
Calcio	mg/L	321,05	265,36
Carbonatos	mg/L	<0,20	<0,20
Conductividad	uS/cm	16.230	16.130
Conductividad Terreno	uS/cm	15.770	16.880
Cloruro	mg/L	5.783	5.454
Densidad	g/ml	1	1
Densidad Terreno	g/ml	1	1
Hierro	mg/L	0,47	0,35
Potasio	mg/L	257,31	257,83
Magnesio	mg/L	277,29	195,07
Manganeso	mg/L	<0,00250	<0,0025
Sodio	mg/L	2.906,57	2.353,93
Nitrógeno Nitrate	mg/L	0,92	0,81
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,02	<0,02
pH	-	7,60	7,60
pH Terreno	-	7,35	7,51
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	12.794	11.270
Sulfato	mg/L	595	536
Temperatura Terreno	°C	25,5	24,1
Zinc	mg/L	0,1595	0,0275

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Sistema Peine

De acuerdo a lo indicado en la sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Peine considera el monitoreo de las siguientes variables; nivel del agua (26 puntos), calidad química (6 puntos), aforos de caudal (2 puntos) y superficie lacustre (3 sectores). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.4.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de los puntos de control que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Peine, de acuerdo con la distribución señalada en la Figura 4-10 y en la Tabla 4-4. Tal como se indicó anteriormente, los resultados de las mediciones no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que pertenecen al Plan de Contingencias cuyos resultados fueron expuestos en la sección 5.1.

Cabe señalar que el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, pero para efectos de orden sólo serán presentados en esta sección.

Para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo, como el nivel del agua subterránea o superficial, según corresponda, expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral objeto del presente informe, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

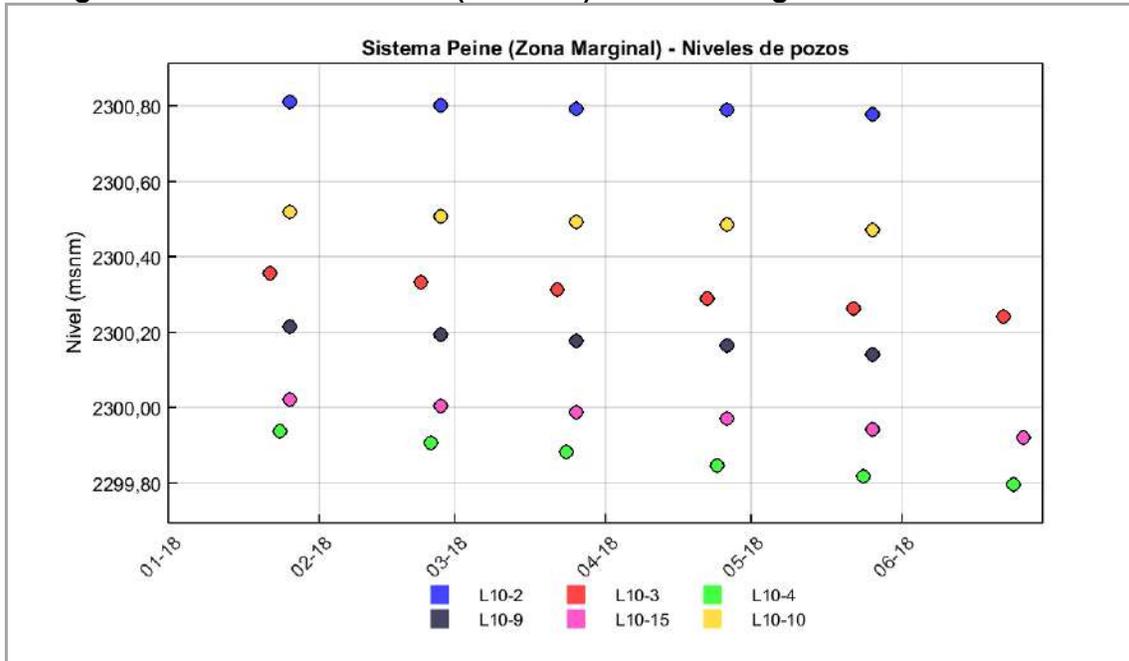
5.2.4.1.1 Pozos en zona marginal

La zona marginal cuenta con 7 puntos de control comprometidos para el Sistema Peine. Es importante aclarar que, si bien se efectuaron todas las campañas de monitoreo de acuerdo con la frecuencia establecida, algunos de los pozos no cuentan con medición de nivel en meses específicos, lo anterior 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 (ver Anexo 7). Cabe señalar que SQM ha realizado gestiones con la comunidad para superar la situación, sin obtener resultados satisfactorios a la fecha.

En la Tabla 5-41 se exponen los resultados de todos los pozos de monitoreo ubicados en el sector marginal del Sistema Peine. Para facilitar el análisis gráfico, los resultados se subagruparon en 2 grupos, según su ubicación y comportamiento (ver Figura 5-48 y Figura 5-49).

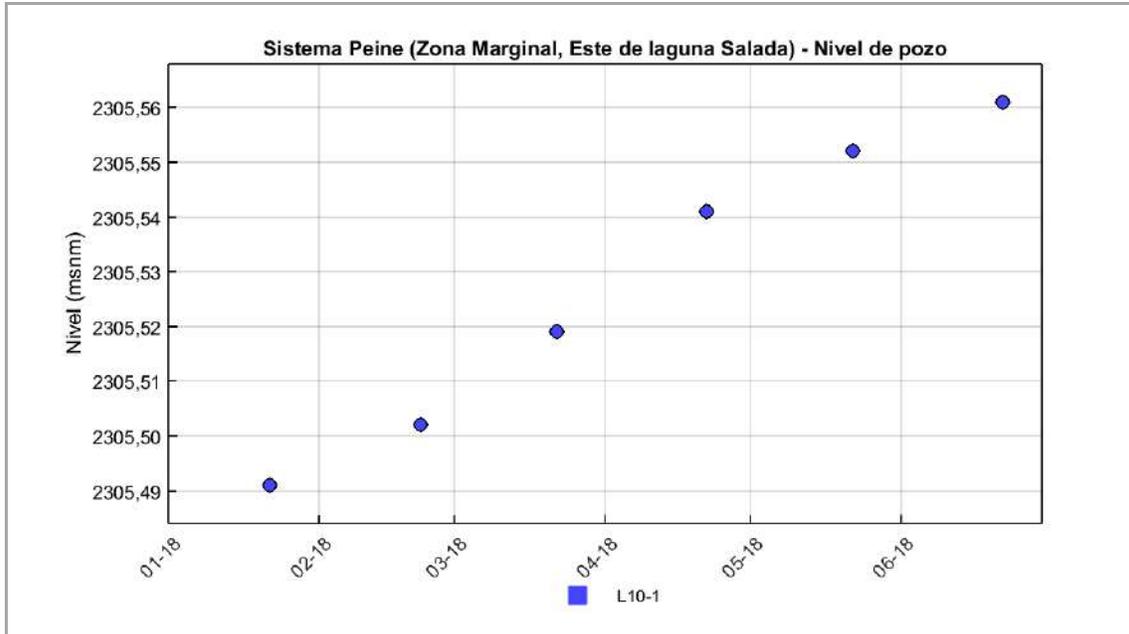
No se identifican situaciones anómalas durante el periodo bajo análisis, con niveles que oscilan entre los 2.299 (L10-4) y los 2.301 msnm (L10-2) para al primer grupo. Por su parte, en el segundo grupo, correspondiente al pozo L10-1, ubicado en el margen oriental de la zona, se observa un nivel cercano a los 2.305 msnm.

Figura 5-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal al Este de la Laguna Salada del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-41: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema Peine

L10-1		L10-2		L10-3		L10-4	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-01-2018	2.305,49	26-01-2018	2.300,81	22-01-2018	2.300,36	24-01-2018	2.299,94
22-02-2018	2.305,50	26-02-2018	2.300,80	22-02-2018	2.300,33	24-02-2018	2.299,91
22-03-2018	2.305,52	26-03-2018	2.300,79	22-03-2018	2.300,31	24-03-2018	2.299,88
22-04-2018	2.305,54	26-04-2018	2.300,79	22-04-2018	2.300,29	24-04-2018	2.299,85
22-05-2018	2.305,55	26-05-2018	2.300,78	22-05-2018	2.300,26	24-05-2018	2.299,82
22-06-2018	2.305,56	22-06-2018	S/I	22-06-2018	2.300,24	24-06-2018	2.299,80
L10-9		L10-10		L10-15			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
26-01-2018	2.300,22	26-01-2018	2.300,52	22-01-2018	2.300,02		
26-02-2018	2.300,19	26-02-2018	2.300,51	22-02-2018	2.300,01		
26-03-2018	2.300,18	26-03-2018	2.300,49	22-03-2018	2.299,99		
26-04-2018	2.300,17	26-04-2018	2.300,49	22-04-2018	2.299,97		
26-05-2018	2.300,14	26-05-2018	2.300,47	22-05-2018	2.299,94		
26-01-2018	2.300,22	22-06-2018	S/I	22-06-2018	2.299,92		

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1.2 Pozos en zona núcleo

En esta sección se exponen los resultados del monitoreo efectuado durante el primer semestre del año 2018 en los 16 pozos que se encuentran en el núcleo del Salar en el sector del Sistema Peine.

Como puede observarse, se efectuaron mediciones en todos los puntos de control comprometidos y de acuerdo con la frecuencia establecida, no pudiendo efectuarse las mediciones en algunos pozos durante el mes de junio, ya que, al igual que para pozos de la zona marginal, existieron restricciones de acceso por parte de la comunidad de Peine, que impidieron ingresar al sector de ubicación de dichos puntos de control (para mayor detalle ver apartado anterior y Anexo 7).

En la Tabla 5-42 se exponen los resultados de todos los pozos de monitoreo ubicados en la zona núcleo del Sistema Peine. La visualización gráfica se presenta en la Figura 5-50. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo bajo análisis, con niveles que oscilan entre los 2.299 (pozo 1024) y los 2.230 msnm (GD-03).

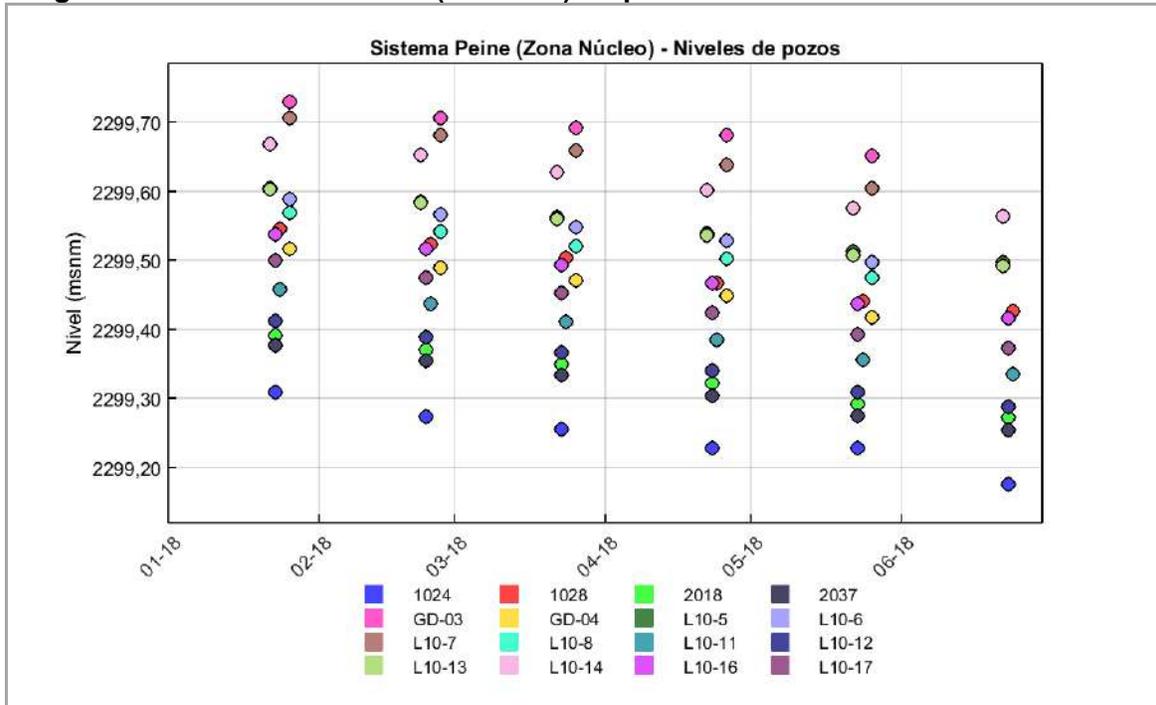
Tabla 5-42: Registro de Niveles para los pozos de salmuera del Sistema Peine.

L10-5		L10-6		L10-7		L10-8	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-01-2018	2.299,60	26-01-2018	2.299,59	26-01-2018	2.299,71	26-01-2018	2.299,57
22-02-2018	2.299,59	26-02-2018	2.299,57	26-02-2018	2.299,68	26-02-2018	2.299,54
22-03-2018	2.299,56	26-03-2018	2.299,55	26-03-2018	2.299,66	26-03-2018	2.299,52

22-04-2018	2.299,54	26-04-2018	2.299,53	26-04-2018	2.299,64	26-04-2018	2.299,50
22-05-2018	2.299,51	26-05-2018	2.299,50	26-05-2018	2.299,60	26-05-2018	2.299,47
22-06-2018	2.299,50	26-06-2018	S/I	26-06-2018	S/I	26-06-2018	S/I
1024		1028		2018		2037	
Fecha	Nivel (msnm)						
23-01-2018	2.299,31	24-01-2018	2.299,55	23-01-2018	2.299,39	23-01-2018	2.299,38
23-02-2018	2.299,27	24-02-2018	2.299,52	23-02-2018	2.299,37	23-02-2018	2.299,36
23-03-2018	2.299,26	24-03-2018	2.299,50	23-03-2018	2.299,35	23-03-2018	2.299,33
23-04-2018	2.299,23	24-04-2018	2.299,47	23-04-2018	2.299,32	23-04-2018	2.299,30
23-05-2018	2.299,23	24-05-2018	2.299,44	23-05-2018	2.299,29	23-05-2018	2.299,27
23-06-2018	2.299,18	24-06-2018	2.299,43	23-06-2018	2.299,27	23-06-2018	2.299,25
GD-03		GD-04		L10-11		L10-12	
Fecha	Nivel (msnm)						
26-01-2018	2.299,73	26-01-2018	2.299,52	24-01-2018	2.299,46	23-01-2018	2.299,41
26-02-2018	2.299,71	26-02-2018	2.299,49	24-02-2018	2.299,44	23-02-2018	2.299,39
26-03-2018	2.299,69	26-03-2018	2.299,47	24-03-2018	2.299,41	23-03-2018	2.299,37
26-04-2018	2.299,68	26-04-2018	2.299,45	24-04-2018	2.299,38	23-04-2018	2.299,34
26-05-2018	2.299,65	26-05-2018	2.299,42	24-05-2018	2.299,36	23-05-2018	2.299,31
26-06-2018	S/I	26-06-2018	S/I	24-06-2018	2.299,34	23-06-2018	2.299,29
L10-13		L10-14		L10-16		L10-17	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-01-2018	2.299,60	22-01-2018	2.299,67	23-01-2018	2.299,54	23-01-2018	2.299,50
22-02-2018	2.299,58	22-02-2018	2.299,65	23-02-2018	2.299,52	23-02-2018	2.299,48
22-03-2018	2.299,56	22-03-2018	2.299,63	23-03-2018	2.299,49	23-03-2018	2.299,45
22-04-2018	2.299,54	22-04-2018	2.299,60	23-04-2018	2.299,47	23-04-2018	2.299,42
22-05-2018	2.299,51	22-05-2018	2.299,58	23-05-2018	2.299,44	23-05-2018	2.299,39
22-06-2018	2.299,49	22-06-2018	2.299,56	23-06-2018	2.299,42	23-06-2018	2.299,37

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-50: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de salmuera del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1.3 Nivel lacustre

Las mediciones del nivel lacustre mediante reglillas para el sistema Peine son realizadas directamente por CONAF y se incluyen en esta sección en virtud del convenio entre CONAF y SQM, vigente para el periodo 2014-2019, relativo al “Plan de Monitoreo Ambiental Hábitat y Avifauna del Salar de Atacama”.

En la Tabla 5-43 se presentan los niveles medidos trimestralmente por CONAF en las lagunas Salada, Saladita e Interna, cuyos resultados gráficos se exponen en la Figura 5-51. Cabe señalar que por parte de CONAF no se informan registros de nivel de Laguna Interna durante las visitas efectuadas el año 2018, atendido que en el lugar donde está ubicada la reglilla no hay agua. La laguna Interna es muy variable en su morfología de un año a otro, por encontrarse en la zona terminal o de descarga de las lagunas Salada y Saladita; por lo que pueden aparecer y desaparecer nuevas zonas inundadas de un año a otro, dependiendo de las precipitaciones en la zona⁴⁵. Tal como se señala en la sección 6.2.4, la Laguna Interna se ha manifestado seca en el lugar de medición desde el año 2016.

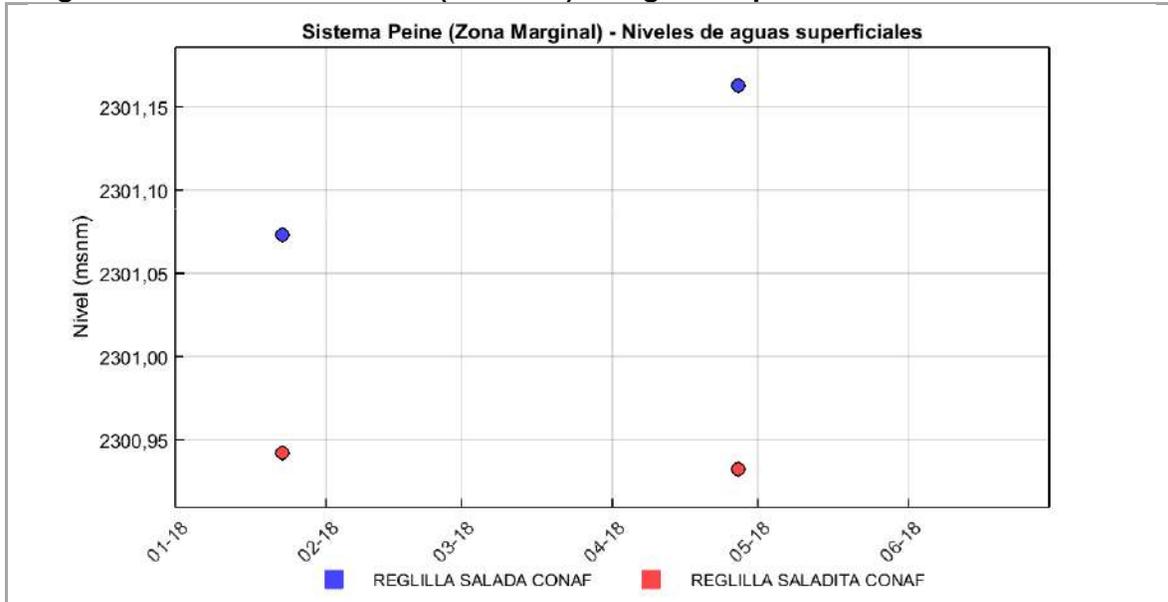
⁴⁵ EIA del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, Capítulo 5, punto 5.6.8.

Tabla 5-43: Registro de Niveles lacustres del Sistema Peine.

Salada		Saladita		Interna	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
23-01-2018	2.301,07	23-01-2018	2.300,94	23-01-2018	-
27-04-2018	2.301,16	27-04-2018	2.300,93	27-04-2018	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en aguas superficiales en Sistema Peine.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.2 Calidad química

Se presentan los resultados de las mediciones y análisis físico-químicos efectuados sobre todos los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Peine durante el primer semestre del año 2018. Si bien el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, pero para efectos de orden sólo serán presentados en esta sección.

En la Figura 4-10 y en la Tabla 4-4 de la Sección 4 del presente informe, se indican los puntos de monitoreo del sistema Peine, clasificados de acuerdo a sus coordenadas, tipo de punto de control, variable ambiental y parámetros de monitoreo, además de la frecuencia establecida.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad físico-química de los distintos 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 5 del presente informe.

Respecto a los parámetros de calidad del agua de las lagunas del sistema Peine, CONAF realiza el muestreo en el marco del convenio que actualmente posee con SQM. Por su

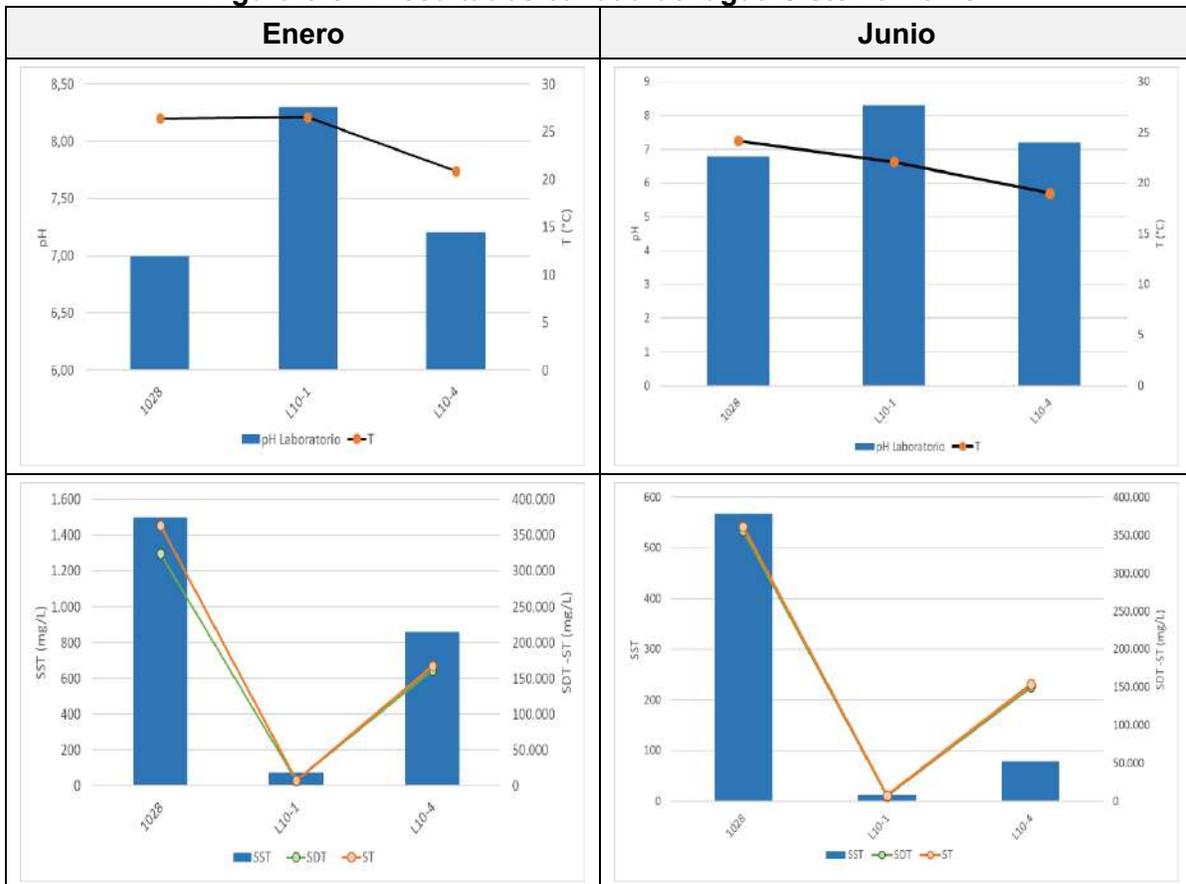
parte, los pozos de control con compromiso de monitoreo de calidad son efectuados por SGS Chile Ltda.

En el Anexo 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre⁴⁶. En el Anexo 6 se muestran el certificado de acreditación de SGS Chile Ltda. como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

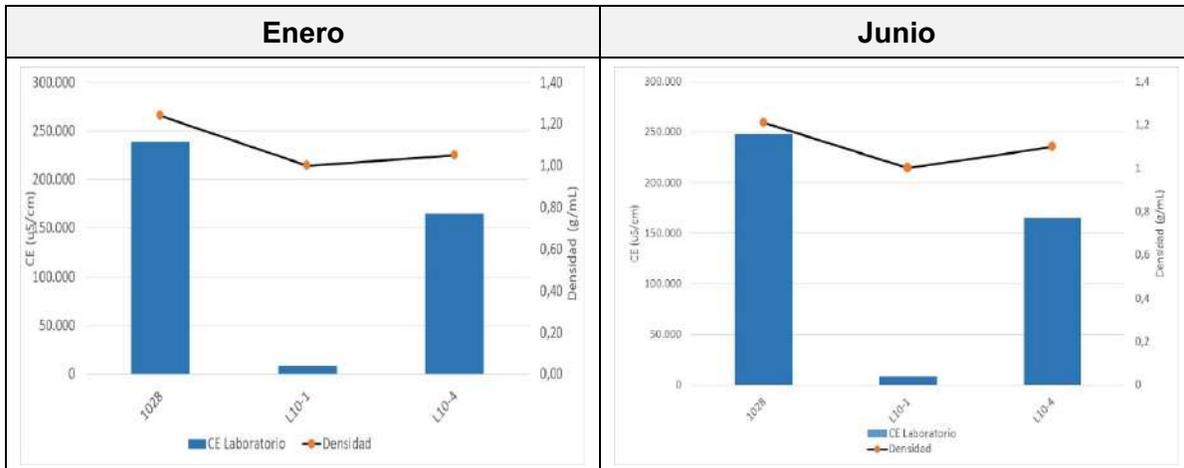
5.2.4.2.1 Muestreo de aguas de responsabilidad de SQM (ETFA)

A continuación, en la Tabla 5-44 se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio SGS Chile Ltda, a los pozos de monitoreo en el primer semestre del año 2018. Por su parte, los resultados de los análisis efectuados se presentan en la Figura 5-52. Como se observa durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Figura 5-52: Resultados calidad del agua Sistema Peine



⁴⁶ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-44: Resultados calidad del agua Sistema Peine primer semestre de 2018.

Parámetro	Unidad	1028		L10-1		L10-4	
		25-01-2018	25-04-2018	25-01-2018	25-01-2018	25-04-2018	25-01-2018
Conductividad	uS/cm	239.000	248.000	8.640	8.310	165.300	165.100
Conductividad Terreno	uS/cm	239.000	242.000	8.610	8.690	164.700	165.200
Densidad	g/ml	1,24	1,21	1,00	1,00	1,05	1,10
Densidad Terreno	g/ml	1,21	1,21	1,00	1,00	1,12	1,10
pH	-	7,0	6,8	8,3	8,3	7,2	7,2
pH Terreno	-	7,12	7,2	8,22	8,4	7,35	7,6
Solidos Disueltos T.	mg/L	324.410	356.360	6.309	7.470	161.070	151.100
Solidos Suspendidos T.	mg/L	1.496	568	73	13	860	79
Solidos Totales	mg/L	363.710	361.290	7.110	8.215	167.070	154.430
Temperatura Terreno	°C	26,4	24,2	26,5	22,1	20,9	19

Fuente: Elaboración propia.

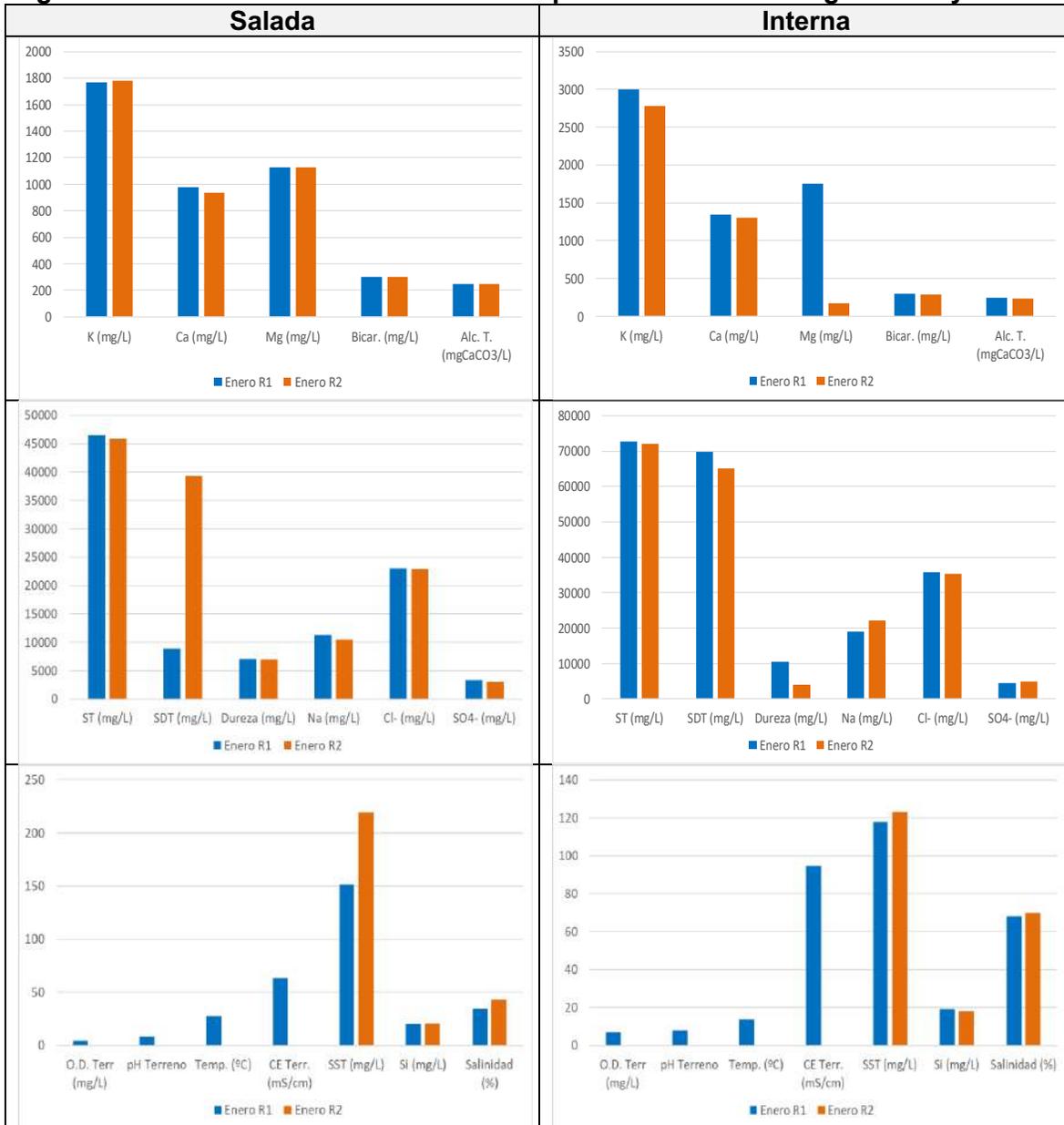
5.2.4.2.2 Muestreo realizado por CONAF

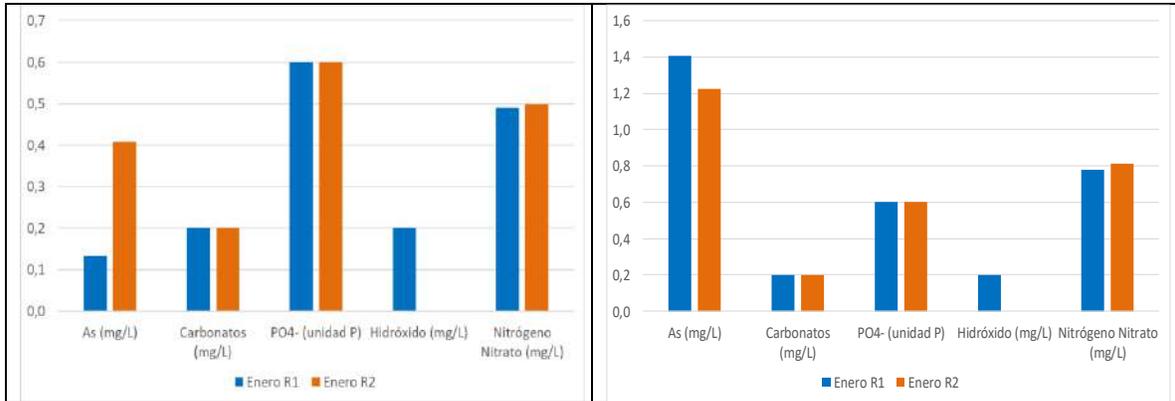
En la presente sección se entregan los resultados de los análisis físico-químicos de muestras de agua tomadas en terreno por CONAF en los puntos de control lacustre denominados Interna, Salada y Saladita. Durante el primer semestre de 2018 se analizaron duplicados en todos los muestreos efectuados. En la campaña de monitoreo de abril de 2018 no se registran mediciones de CONAF en los tres puntos de monitoreo, debido a que la comunidad de Peine no autorizó el acceso a los sectores en que se emplazan esos puntos.

En la Figura 5-53 se presentan las concentraciones de los distintos parámetros obtenidas en enero 2018 para los sistemas Laguna Interna y Salada. Lo propio se reporta en la Figura 5-54 para el sistema Laguna Saladita. Por su parte, en la Tabla 5-45 se detallan los

resultados numéricos del seguimiento ambiental efectuado por CONAF en los tres sistemas lacustres objeto de monitoreo.

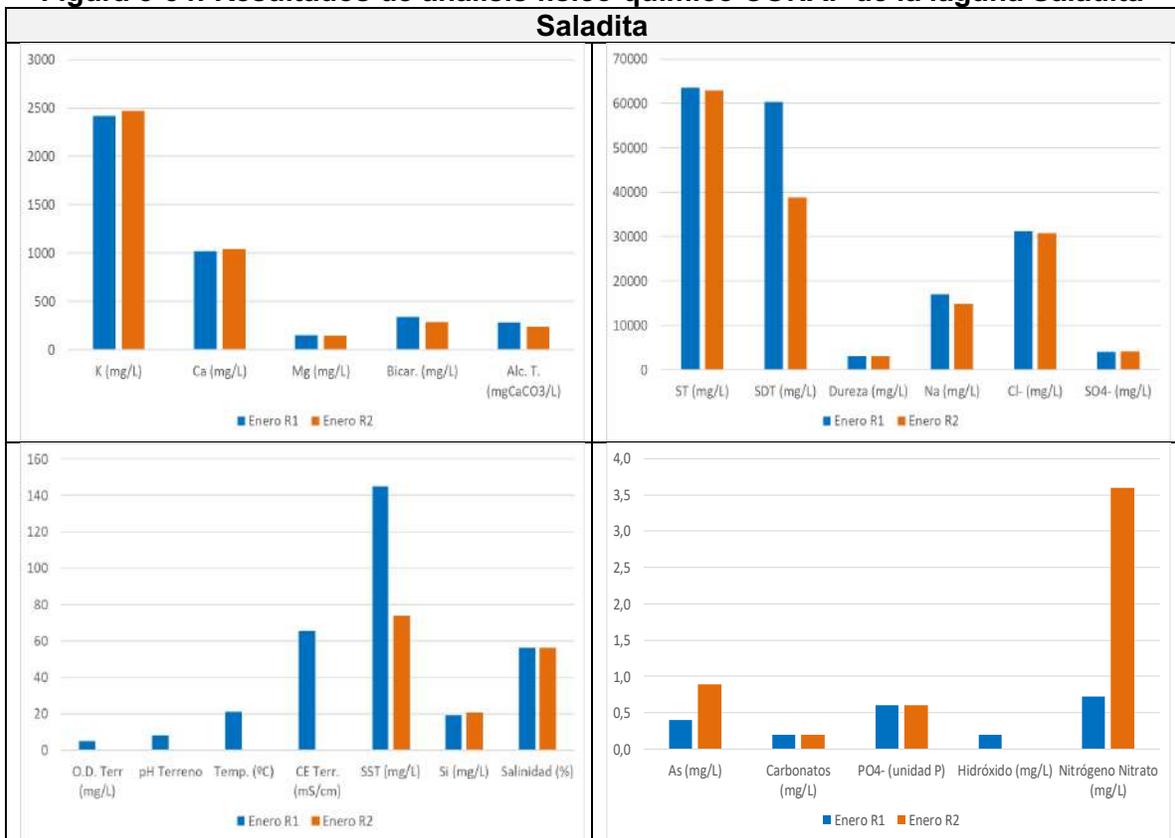
Figura 5-53: Resultados de análisis físico-químico CONAF de Lag. Interna y Salada.





Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-54: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Saladita



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-45: Resultados de los análisis físico químicos de Lagunas Sistema Peine primer semestre de 2018 realizados por CONAF.

Parámetro	Unidad	Interna		Salada		Saladita	
		23-01-2018	23-01-2018	23-01-2018	23-01-2018	23-01-2018	23-01-2018
		R1	R2	R.1	R.2	R.1	R.2
Oxígeno disuelto	mg/L	6,95	-	4,14	-	4,81	-
pH Terreno	-	7,89	-	8,13	-	7,90	-
Temperatura Terreno	(°C)	13,55	-	27,77	-	21,20	-
CE Terreno	(mS/cm)	94,57	-	63,65	-	65,30	-
Sólidos totales	(mg/L)	72.865,00	72.125,00	46.455,00	45.825,00	63.600,00	62.905,00
Sólidos disueltos totales	(mg/L)	69.900,00	65.245,00	8.834,00	39.340,00	60.340,00	38.800,00
Sólidos suspendidos	(mg/L)	118,00	123,00	151,00	219,00	145,00	74,00
Dureza	(mg/L)	10.567,00	3.970,00	7.096,00	6.980,00	3.158,00	3.218,00
Sodio	(mg/L)	18.915,00	22.012,00	11.274,00	10.469,00	17.043,00	14.837,00
Arsénico	(mg/L)	1,41	1,23	0,13	0,41	0,40	0,90
Potasio	(mg/L)	3.003,40	2.784,85	1.767,65	1.780,63	2.414,80	2.467,30
Calcio	(mg/L)	1.344,00	1.304,69	979,49	934,08	1.017,58	1.045,39
Magnesio	(mg/L)	1.749,25	172,00	1.127,95	1.127,30	149,05	146,24
Cloruro	(mg/L)	35.719,00	35.319,00	22.993,00	22.933,00	31.130,00	30.810,00
Sulfato	(mg/L)	4.474,00	4.762,00	3.276,00	3.040,00	4.116,00	4.159,00
Bicarbonatos	(mg/L)	299,20	282,90	303,50	301,90	344,10	287,50
Carbonatos	(mg/L)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Nitrato	(mg/L)	-	-	-	-	-	-
Fosfato (como P)	(unidad de P)	-	-	-	-	-	-
Sílice	(mg/L)	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Alcalinidad	(mg/L)	19,20	18,20	20,00	20,20	19,20	20,70
Hidróxido	(mg/L)	245,40	232,00	249,00	247,70	282,30	235,80
Salinidad	(‰)	<0,20	-	<0,20	-	<0,20	-
Nitrógeno de Nitrato	(mg/L)	68,00	70,00	35,00	43,00	56,00	56,00

Fuente: Elaboración propia

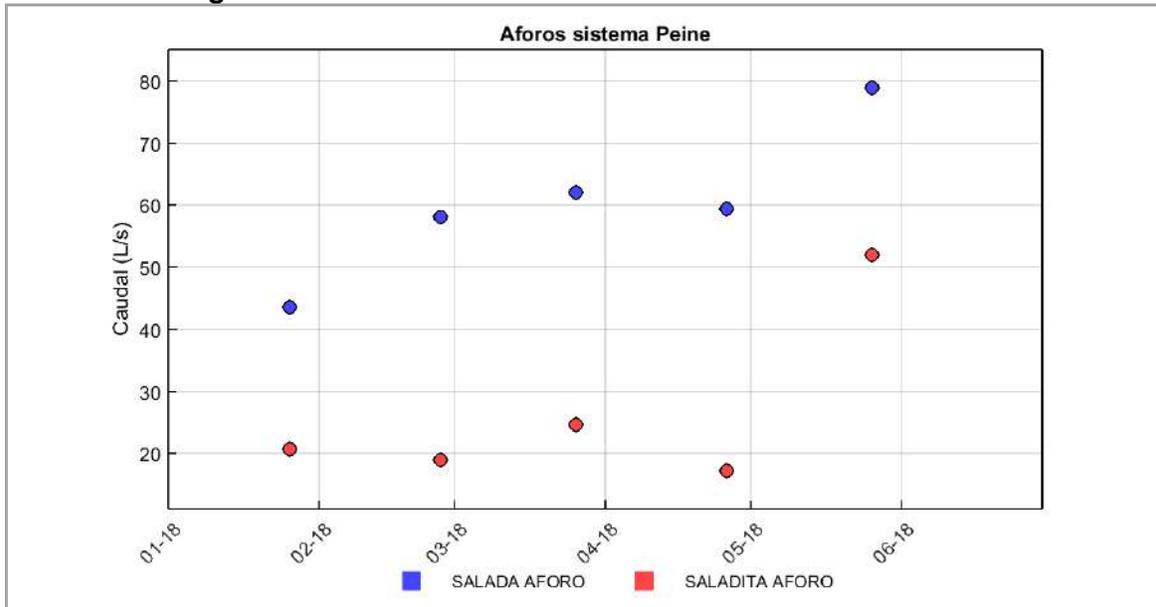
5.2.4.3 Aforos de caudal

En la presente sección se muestran los resultados de las mediciones del caudal pasante en las dos estaciones de aforo comprometidas en el Sistema Peine durante el primer semestre de 2018, esto es en las estaciones Salada y Saladita. Cabe señalar que en la evaluación ambiental del proyecto no se establecen límites para el flujo en dichas secciones. Por lo anterior, su evaluación en relación a la evolución histórica registrada se efectúa en la Sección 6 del presente informe.

Al igual que para algunos pozos de monitoreo, durante el período de registro no fue posible realizar las mediciones mensuales correspondientes al mes de junio debido a no contar con el permiso de la comunidad para ingresar al sector (para mayor detalle ver apartado 5.2.4.1 y Anexo 7).

En la Tabla 5-46 se presentan los caudales registrados mensualmente en ambas lagunas, resultados que se pueden observar gráficamente en la Figura 5-55. El máximo caudal pasante en el período se registró en la sección de aforo de laguna Salada, con 78,9 L/s en mayo de 2018. Por su parte, el mínimo correspondió al monitoreo efectuado durante el mes de abril en la estación Saladita (17,2 L/s).

Figura 5-55: Resultados Aforos mensuales Sistema Peine.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-46: Resultados aforos Sistema Peine para el primer semestre de 2018.

Mes	Fecha	Salada (L/s)	Saladita (L/s)
Enero	26-01-2018	43,6	20,7
Febrero	26-02-2018	58,1	19,0
Marzo	26-03-2018	62,0	24,6
Abril	26-04-2018	59,4	17,2
Mayo	26-05-2018	78,9	52,0
Junio	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.4 Superficie lacustre

En la Tabla 5-47 se presenta, para el primer semestre de 2018, la superficie lacustre de los dos cuerpos de agua del sistema Peine medidos por CONAF en forma trimestral, los cuales se denominan Laguna Salada y Saladita, en adición a la medición anual efectuada por

GEOBIOTA, donde se incluye el sistema terminal denominado laguna Interna. Los monitoreos realizados por CONAF son el resultado de mediciones efectuadas a través de estacas perimetrales, mientras los de GEOBIOTA corresponden a mediciones realizadas mediante imágenes satelitales. Se observa consistencia entre ambas mediciones, con diferencias menores al 10% entre ambas metodologías.

Se acompaña en Anexo 11 la información de sustento para la determinación de la superficie lacustre para las lagunas Salada, Saladita e Interna en el período semestral objeto del presente informe.

Tabla 5-47: Superficie lacustre medida por CONAF primer semestre de 2018.

Periodo	Fecha medición	Responsable	Superficie (m ²)		
			Interna	Salada	Saladita
ene - mar 2018	15-01-2018	CONAF ⁴⁷	-	167.056,00	88.402,00
abr - jun 2018	26-04-2018	CONAF	-	188.836,40	98.937,30
abr 2018	15-04-2018	GEOBIOTA ⁴⁸	112.523,00	200.710,00	95.010,00

Fuente: Elaboración propia

5.2.5 Sector Vegas de Tilopozo

De acuerdo a lo indicado en la sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Vegas de Tilopozo sólo considera el monitoreo del nivel del agua en 5 puntos; 4 pozos y una reglilla. Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.5.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegas de Tilopozo, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-11 y en la Tabla 4-5. Tal como se indicó anteriormente, los resultados de las mediciones no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que permiten anticipar un potencial efecto sobre los sistemas objeto de proteger (Soncor, Aguas de Quelana, Vegetación Borde Este y Peine), en el marco del Plan de Contingencias, cuyos resultados fueron expuestos en la sección 5.1. En este contexto, cabe señalar que el PSAH no define indicadores de estado para este sector.

Para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo, como el nivel del agua subterránea o superficial, según corresponda, expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral objeto del presente informe, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

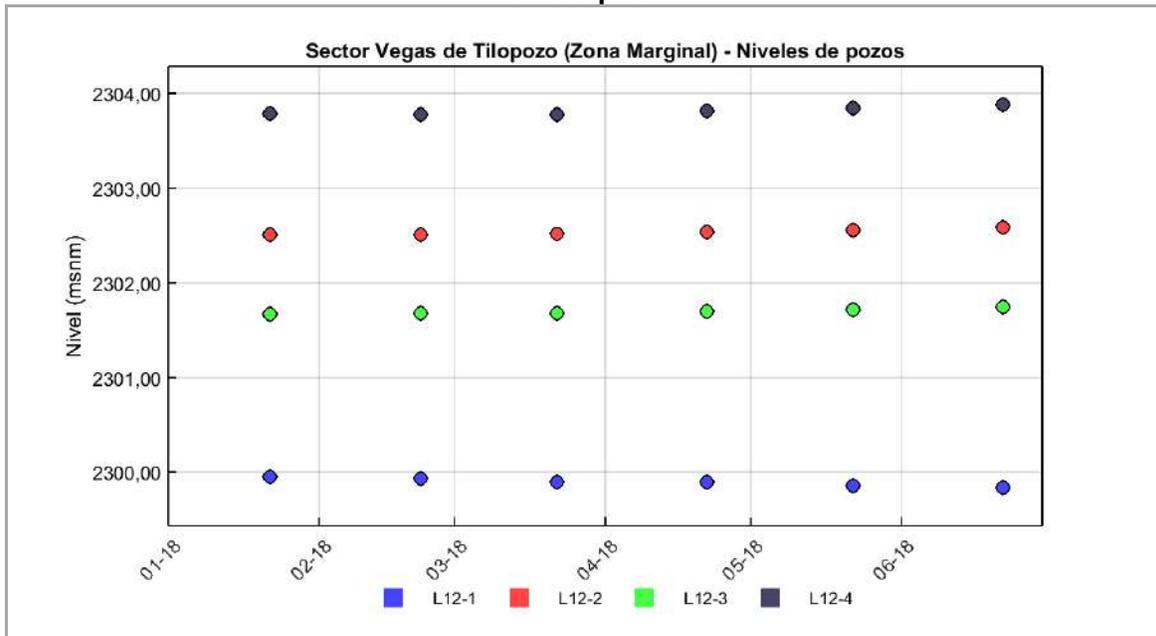
⁴⁷ Medición con Estacas Perimetrales

⁴⁸ Medición con Imágenes Satelitales

5.2.5.1.1 Pozos Zona Marginal

En la Tabla 5-48 se exponen los resultados de los cuatro pozos de control que se ubican en este sector para el primer semestre de 2018, los cuales fueron monitoreados manualmente de acuerdo a la frecuencia establecida. En la Figura 5-56 se presenta en forma gráfica la evolución de los niveles durante el primer semestre del año 2018. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.299 (L12-1) y los 2.304 msnm (L12-4).

Figura 5-56: Nivel observado (m.s.n.m.) en el agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-48: Registro de Niveles del agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo

L12-1		L12-2		L12-3		L12-4	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-01-2018	2.299,95	22-01-2018	2.302,50	22-01-2018	2.301,67	22-01-2018	2.303,78
22-02-2018	2.299,93	22-02-2018	2.302,51	22-02-2018	2.301,67	22-02-2018	2.303,78
22-03-2018	2.299,90	22-03-2018	2.302,51	22-03-2018	2.301,68	22-03-2018	2.303,78
22-04-2018	2.299,89	22-04-2018	2.302,54	22-04-2018	2.301,70	22-04-2018	2.303,81
22-05-2018	2.299,86	22-05-2018	2.302,56	22-05-2018	2.301,72	22-05-2018	2.303,84
22-06-2018	2.299,84	22-06-2018	2.302,58	22-06-2018	2.301,74	22-06-2018	2.303,88

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5.1.2 Nivel de agua superficial

En esta sección se presentan los niveles de agua superficial medidos en forma manual en la reglilla de Tilopozo entre enero y junio de 2018.

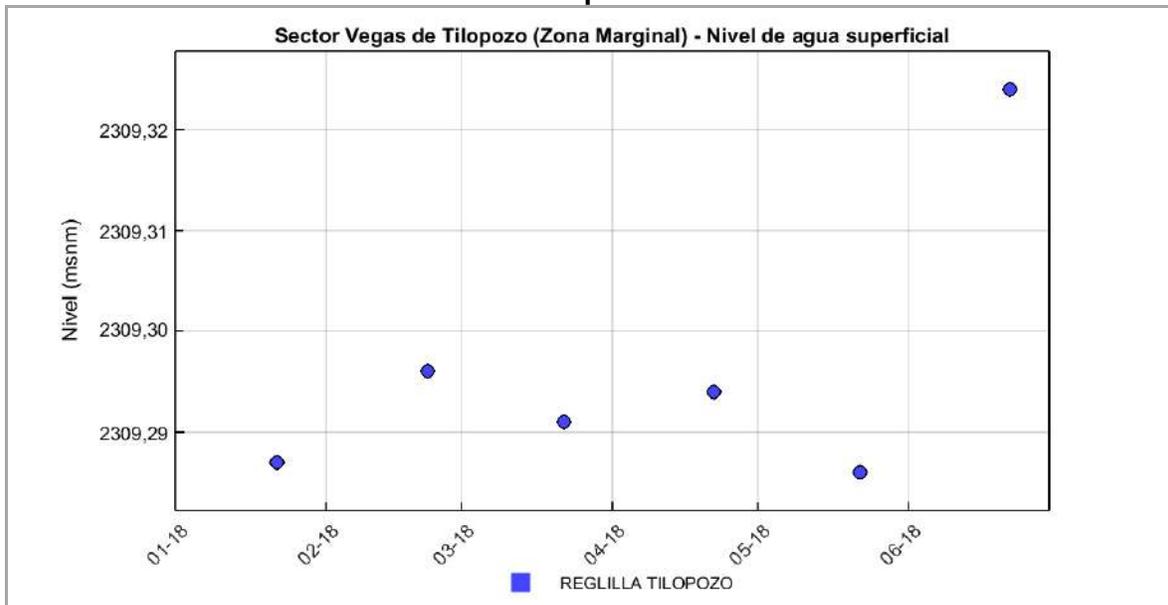
En la Tabla 5-49 se muestra los resultados de las mediciones manuales efectuadas mensualmente durante el primer semestre de 2018⁴⁹, cuyos resultados gráficos se exponen en la Figura 5-57, evidenciándose niveles que oscilan entorno a los 2.309 msnm. Cabe señalar que se dispone de registros de acuerdo con la frecuencia establecida.

Tabla 5-49: Registro de Niveles del agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo

Reglilla Tilopozo	
Fecha	Nivel (msnm)
22-01-2018	2.309,29
22-02-2018	2.309,30
22-03-2018	2.309,29
22-04-2018	2.309,29
22-05-2018	2.309,29
22-06-2018	2.309,32

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Núcleo del Salar de Atacama

De acuerdo a lo indicado en la sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Núcleo del Salar de Atacama considera el monitoreo de las siguientes

⁴⁹ En tabla se presentan los resultados de las mediciones de nivel expresadas en metros sobre el nivel del mar. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente en cada reglilla.

variables; nivel del agua (21 puntos), meteorología (1 estación) y calidad química (2 puntos). Los resultados obtenidos para el primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.6.1 Nivel de salmuera

En esta sección se presentan 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 2018, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-12 y en la Tabla 4-6. Tal como se indicó anteriormente, los resultados de las mediciones no se contrastan con límites de control, ya que el PSAH sólo define umbrales para aquellos puntos de monitoreo que permiten anticipar un potencial efecto sobre los sistemas objeto de proteger (Soncor, Aguas de Quelana, Vegetación Borde Este y Peine), en el marco del Plan de Contingencias, cuyos resultados fueron expuestos en la sección 5.1. En este contexto, el PSAH no define indicadores de estado para el sector Núcleo del Salar de Atacama.

Como se señaló en la sección 5.2.2.1, el pozo SOPM-8 (L3-4) pertenece a la red de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana y en forma conjunta al sistema Núcleo del Salar de Atacama. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron expuestos en relación al Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente apartado.

Para cada punto se presenta tanto la fecha de monitoreo, como el nivel del agua subterránea o superficial, según corresponda, expresado en metros por sobre el nivel medio del mar (msnm). En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral objeto del presente informe, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

Para facilitar el análisis, los resultados se agruparon en 3 sub-grupos de acuerdo a 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. Como puede observarse, en el semestre de monitoreo se realizaron las mediciones en todos los puntos de control comprometidos y de acuerdo con la frecuencia establecida.

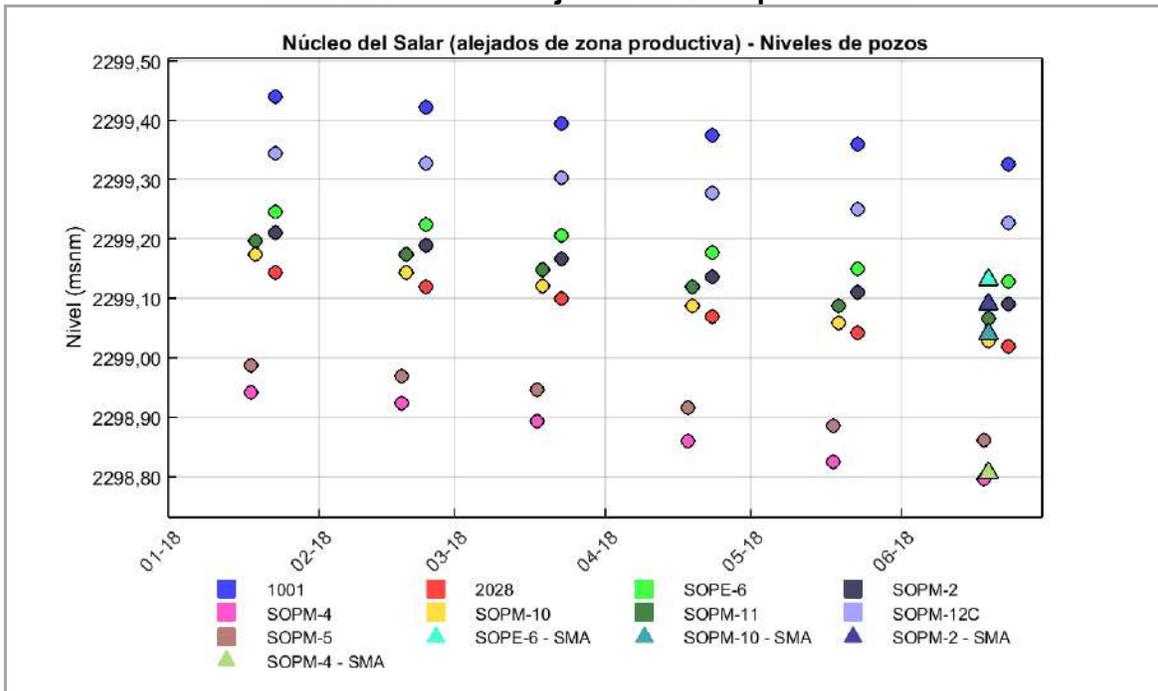
En la Tabla 5-50 se muestran los niveles observados en los pozos ubicados a mayor distancia de la zona de producción, compuesto por 9 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-58. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.298 y los 2.300 msnm. Adicionalmente, para los pozos SOPE-6, SOPM-2, SOPM-4 y SOPM-10 se cuenta con una medición realizada el día 19 de junio por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), cuyos resultados son coherentes con los resultados de las mediciones realizadas.

Tabla 5-50: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector alejado de zona productiva

1001		2028		SOPE-6		SOPM-2	
Fecha	Nivel (msnm)						
23-01-18	2299,44	23-01-18	2299,14	23-01-18	2299,25	23-01-18	2299,21
23-02-18	2299,42	23-02-18	2299,12	23-02-18	2299,22	23-02-18	2299,19
23-03-18	2299,40	23-03-18	2299,10	23-03-18	2299,21	23-03-18	2299,17
23-04-18	2299,37	23-04-18	2299,07	23-04-18	2299,18	23-04-18	2299,14
23-05-18	2299,36	23-05-18	2299,04	23-05-18	2299,15	23-05-18	2299,11
23-06-18	2299,33	23-06-18	2299,02	23-06-18	2299,13	23-06-18	2299,09
SOPM-04		SOPM-10		SOPM-11		SOPM-12C	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-01-18	2298,94	19-01-18	2299,17	19-01-18	2299,20	23-01-18	2299,35
18-02-18	2298,92	19-02-18	2299,14	19-02-18	2299,17	23-02-18	2299,33
18-03-18	2298,89	19-03-18	2299,12	19-03-18	2299,15	23-03-18	2299,30
18-04-18	2298,86	19-04-18	2299,09	19-04-18	2299,12	23-04-18	2299,28
18-05-18	2298,83	19-05-18	2299,06	19-05-18	2299,09	23-05-18	2299,25
18-06-18	2298,80	19-06-18	2299,03	19-06-18	2299,07	23-06-18	2299,23
SOPM-05							
Fecha	Nivel (msnm)						
18-01-18	2298,99						
18-02-18	2298,97						
18-03-18	2298,95						
18-04-18	2298,92						
18-05-18	2298,89						
18-06-18	2298,86						

Fuente: Elaboración propia.

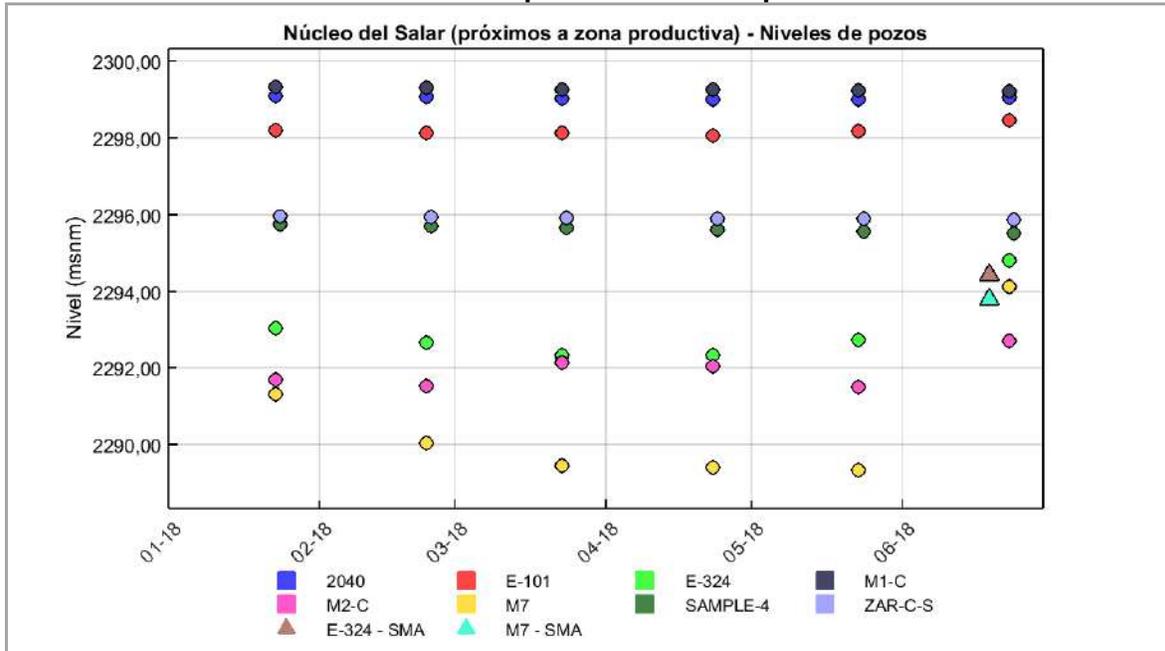
Figura 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama alejados de zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-51 se muestran los niveles observados en los pozos ubicados en las proximidades de la zona de producción, compuesto por 8 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-59. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.299 (M7) y los 2.300 msnm (M1-C). Adicionalmente, para los pozos E-324 y M7 se cuenta con una medición realizada el día 19 de junio de 2018 por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), cuyos resultados son coherentes con los resultados de las mediciones realizadas.

Figura 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama próximos a zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-51: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector próximo a zona productiva

2040		E-101		E-324		M1-C	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
23-01-2018	2.299,09	23-01-2018	2.298,21	23-01-2018	2.293,04	23-01-18	2299,34
23-02-2018	2.299,07	23-02-2018	2.298,14	23-02-2018	2.292,66	23-02-18	2299,32
23-03-2018	2.299,04	23-03-2018	2.298,13	23-03-2018	2.292,33	23-03-18	2299,27
23-04-2018	2.299,00	23-04-2018	2.298,06	23-04-2018	2.292,34	23-04-18	2299,26
23-05-2018	2.299,01	23-05-2018	2.298,17	23-05-2018	2.292,74	23-05-18	2299,23
23-06-2018	2.299,06	23-06-2018	2.298,46	23-06-2018	2.294,79	23-06-18	2299,21
M2-C		M7		SAMPLE-4		ZAR-C-S	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
23-01-18	2291,70	23-01-18	2291,30	24-01-2018	2.295,74	24-01-18	2295,96
23-02-18	2291,52	23-02-18	2290,04	24-02-2018	2.295,70	24-02-18	2295,94
23-03-18	2292,14	23-03-18	2289,44	24-03-2018	2.295,66	24-03-18	2295,92
23-04-18	2292,05	23-04-18	2289,41	24-04-2018	2.295,61	24-04-18	2295,90
23-05-18	2291,50	23-05-18	2289,33	24-05-2018	2.295,56	24-05-18	2295,88
23-06-18	2292,70	23-06-18	2294,13	24-06-2018	2.295,51	24-06-18	2295,86

Fuente: Elaboración propia.

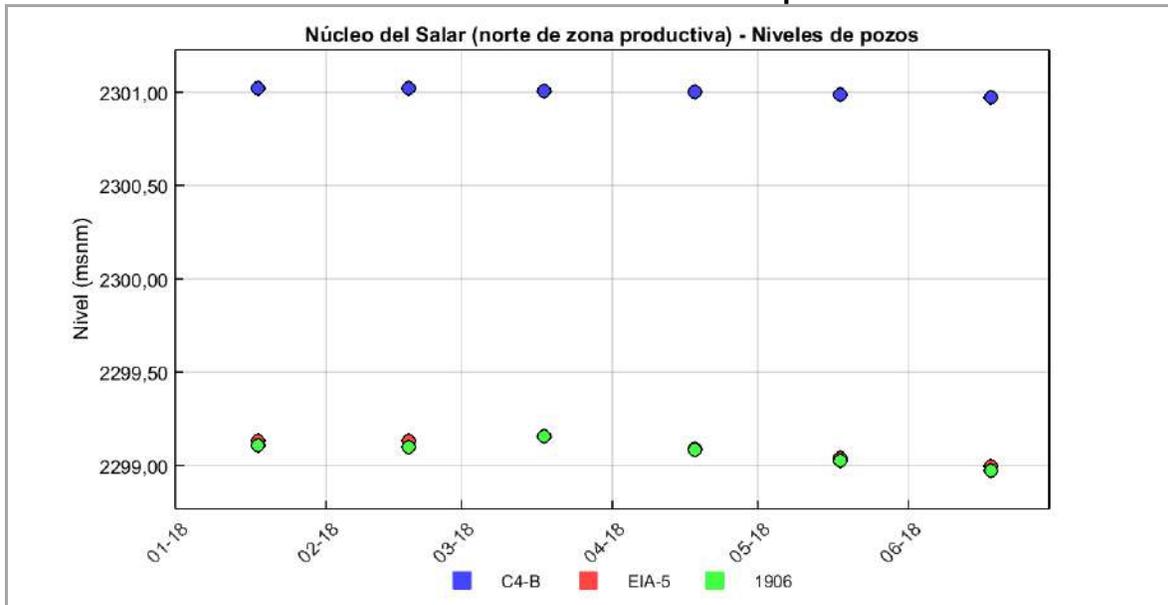
Finalmente, en la Tabla 5-52 se muestran los niveles observados en los pozos ubicados en al norte de la zona de producción, compuesto por 3 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-60. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.298 (pozo 1906) y los 2.302 msnm (C4-B).

Tabla 5-52: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama Norte de zona productiva

C4-B		EIA-5		1906	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-01-2018	2.301,02	18-01-2018	2.299,13	18-01-2018	2.299,11
18-02-2018	2.301,02	18-02-2018	2.299,13	18-02-2018	2.299,10
18-03-2018	2.301,01	18-03-2018	2.299,16	18-03-2018	2.299,16
18-04-2018	2.301,00	18-04-2018	2.299,09	18-04-2018	2.299,09
18-05-2018	2.300,99	18-05-2018	2.299,04	18-05-2018	2.299,03
18-06-2018	2.300,97	18-06-2018	2.299,00	18-06-2018	2.298,97

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector Norte a zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6.2 Meteorología

En la Figura 5-61 se presenta las variables registradas por la estación meteorológica KCL que forman parte del PSAH, esto es: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario, para el período comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio de 2018.

En la Tabla 5-53 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas en la estación KCL. Respecto a la precipitación, el mínimo del período correspondió a 0 mm/día, mientras que el máximo se registró el día 14 de junio con 0,2 mm/día. La evaporación presentó una tasa potencial promedio de 8,44 mm/día con un

máximo potencial de 13,5 mm/día registrada el 06-02-2018. Por su parte, la velocidad del viento presentó un promedio de 3,38 m/s, con máximos y mínimos entre 1,02 e 6,49 m/s. Finalmente, la temperatura promedio presenta una alta oscilación en el período de control, con un rango que va desde los 7,91°C registrados el día 05-06-2018 hasta los 22,79°C ocurridos el día 02-02-2018.

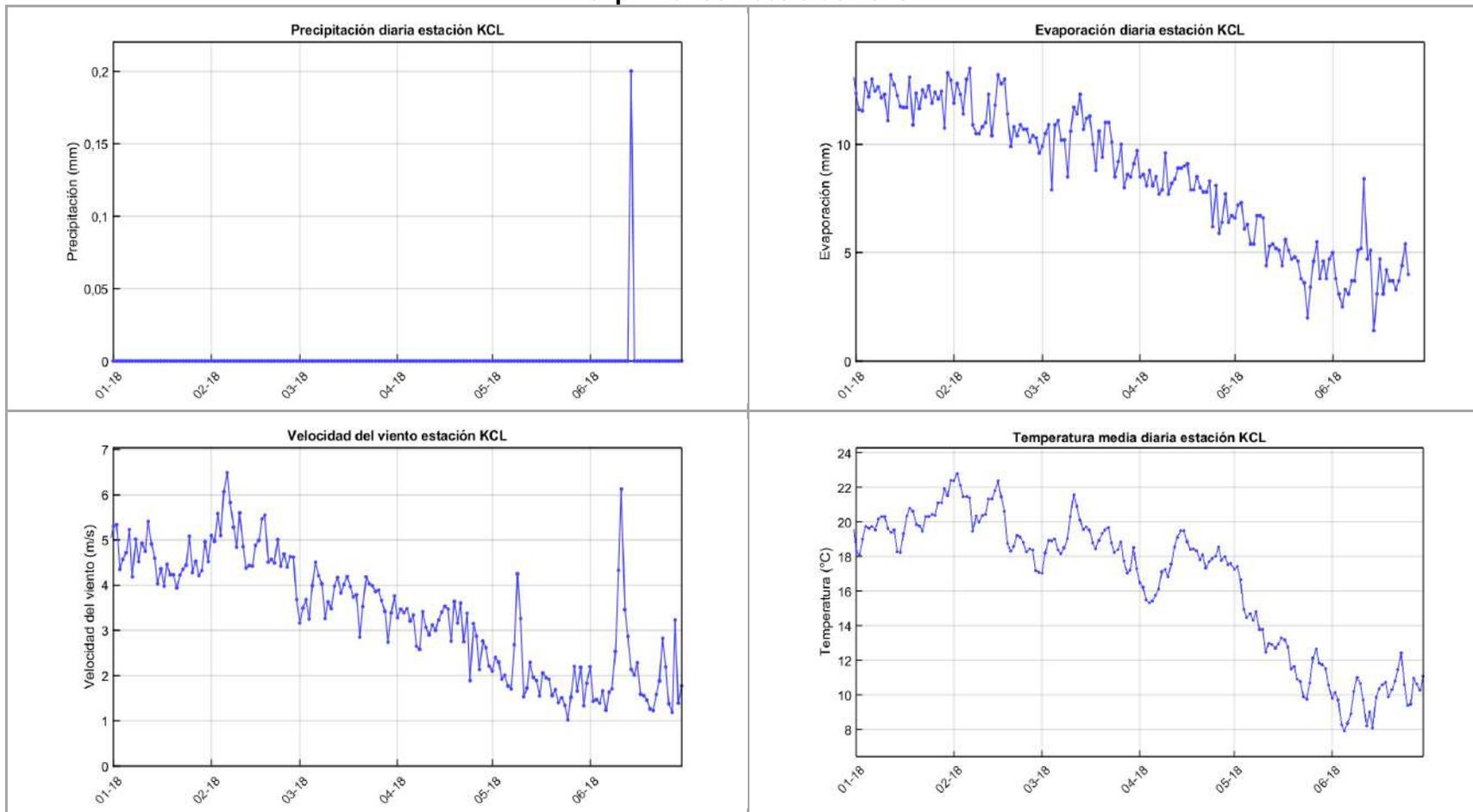
Tabla 5-53: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el primer semestre de 2018.

Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación	mm/día	0,00	0,20	0,00	0,015
Evaporación	mm/día	1,40	13,50	8,44	3,24
Velocidad del viento	m/s	1,02	6,49	3,38	1,30
Temperatura media diaria	°C	7,91	22,79	16,53	4,05

Fuente: Elaboración propia.

Para mayor información sobre las series de datos meteorológicos de la estación KCL, ver el Anexo 10, donde se presentan en forma tabulada los registros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel medio diario para el período semestral objeto del presente reporte.

Figura 5-61: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el primer semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6.3 Calidad química

Se presentan los resultados de las mediciones y análisis físico-químicos efectuados sobre los puntos de control que componen el monitoreo de calidad para el Sistema Núcleo del Salar de Atacama durante el primer semestre del año 2018.

En la Figura 4-12 y en la Tabla 4-6 de la sección 4 del presente informe, se indican los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama, clasificados de acuerdo a sus coordenadas, tipo de punto de control, variable ambiental y parámetros de monitoreo, además de la frecuencia establecida.

Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad físico-química de los distintos 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 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre⁵⁰. En el Anexo 6 se muestra el certificado de acreditación de SGS Chile Ltda. como Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA).

A continuación, en la Tabla 5-54 se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio SGS Chile Ltda, a los pozos de monitoreo en primer semestre de 2018. Por su parte, los resultados de los análisis efectuados se presentan gráficamente en la Figura 5-62.

Como se observa durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

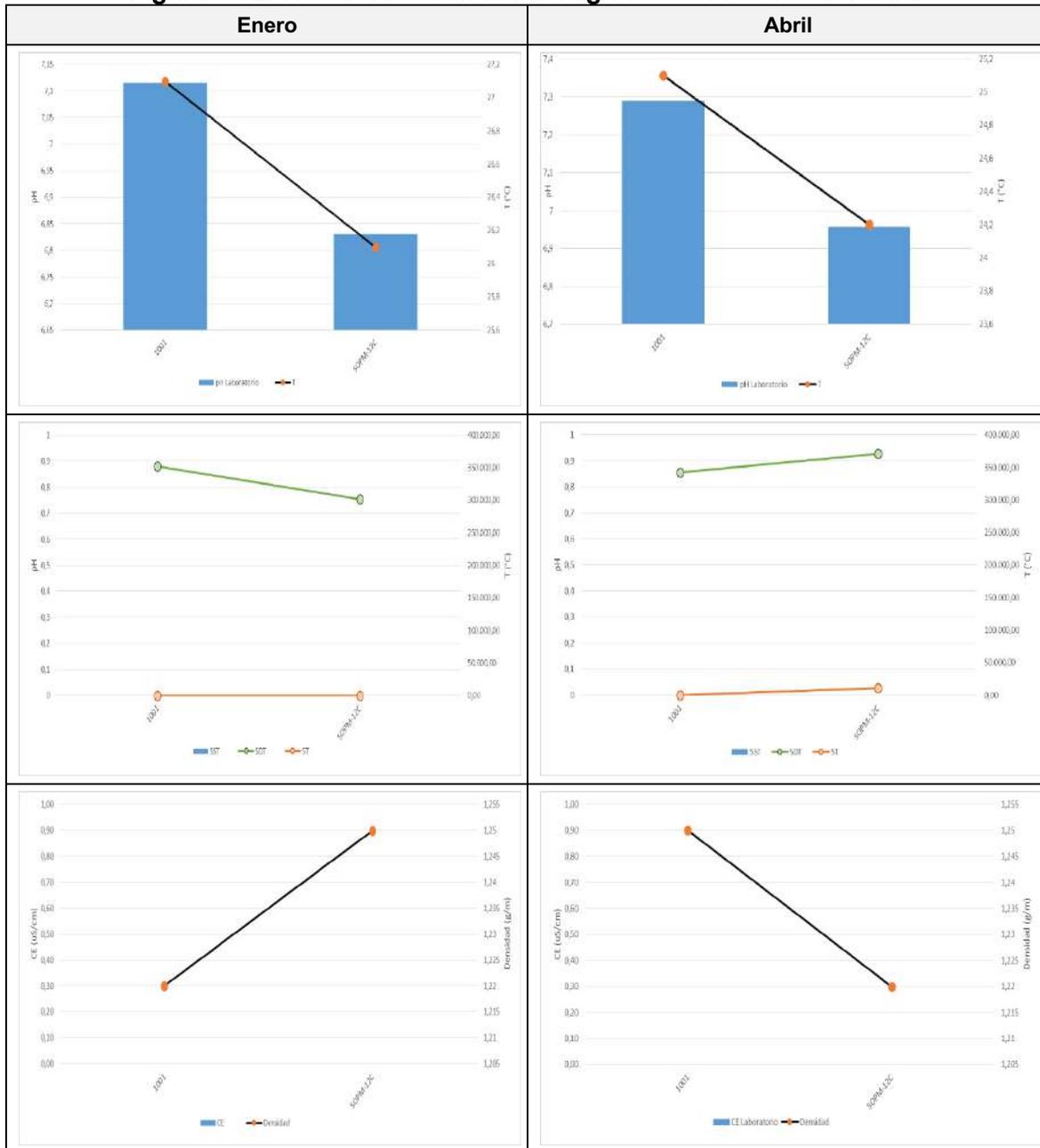
Tabla 5-54: Resultados calidad del agua sector Núcleo primer semestre de 2018

Parámetro	Unidad	SOPM-12C		1001	
		24-01-18	25-04-18	24-01-18	25-04-18
Conductividad Terreno	uS/cm	241.000	232.000	244.200	240.000
Densidad	g/ml	1,25	1,22	1,22	1,25
Densidad Terreno	g/ml	1,23	1,23	1,21	1,22
pH Terreno	-	6,83	6,96	7,12	7,29
Solidos Disueltos Totales	mg/L	301.440	371.360	352.370	342.560
Temperatura Terreno	°C	26,1	24,2	27,1	25,1

Fuente: Elaboración propia.

⁵⁰ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Figura 5-62: Resultados calidad del agua sector Núcleo del Salar



Fuente: Elaboración propia.

5.2.7 Sistema Cuña Salina

De acuerdo con lo indicado en la Tabla 11 de la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema 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 primer semestre de 2018 se presentan a continuación.

Cabe señalar que el pozo L10-1, único punto donde se encuentra comprometido el monitoreo de nivel y calidad, adicionalmente es parte del monitoreo de nivel del sistema

Peine, razón por la cual sus niveles y resultados de monitoreo de calidad no se presentan en esta sección, y su gráfico puede ser consultado en la sección 5.2.4. Los pozos clasificados como cuña están emplazados íntegramente en la zona marginal.

A pesar de que en los 8 puntos de monitoreo de conductividad eléctrica no se establece la necesidad de cuantificación del nivel freático, a modo de complemento SQM realiza el monitoreo mensual del mismo. En la Tabla 5-55 se expone el detalle de los niveles de siete de los ocho puntos de control establecidos, ya que las mediciones de nivel del punto L4-3 se presentaron como parte del sistema Aguas de Quelana. Cabe señalar que adicionalmente el pozo Cuña 4 se encontró en un estado de surgencia durante el periodo, por lo que su nivel no pudo ser cuantificado, correspondiendo al menos a la cota del pozo (2.321,81 msnm). En los distintos pozos del sector, los niveles variaron entre los 2.299 msnm y los 2319 msnm (Figura 5-63).

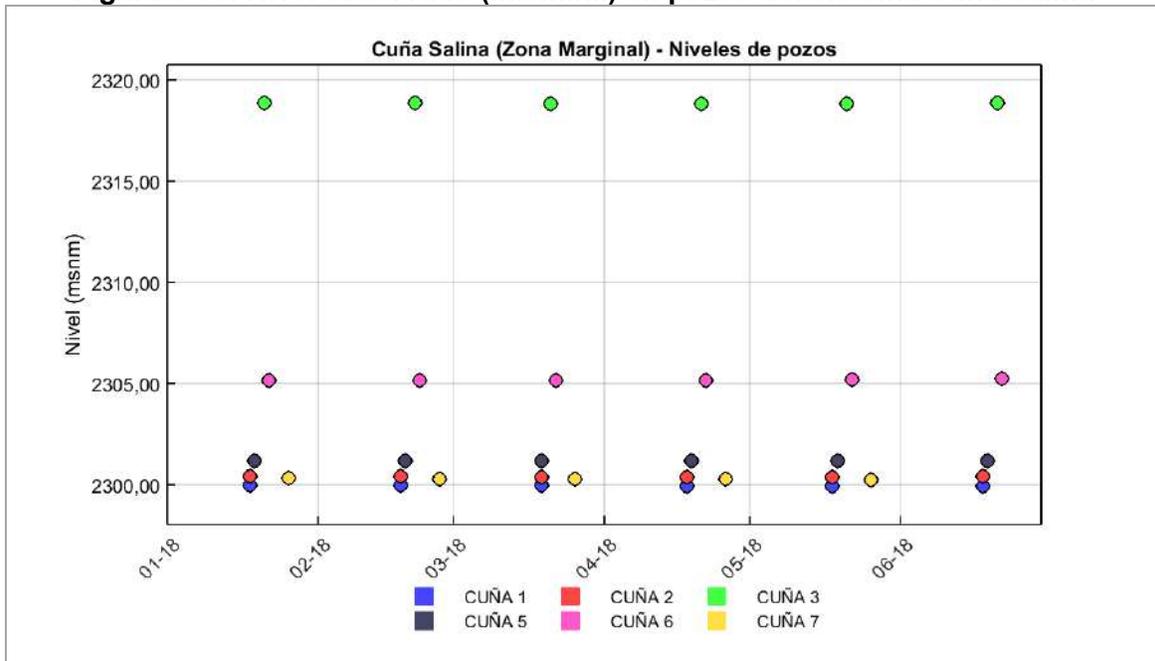
En el Anexo 9 se presenta en forma tabulada la información de todos los monitoreos efectuados para el período semestral, incluyendo la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

Tabla 5-55: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema Cuña Salina

CUÑA 1		CUÑA 2		CUÑA 3		CUÑA 4	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-01-2018	2.299,98	18-01-2018	2.300,43	21-01-2018	2.318,86	19-01-2018	surgente
18-02-2018	2.299,97	18-02-2018	2.300,41	21-02-2018	2.318,84	19-02-2018	surgente
19-03-2018	2.299,95	19-03-2018	2.300,38	21-03-2018	2.318,83	19-03-2018	surgente
18-04-2018	2.299,94	18-04-2018	2.300,38	21-04-2018	2.318,83	19-04-2018	surgente
18-05-2018	2.299,93	18-05-2018	2.300,38	21-05-2018	2.318,83	19-05-2018	surgente
18-06-2018	2.299,92	18-06-2018	2.300,41	21-06-2018	2.318,84	19-06-2018	surgente
CUÑA 5		CUÑA 6		CUÑA 7			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
19-01-2018	2.301,16	22-01-2018	2.305,13	26-01-2018	2.300,32		
19-02-2018	2.301,16	22-02-2018	2.305,13	26-02-2018	2.300,30		
19-03-2018	2.301,15	22-03-2018	2.305,14	26-03-2018	2.300,27		
19-04-2018	2.301,15	22-04-2018	2.305,17	26-04-2018	2.300,25		
19-05-2018	2.301,16	22-05-2018	2.305,20	26-05-2018	2.300,22		
19-06-2018	2.301,16	22-06-2018	2.305,22	26-06-2018	-		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-63: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos del sistema Cuña Salina

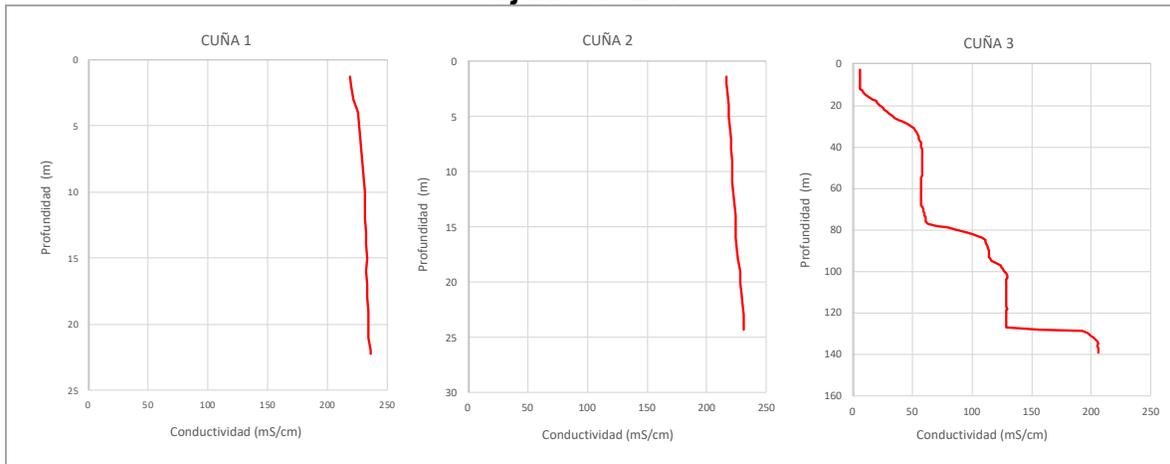


Fuente: Elaboración propia.

SQM Salar realizó mediciones del perfil de conductividad en siete de los 8 pozos comprometidos. Para el pozo Cuña 7 y para la medición complementaria de conductividad efectuada por SQM en el pozo L10-1 no se dispone del perfil de conductividad para el período reportado debido a que no se permitió el ingreso al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine (para mayor detalle ver apartado 5.2.4.1 y Anexo 7). Estos perfiles se presentan en la Figura 5-64, Figura 5-65 y Figura 5-66. Los resultados son ordenados de norte a sur para cada perfil cuña.

La Figura 5-64 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3. La Figura 5-65 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3. Por su parte, la Figura 5-66 presenta el perfil de conductividad eléctrica del pozo Cuña 6. La información tabulada de los distintos perfiles se presenta en la Tabla 5-56, Tabla 5-57, Tabla 5-58, Tabla 5-59, Tabla 5-60 y Tabla 5-61.

Figura 5-64: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-56: Registro de conductividad para el pozo Cuña 1 y Cuña 2 a junio de 2018.

CUÑA 1		CUÑA 2	
Prof. (m)	Conduct. (ms/cm)	Prof. (m)	Conduct. (ms/cm)
1,30	219,30	216,00	1,43
2,00	219,90	216,00	2,00
3,00	221,30	217,30	3,00
4,00	225,50	218,20	4,00
5,00	226,70	218,80	5,00
6,00	227,60	219,60	6,00
7,00	228,70	220,00	7,00
8,00	229,50	220,30	8,00
9,00	230,40	220,80	9,00
10,00	230,90	221,00	10,00
11,00	231,40	221,60	11,00
12,00	231,60	221,90	12,00
13,00	232,30	223,20	13,00
14,00	232,60	223,70	14,00
15,00	232,90	224,00	15,00
16,00	232,80	224,30	16,00
17,00	233,40	225,20	17,00
18,00	233,60	225,60	18,00
19,00	233,90	227,90	19,00
20,00	234,10	228,00	20,00
21,00	234,70	229,00	21,00
22,00	236,40	230,30	22,00
22,25	236,60	231,20	23,00
		231,20	24,00
		231,20	24,26

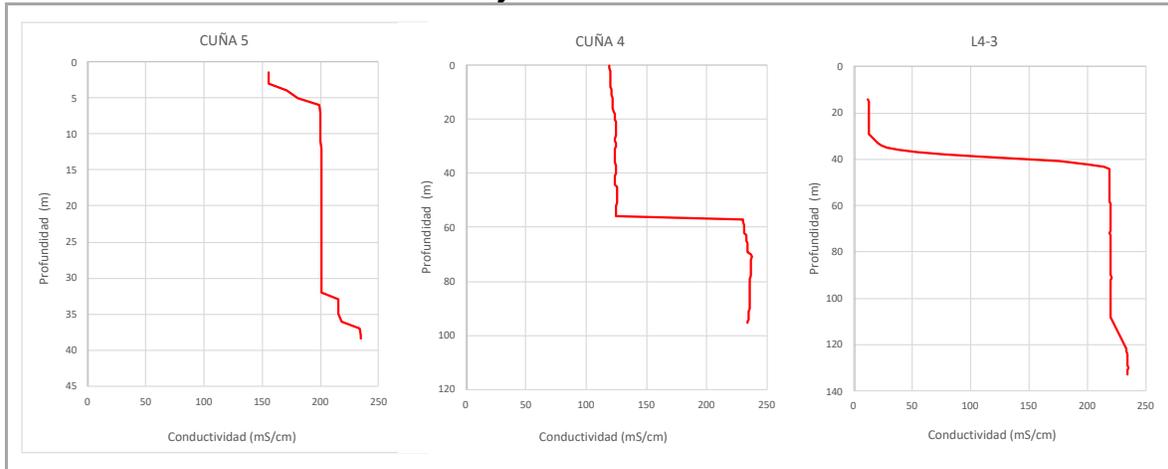
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-57: Registro de conductividad para el pozo Cuña 3 a junio de 2018.

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
2,97	5,88	56,51	37,00	60,12	72,00	129,10	107,00
3,00	5,88	56,88	38,00	60,58	73,00	129,10	108,00
4,00	5,88	57,41	39,00	61,22	74,00	129,10	109,00
5,00	5,88	57,43	40,00	61,27	75,00	129,00	110,00
6,00	5,88	58,04	41,00	61,25	76,00	129,10	111,00
7,00	5,88	58,14	42,00	62,94	77,00	129,10	112,00
8,00	5,88	58,14	43,00	70,65	78,00	129,00	113,00
9,00	5,88	58,14	44,00	79,11	79,00	129,10	114,00
10,00	5,88	58,15	45,00	86,71	80,00	129,10	115,00
11,00	6,34	58,20	46,00	94,02	81,00	129,10	116,00
12,00	6,63	58,19	47,00	100,70	82,00	129,20	117,00
13,00	7,90	58,19	48,00	105,80	83,00	129,30	118,00
14,00	9,46	58,15	49,00	108,70	84,00	129,20	119,00
15,00	11,39	58,18	50,00	110,90	85,00	129,20	120,00
16,00	13,51	58,17	51,00	111,80	86,00	129,20	121,00
17,00	16,45	58,21	52,00	112,60	87,00	129,20	122,00
18,00	19,90	58,22	53,00	113,20	88,00	129,20	123,00
19,00	20,41	58,18	54,00	113,60	89,00	129,20	124,00
20,00	22,83	57,64	55,00	113,90	90,00	129,20	125,00
21,00	25,05	57,67	56,00	114,10	91,00	129,20	126,00
22,00	26,80	57,70	57,00	114,30	92,00	129,20	127,00
23,00	28,69	57,72	58,00	114,70	93,00	156,70	128,00
24,00	30,35	57,69	59,00	115,10	94,00	192,40	129,00
25,00	33,12	57,77	60,00	116,30	95,00	196,80	130,00
26,00	35,05	57,76	61,00	119,90	96,00	199,50	131,00
27,00	38,76	57,77	62,00	123,70	97,00	201,70	132,00
28,00	41,91	57,74	63,00	125,00	98,00	203,90	133,00
29,00	45,37	57,75	64,00	126,10	99,00	204,60	134,00
30,00	49,04	57,76	65,00	127,10	100,00	205,50	135,00
31,00	51,41	57,78	66,00	128,40	101,00	205,40	136,00
32,00	52,20	57,77	67,00	129,40	102,00	205,50	137,00
33,00	53,87	57,77	68,00	129,30	103,00	205,50	138,00
34,00	54,66	58,30	69,00	129,20	104,00	205,60	139,00
35,00	55,45	58,83	70,00	129,20	105,00	205,60	139,25
36,00	55,83	59,43	71,00	129,20	106,00		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-65: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-58: Registro de conductividad para el pozo Cuña 4 a junio de 2018.

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
0,00	119,00	25,00	124,40	50,00	125,40	75,00	236,60
1,00	119,50	26,00	124,40	51,00	125,40	76,00	236,60
2,00	119,90	27,00	124,20	52,00	125,20	77,00	236,40
3,00	120,40	28,00	124,10	53,00	125,10	78,00	236,40
4,00	120,20	29,00	124,40	54,00	125,00	79,00	236,20
5,00	120,10	30,00	124,40	55,00	124,80	80,00	236,10
6,00	120,30	31,00	124,20	56,00	124,70	81,00	236,00
7,00	120,40	32,00	124,10	57,00	229,90	82,00	236,10
8,00	120,40	33,00	124,00	58,00	230,60	83,00	236,00
9,00	120,60	34,00	124,00	59,00	230,90	84,00	235,90
10,00	120,70	35,00	123,90	60,00	231,00	85,00	235,60
11,00	121,00	36,00	123,80	61,00	231,10	86,00	235,60
12,00	121,50	37,00	124,30	62,00	231,30	87,00	235,50
13,00	121,80	38,00	124,40	63,00	232,70	88,00	235,40
14,00	122,00	39,00	124,40	64,00	232,90	89,00	235,60
15,00	122,00	40,00	124,40	65,00	233,40	90,00	235,40
16,00	122,30	41,00	124,20	66,00	233,50	91,00	235,30
17,00	122,80	42,00	124,10	67,00	233,70	92,00	235,10
18,00	123,90	43,00	124,10	68,00	233,80	93,00	235,20
19,00	124,10	44,00	124,10	69,00	233,90	94,00	234,70
20,00	124,20	45,00	125,30	70,00	236,70	95,00	234,20
21,00	124,30	46,00	125,70	71,00	237,20	95,26	234,00
22,00	124,40	47,00	125,70	72,00	237,00		
23,00	124,40	48,00	125,60	73,00	236,90		
24,00	124,50	49,00	125,60	74,00	236,70		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-59: Registro de conductividad para el pozo Cuña 5 a junio de 2018.

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
1,49	155,70	11,00	200,30	21,00	200,90	31,00	201,20
2,00	155,70	12,00	200,50	22,00	200,90	32,00	215,40
3,00	155,90	13,00	200,50	23,00	200,80	33,00	215,50
4,00	171,00	14,00	200,60	24,00	200,80	34,00	215,60
5,00	180,40	15,00	200,60	25,00	201,00	35,00	217,90
6,00	199,40	16,00	200,70	26,00	200,80	36,00	233,90
7,00	200,00	17,00	200,70	27,00	200,80	37,00	234,40
8,00	200,00	18,00	200,70	28,00	200,80	38,00	235,00
9,00	200,10	19,00	200,80	29,00	201,10	38,34	201,20
10,00	200,30	20,00	200,80	30,00	200,80		

Fuente: Elaboración propia.

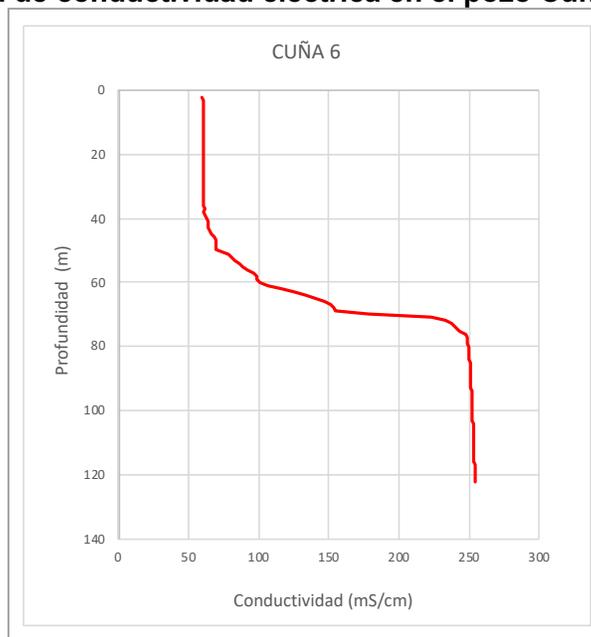
Tabla 5-60: Registro de conductividad para el pozo L4-3 a junio de 2018.

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
14,19	12,67	37,00	54,75	77,00	219,90	117,00	228,70
15,00	13,42	38,00	77,55	78,00	220,20	118,00	229,70
16,00	13,42	39,00	108,90	79,00	220,30	119,00	230,50
17,00	13,42	40,00	143,50	80,00	220,30	120,00	231,30
18,00	13,40	41,00	176,80	81,00	220,20	121,00	232,20
19,00	13,40	42,00	200,60	82,00	220,30	122,00	233,00
20,00	13,40	43,00	214,70	83,00	220,30	123,00	233,80
21,00	13,39	44,00	218,60	84,00	220,30	124,00	234,50
22,00	13,39	45,00	218,60	85,00	220,40	125,00	234,60
23,00	13,39	46,00	218,60	86,00	220,30	126,00	234,80
24,00	13,38	47,00	218,80	87,00	220,40	127,00	234,60
24,00	13,39	48,00	218,90	88,00	220,40	128,00	234,70
26,00	13,38	49,00	218,90	89,00	220,30	129,00	234,70
27,00	13,38	50,00	219,00	90,00	220,30	130,00	235,00
28,00	13,38	51,00	219,40	91,00	220,50	131,00	234,60
29,00	13,74	52,00	219,20	92,00	220,30	132,00	234,50
30,00	15,32	53,00	219,20	93,00	220,30	132,80	234,50
14,19	17,26	54,00	219,30	94,00	220,30		
15,00	19,03	55,00	219,50	95,00	220,30		
16,00	21,40	56,00	219,40	96,00	220,30		
17,00	24,17	57,00	219,40	97,00	220,30		
18,00	28,96	58,00	219,50	98,00	220,20		
19,00	39,33	59,00	219,60	99,00	220,30		
20,00	12,67	60,00	219,60	100,00	220,30		
21,00	13,42	61,00	219,60	101,00	220,30		
22,00	13,42	62,00	219,70	102,00	220,20		
23,00	13,42	63,00	219,80	103,00	220,20		
24,00	13,40	64,00	219,80	104,00	220,30		
24,00	13,40	65,00	220,20	105,00	220,30		
26,00	13,40	66,00	219,60	106,00	220,30		

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
27,00	13,39	67,00	219,90	107,00	220,30		
28,00	13,39	68,00	220,20	108,00	220,20		
29,00	13,39	69,00	220,30	109,00	220,80		
30,00	13,38	70,00	220,00	110,00	222,20		
31,00	13,39	71,00	220,00	111,00	223,00		
32,00	13,38	72,00	219,40	112,00	223,90		
33,00	13,38	73,00	219,80	113,00	224,80		
34,00	13,38	74,00	219,90	114,00	225,80		
35,00	13,74	75,00	219,90	115,00	226,70		
36,00	15,32	76,00	219,90	116,00	227,70		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-66: Perfil de conductividad eléctrica en el pozo Cuña 6 a junio de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-61: Registro de conductividad para el pozo Cuña 6 a junio de 2018.

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
2,05	60,10	34,00	60,76	66,00	146,50	98,00	251,90
3,00	60,19	35,00	60,84	67,00	151,00	99,00	251,80
4,00	60,44	36,00	61,29	68,00	153,90	100,00	251,90
5,00	60,47	37,00	61,30	69,00	154,60	101,00	252,00
6,00	60,55	38,00	61,25	70,00	178,60	102,00	252,20
7,00	60,57	39,00	61,88	71,00	223,10	103,00	252,50
8,00	60,59	40,00	63,21	72,00	233,00	104,00	252,70
9,00	60,66	41,00	63,76	73,00	237,70	105,00	252,70
10,00	60,67	42,00	64,28	74,00	240,10	106,00	252,80
11,00	60,65	43,00	64,29	75,00	243,70	107,00	253,00

Prof. (m)	Cond. (ms/cm)						
12,00	60,69	44,00	65,27	76,00	247,80	108,00	253,10
13,00	60,72	45,00	66,82	77,00	248,50	109,00	253,20
14,00	60,72	46,00	68,18	78,00	248,50	110,00	253,50
15,00	60,76	47,00	69,95	79,00	249,00	111,00	253,50
16,00	60,77	48,00	69,44	80,00	249,40	112,00	253,30
17,00	60,75	49,00	69,56	81,00	249,50	113,00	253,00
18,00	60,76	50,00	69,89	82,00	249,70	114,00	253,10
19,00	60,67	51,00	78,94	83,00	250,10	115,00	253,00
20,00	60,74	52,00	80,80	84,00	250,20	116,00	253,20
21,00	60,76	53,00	83,59	85,00	250,50	117,00	253,80
22,00	60,76	54,00	86,62	86,00	250,60	118,00	254,00
23,00	60,74	55,00	88,96	87,00	250,70	119,00	253,90
24,00	60,72	56,00	91,86	88,00	250,80	120,00	253,90
25,00	60,77	57,00	96,12	89,00	251,00	121,00	253,80
26,00	60,75	58,00	98,51	90,00	251,30	122,00	254,00
27,00	60,74	59,00	98,80	91,00	251,40	122,45	254,00
28,00	60,75	60,00	100,90	92,00	251,40		
29,00	60,76	61,00	106,80	93,00	251,50		
30,00	60,75	62,00	116,20	94,00	251,70		
31,00	60,76	63,00	125,10	95,00	251,80		
32,00		64,00	133,70	96,00	251,90		
33,00		65,00	140,20	97,00	252,10		

Fuente: Elaboración propia.

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se analizan y discuten las mediciones del PSAH, incluyendo tanto a los registros obtenidos en el último semestre, como a las tendencias históricas y regionales para cada uno de los sistemas ambientales. En particular se incluye el análisis de niveles de aguas subterráneas y superficiales, superficie lacustre, caudales de extracción, calidad química, meteorología y aforos de caudal.

Primero se analizará el estado de los indicadores asociados al Plan de Contingencia del Proyecto en relación con los umbrales establecidos para su control y posteriormente se analizarán todas las variables que componen el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

6.1 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

De los 44 indicadores de estados evaluados como parte del Plan de Contingencia, durante el primer semestre del año 2018 se presentaron las siguientes activaciones:

Sistema Soncor: Activación de Fase I el día 20 de enero para pozo L1-5⁵¹ y activación de Fase II el día 20 de mayo de 2018 para pozo L1-5 y reglilla L1-G4.

Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex: Activación de Fase I el día 20 de enero de 2018 en los pozos L3-3 y L2-28. Para el caso del indicador L2-28, con fecha 20 de abril se volvió a niveles por sobre el umbral de activación.

Adicionalmente, en el Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex el pozo L7-6 se encontró en estado de activación de Fase I durante todo el período de evaluación semestral, situación observada en reportes previamente entregados a la autoridad.

En el Anexo 8 se muestran los respaldos de los reportes de activación de Fase I y Fase II para el primer semestre de 2018 y de las acciones implementadas por SQM en el marco de la activación de Fase II en los indicadores de estado L1-5 y reglilla L1-G4 del sistema Soncor.

Cabe señalar que los dos sistemas que presentan activación de fases en el periodo semestral objeto del presente reporte ha registrado activaciones en periodos anteriores, por lo que el incremento en la frecuencia de monitoreo establecida en caso de activación de Fase I se encuentra integrada en forma previa a enero de 2018 en todos los indicadores de estado.

6.1.1 Sistema Soncor

El Plan de Contingencia de Soncor tiene por objeto advertir, anticipar y evitar posibles afecciones sobre los objetos de protección del sistema, producto de las actividades que desarrolla SQM en la cuenca. En particular 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,

⁵¹ Para el caso de reglilla L1-G4, la activación de Fase I se evidenció en octubre de 2017, situación informada en el informe N° 22 del PSAH

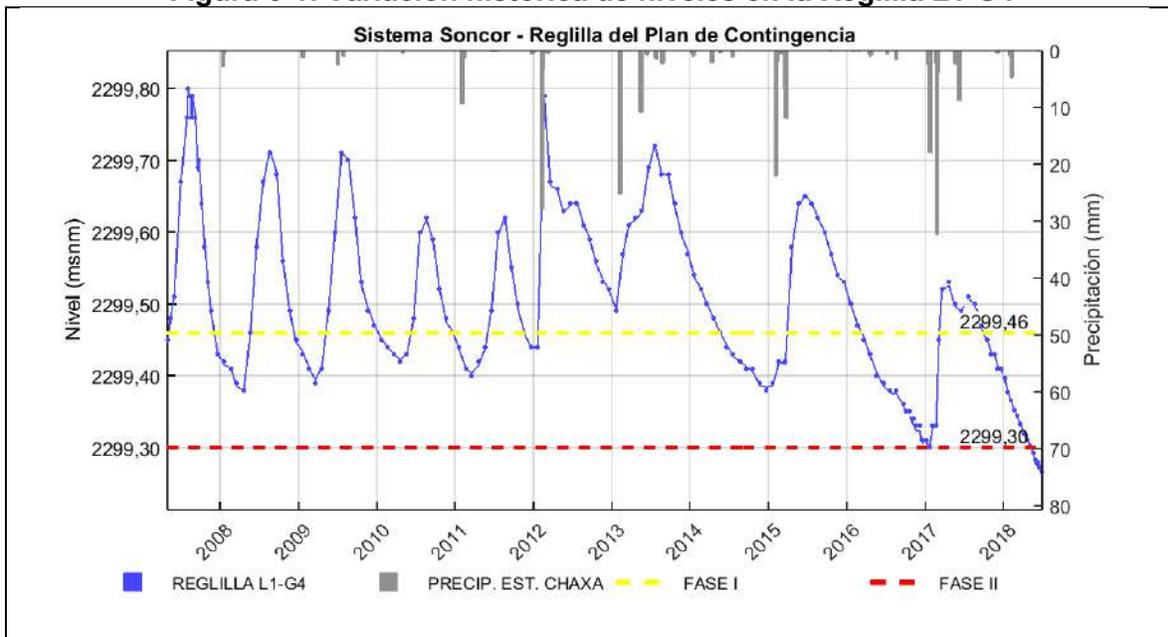
pero por el posible efecto generado por los pozos de agua industrial Mullay y Allana. El pozo L7-4 es el indicador de estado para la Laguna Puilar producto del Bombeo del pozo Mullay y Allana.

Como se observa en la Figura 6-1 y Figura 6-2 respectivamente, los niveles observados en la Reglilla L1-G4 y el pozo L1-5, muestran un cambio de comportamiento a partir del año 2012, pasando de una oscilación estacional sin una tendencia definida, a un periodo en que los niveles se ven influenciados por eventos de precipitación mayores a 10 mm, con una tendencia general de descenso. Este comportamiento de tendencia observado a partir del año 2012 generó la activación de Fase II, en ambos indicadores, en mayo de 2018.

Tal como se establece en la RCA, SQM dio aviso de la situación a la Superintendencia del Medio Ambiente, redujo el caudal de extracción de salmuera al escalón anteriormente vigente (escalones definidos en Tabla 2 RCA 226/2006), e inició una etapa de investigación orientada a determinar las causas de la activación del Plan de Contingencia en su Fase II, informes presentados a la SMA y a la Dirección General de Aguas en junio de 2018 y luego complementados en los meses de julio y noviembre del mismo año (en Anexo 8 se presentan los comprobantes de ingreso a la SMA)

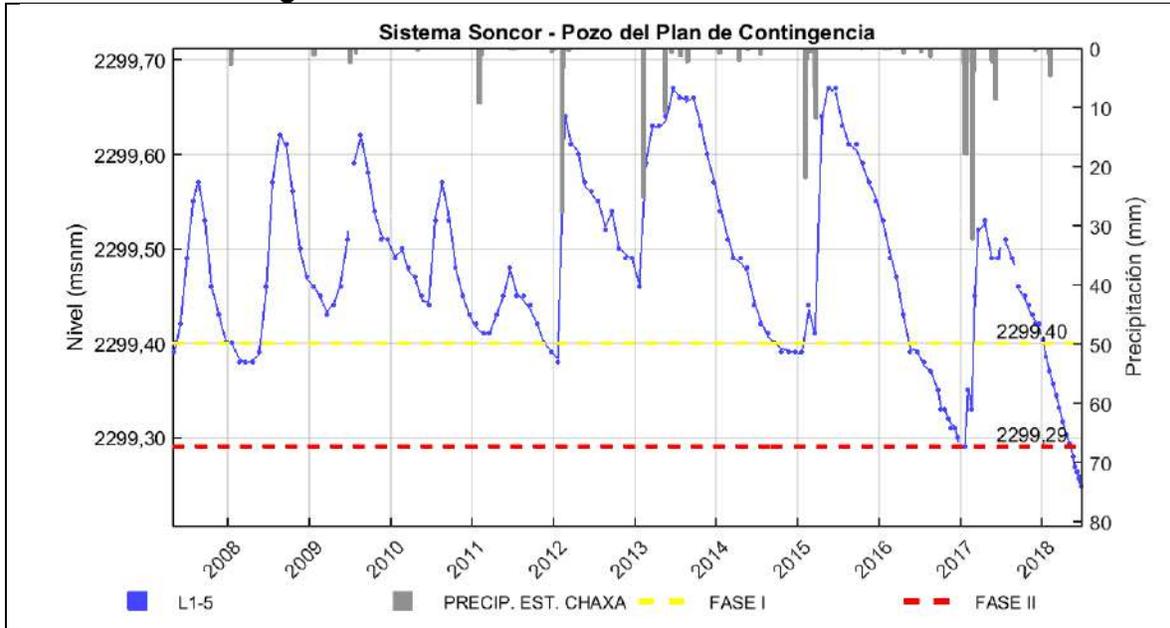
Los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación permitieron concluir que la causa principal de activación de Fase II corresponde al cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros y no al efecto de las extracciones de salmuera efectuado por SQM en el salar, lo que se corrobora en la Laguna Barros Negros, donde se observa que estos cambios de tendencia no afectan sus niveles, los que mantienen la oscilación estacional natural del orden de 10 cm de amplitud, ni su superficie (ver Figura 6-3).

Figura 6-1: Variación histórica de niveles en la Reglilla L1-G4



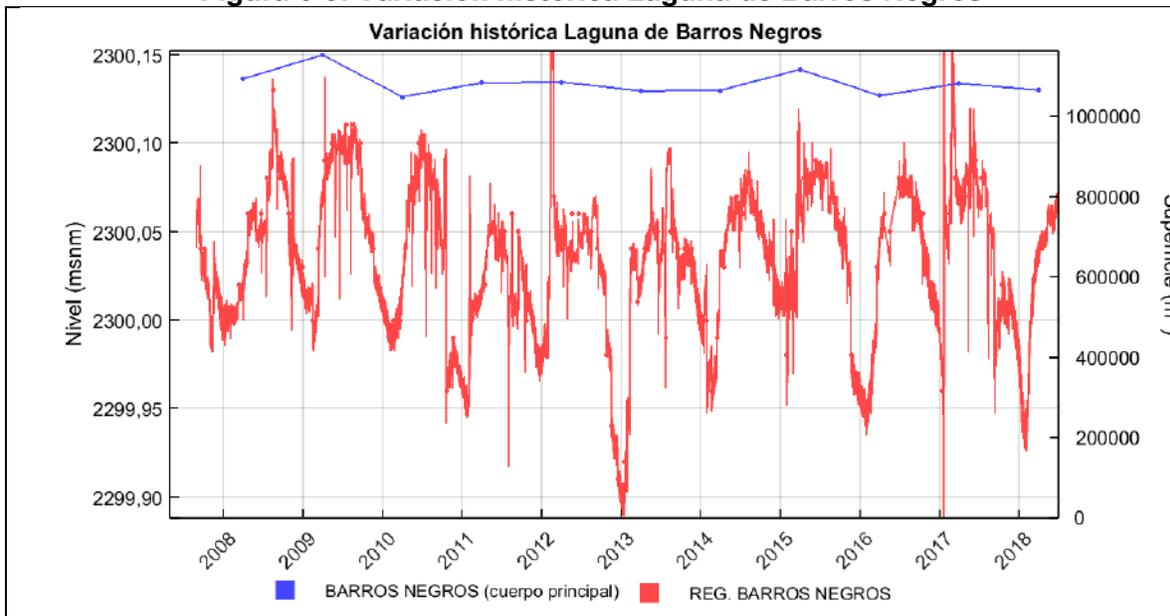
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-2: Variación histórica de niveles en L1-5



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-3: Variación histórica Laguna de Barros Negros

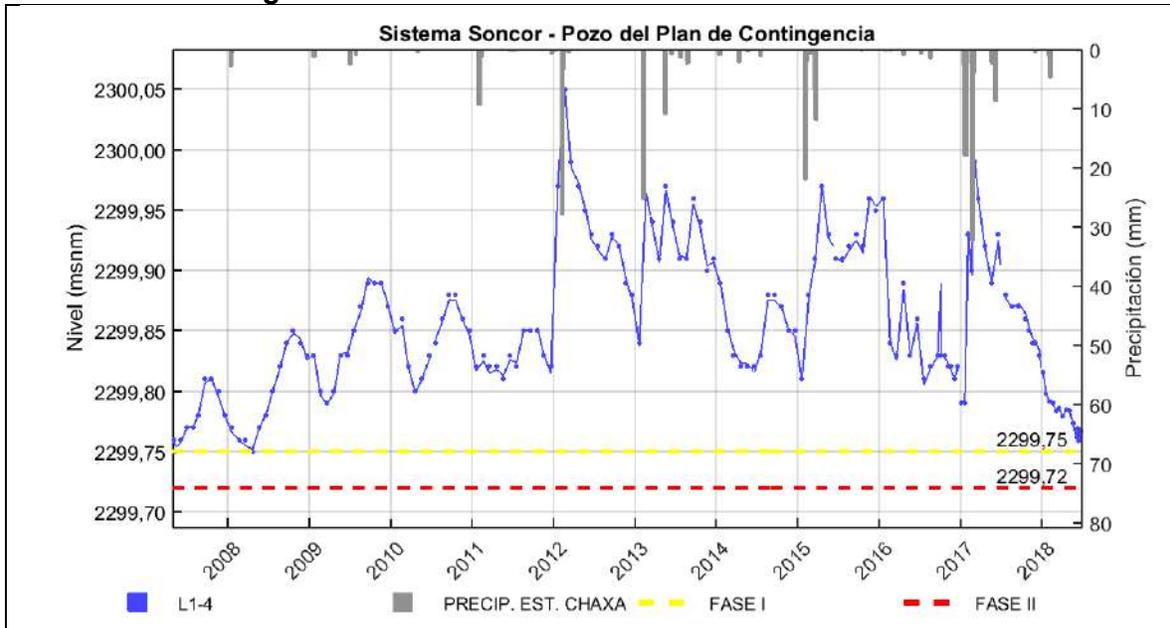


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 6-4 y la Figura 6-5, los indicadores de estado L1-4 y L7-4 no han superado los umbrales de fases durante todo el periodo de observación. Respecto al punto L1-4 es posible observar que su comportamiento también ha experimentado un cambio a partir de 2012; no muestra oscilación temporal y presenta una respuesta directa a los eventos de lluvia. Por su parte, el pozo L7-4 se mantiene estable y con oscilación

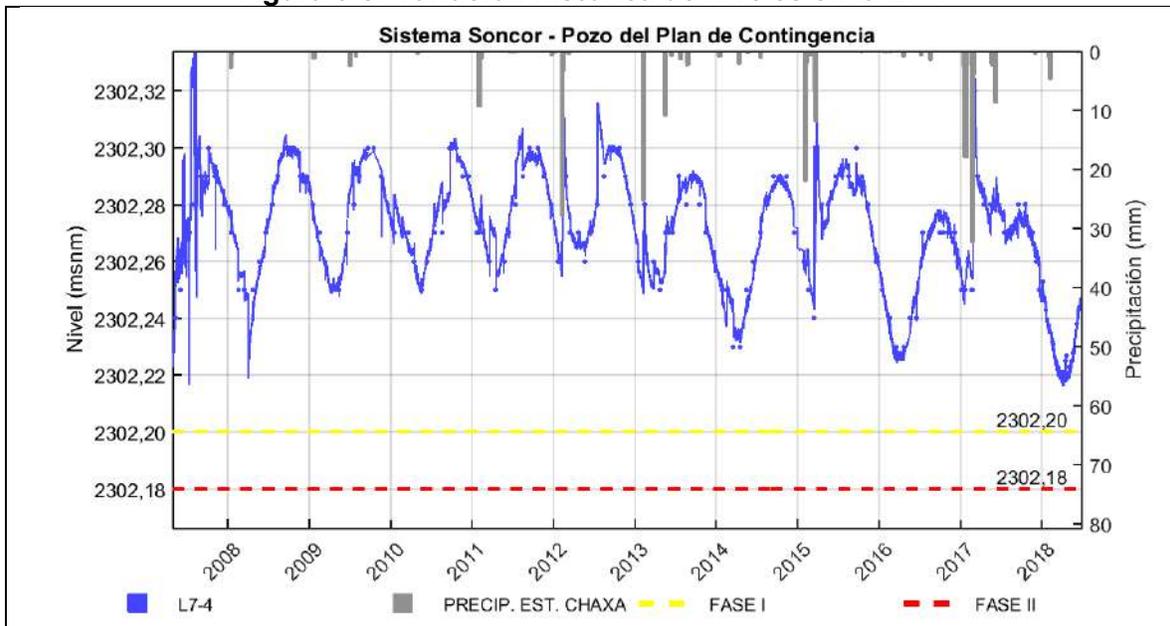
estacional alrededor de la cota 2.302,2 m.s.n.m. En este sector, no se observa un efecto dominante de los eventos de precipitación sobre los niveles acuíferos.

Figura 6-4: Variación histórica de niveles en la L1-4



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-5: Variación histórica de niveles en la L7-4



Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Sistema Aguas de Quelana

El Plan de Contingencia del Sistema Aguas de Quelana busca advertir, anticipar y evitar posibles afecciones sobre los objetos de protección del sistema producto de las actividades que desarrolla SQM en la cuenca. Para el presente sistema, estos objetos de protección corresponden al conjunto de lagunas difusas del margen este del Salar de Atacama (interior de la reserva nacional Los Flamencos en el Sector denominado Aguas de Quelana).

Teniendo en cuenta el objeto de protección descrito, se definieron diferentes indicadores del estado del sistema. Estos indicadores buscan alertar sobre posibles afecciones provenientes desde dos fuentes: por extracciones de salmuera desde el núcleo del salar y por 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.

Como se observa en la Figura 6-6 los niveles de los pozos de este sistema están fuertemente influenciados por oscilaciones estacionales con periodicidad anual. Tal periodicidad se encontraría dominada por los ciclos anuales de evaporación en la zona⁵². Al revisar el comportamiento en el largo plazo, no se observan tendencias importantes. La mayor tasa de descenso la presenta el pozo L5-10, con una variación menor a 1 cm/año (0,7 cm/año⁵³). En el resto de los pozos, las tasas de descenso son despreciables. De este modo, los niveles generales del sector se encuentran estables.

Desde mayo de 2007 hasta la fecha, ningún indicador ha descendido más allá del límite establecido para la Fase I. El pozo que más se ha acercado a tal límite fue el pozo L4-12 durante el mes de enero de 2017⁵⁴.

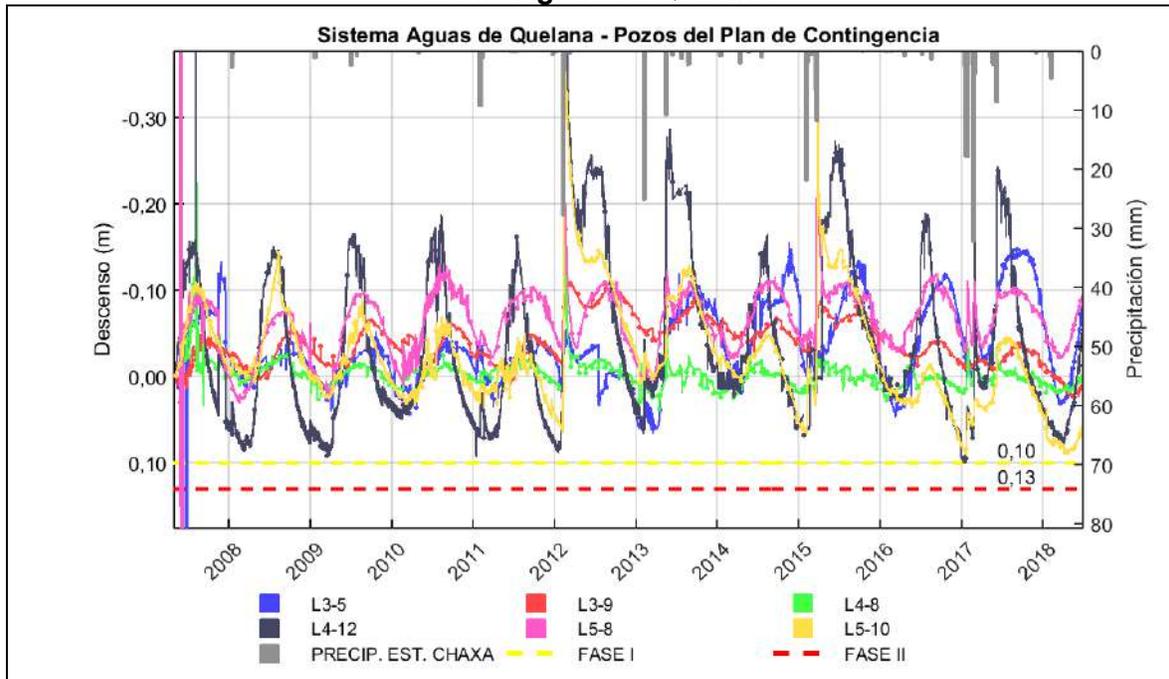
Un análisis del comportamiento de los pozos indicadores de estado para el Sistema Aguas de Quelana, en relación con otros cercanos se incluye en la sección 6.2.

⁵² Un análisis de Fourier muestra que, en casi todos los pozos, el período dominante es 369 días (muy cercano al año). Sólo el pozo L3-9 muestra una periodicidad anual con dominancia secundaria. Esto podría deberse a que en su serie de niveles existe un cambio en la tendencia desde el 2012, lo que podría afectar al análisis.

⁵³ La evaluación de los descensos en la presente sección fue realizada mediante regresión lineal desde mayo de 2007.

⁵⁴ Fecha de acuerdo con mediciones manuales.

Figura 6-6: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Aguas de Quelana⁵⁵



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa

El Sistema Vegetación Borde Este cuenta con 3 subsistemas: los 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.

Como se observa en la Figura 6-7, en general los niveles de los indicadores de este subsistema se encuentran estables. El pozo que ha presentado una mayor tasa de descenso es L7-3, siendo ésta de 1,8 cm/año. Al igual que para algunos pozos del Sistema Soncor, es posible observar un cambio en el comportamiento del punto L7-3 a partir del año 2012. El resto de los puntos de control han presentado tasas de descenso menores a los 0,8 cm/año⁵⁶. Cabe destacar que todos los pozos presentan oscilaciones estacionales, lo que muestra su dependencia con los ciclos de evaporación⁵⁷. También se observó en algunos indicadores (e.g. L2-27) una rápida respuesta de aumento del nivel ante fuertes precipitaciones, volviendo luego al comportamiento oscilatorio comúnmente registrado.

Desde mayo de 2007 hasta la fecha, ningún pozo ha descendido más allá del límite dado para la Fase I (Figura 6-7). El pozo que más se ha acercado a tal límite fue el pozo L7-3,

⁵⁵ Los registros anómalos observados al inicio del periodo en los pozos L3-5 y L5-8, se deben a fallas de fábrica de los transductores de presión originalmente instalados, por lo que fue necesario reemplazarlos. Lo anterior fue informado en el primer informe del PSAH.

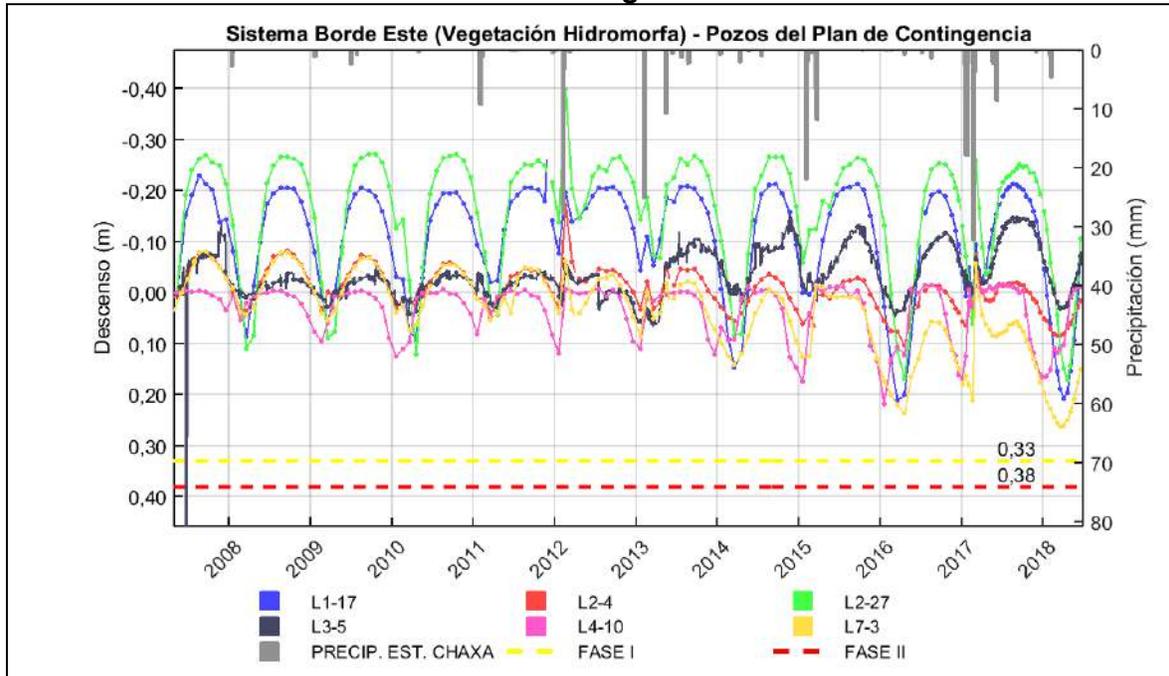
⁵⁶ Las tasas de descenso fueron obtenidas por regresión lineal desde mayo de 2007.

⁵⁷ Un análisis de Fourier muestra en todos los pozos un período dominante de 369 días, muy cercano al anual.

alcanzando un descenso máximo, respecto a su primer registro del 2007, de 0,26 m durante marzo de 2018⁵⁸, con un incremento de los niveles en el periodo posterior.

Un análisis del comportamiento de los pozos indicadores de estado para el Subsistema Vegetación Hidromorfa en relación a otros cercanos se incluye en la sección 6.2.

Figura 6-7: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Vegetación Hidromorfa



Fuente: Elaboración propia.

6.1.4 Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex

Los pozos del Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Brea-Atriplex 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 L4-17 no se encuentra en una zona de Vegetación Brea-Atriplex, sí se ha continuado monitoreando y evaluando de acuerdo a lo comprometido en la RCA N°226/2006.

De acuerdo a su funcionamiento, los pozos pertenecientes a este grupo pueden diferenciarse en dos (Figura 6-8): en el primer grupo se encuentran los pozos L4-7 y L9-1, los que presentan un nivel estable sin comportamientos de tendencia apreciables. Estos pozos son cercanos a la zona marginal y de afloramiento de lagunas. En el segundo grupo se encuentran los pozos L1-3, L2-7, L2-28, L3-3 y L7-6, los que muestran un comportamiento de tendencia al descenso. Las tasas de descenso son 6,4 cm/año, 5,6 cm/año, 4,7 cm/año y 4,4 cm/año para los pozos L7-6, L2-28, L2-7 y L3-3 respectivamente⁵⁹. Por su parte, el pozo L1-3 presenta un salto de nivel y un cambio en la tendencia el año

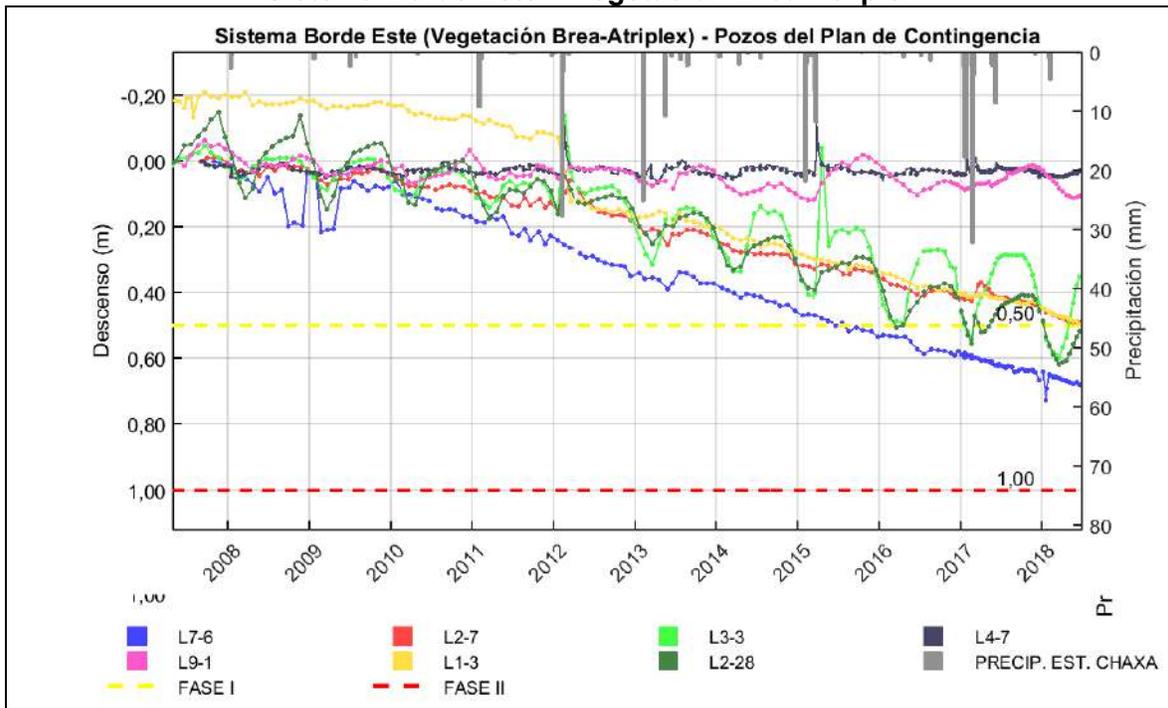
⁵⁸ Fecha de acuerdo a mediciones manuales.

⁵⁹ Valores obtenidos mediante regresión lineal desde mayo de 2007.

2012⁶⁰. Antes de dicho año, la tasa de descenso fue de 2,3 cm/año, mientras que con posterioridad dicha tasa cambia a 6,1 cm/año.

Dentro de este segundo grupo es posible diferenciar a su vez dos comportamientos, mientras que los pozos L1-3, L2-7 y L7-6 muestran un descenso que, de acuerdo a lo previsto en la evaluación ambiental del Proyecto, podría ser explicado por las extracciones de agua industrial, sin verse afectados por los ciclos anuales de evaporación. Por su parte, el comportamiento de los pozos L3-3 y L2-28 respondería tanto al bombeo de agua industrial, como a oscilaciones estacionales dadas por la evaporación de la zona⁶¹.

Figura 6-8: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex



Fuente: Elaboración propia.

En el marco del Plan de Contingencia cabe señalar que en distintos períodos los pozos L7-6, L3-3 y L2-28 han superado el límite de descenso establecido para la activación de la Fase I, sin alcanzar la activación de Fase II. El pozo L7-6 alcanzó el límite de activación de Fase I el 20 de junio del 2015, manteniéndose en dicha fase desde entonces. Por su parte, el indicador L3-3 ha activado Fase I en dos oportunidades, la primera de ellas durante el año 2017 y la segunda a comienzos del año 2018, mientras que el pozo L2-28 lo hizo adicionalmente en marzo de 2016. En Anexo 8 se presentan los registros de aviso a la autoridad correspondiente para las activaciones del primer semestre del 2018.

⁶⁰ 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.

⁶¹ Según un análisis de Fourier, los pozos L3-3 y L2-28 presentan como segundo período dominante el período anual.

Por otro lado, es posible observar que al término del presente periodo de reporte los pozos L2-7 y L1-3 se encontraron próximos a la activación de Fase I.

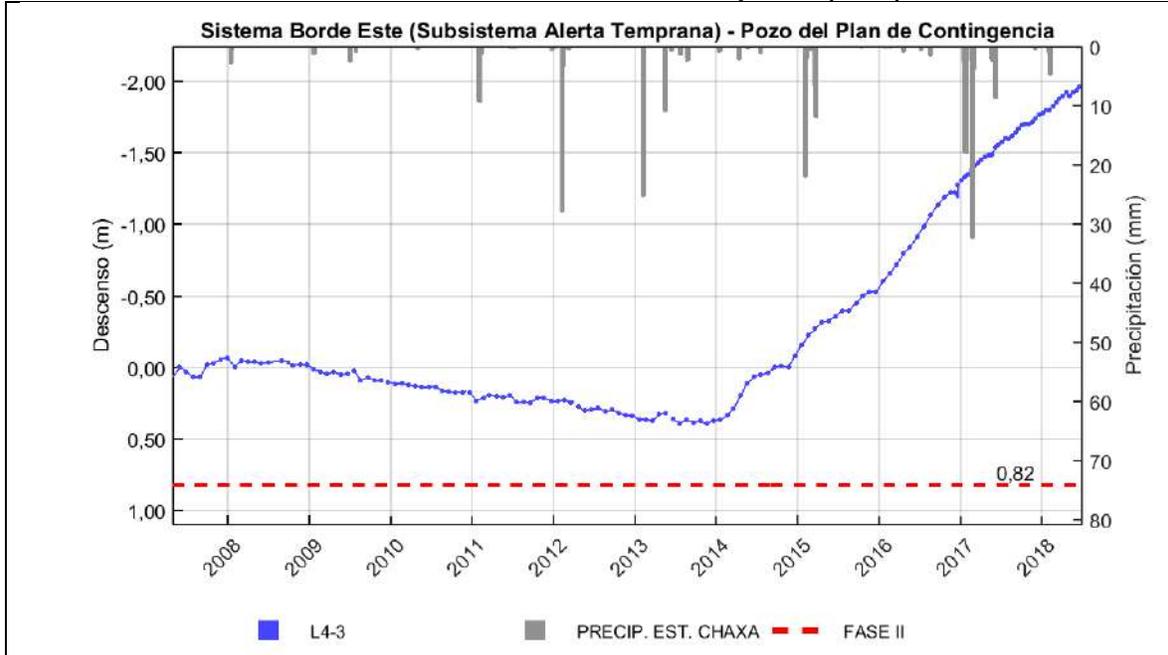
Un análisis del comportamiento de los pozos indicadores de estado para el Subsistema Vegetación Brea Atriplex en relación a otros cercanos se incluye en la sección 6.2.

6.1.5 Sistema Borde Este - Alerta Temprana

Los pozos del subsistema Alerta Temprana están ubicados al este del Sistema Vegetación Brea-Atriplex y 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, y L9-1. Cabe señalar que SQM ha incorporado voluntariamente pozos de control adicionales para el subsistema Alerta Temprana, los que se encuentran más cercanos a los pozos de extracción que pudiesen generar potenciales efectos. El comportamiento de dichos pozos es analizado en la sección 6.1.6.

El pozo L4-3 ha mostrado un cambio en su tendencia (Figura 6-9). Desde el año 2007 hasta antes del 2014, el nivel presentó descensos con una tasa de 7,1 cm/año. Luego de esta fecha el nivel comenzó a ascender a una tasa de 55 cm/año, situación que se ha mantenido hasta el presente periodo de reporte, lo que podría deberse a un aumento en la recarga local.

Figura 6-9: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L4-3)



Fuente: Elaboración propia.

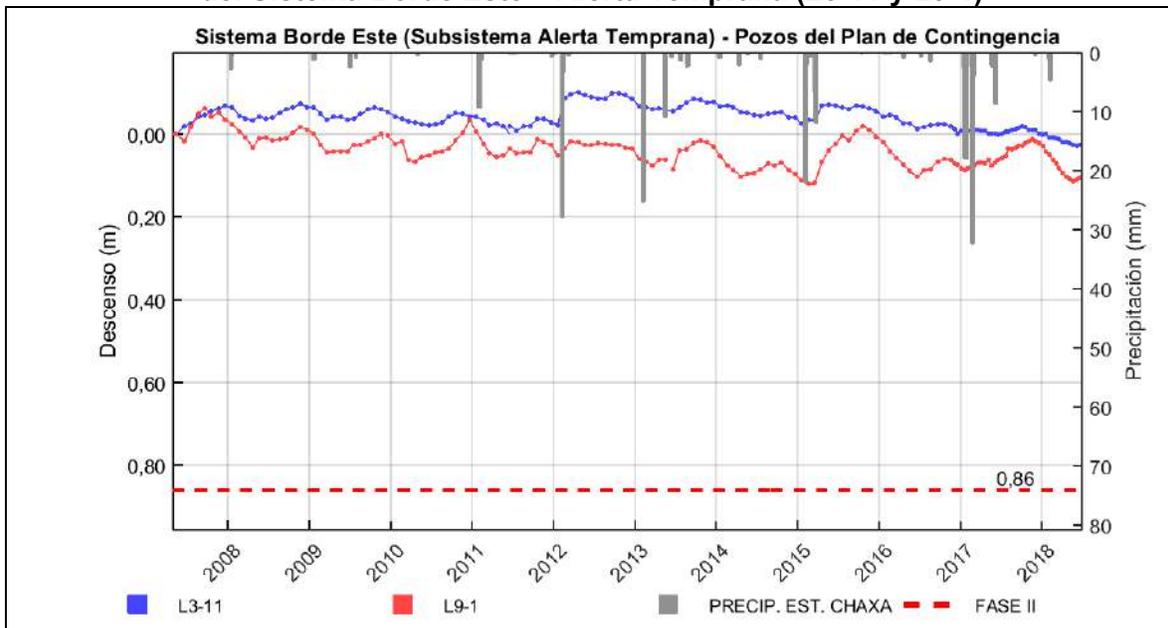
A la fecha los descensos no han superado el límite establecido para la activación de Fase II, único umbral definido para el subsistema Alerta Temprana. El mayor descenso de nivel

observado en el pozo L4-3 ha sido de 0,39 m y se alcanzó el 20 de noviembre de 2013⁶², es decir en forma previa al inicio del período de ascenso de niveles.

Con respecto a los pozos L9-1 y L3-11, es posible observar en la Figura 6-10 que los niveles evidencian un leve comportamiento de tendencia, de acuerdo con las tasas de descenso observadas. El primero ha presentado descensos con una tasa de 0,65 cm/año, mientras que la tasa de descenso del segundo ha sido de 0,4 cm/año (ambos desde mayo de 2007 a la fecha). Adicionalmente el indicador L3-11 muestra un ascenso repentino ocurrido a comienzos del 2012, el que podría deberse a la influencia de las altas precipitaciones de la fecha. La tasa de descenso a partir de dicho evento es de 1,7 cm/año⁶³.

En el marco del Plan de Contingencia, a la fecha no se ha superado el límite de Fase II establecido para los indicadores de estado L9-1 y L3-11. El mayor descenso observado en el pozo L9-1 fue de 0,12 m, valor alcanzado el 20 de febrero del 2015. Por su parte, para el pozo L3-11, el mayor descenso observado fue de 0,03 m, valor alcanzado el 5 de junio del 2018⁶⁴, observándose una recuperación en el monitoreo posterior.

Figura 6-10: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L3-11 y L9-1)



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al pozo L2-25, éste se presenta estable, con un leve incremento de los niveles en el largo plazo (Figura 6-11). De este modo, no se evidencia un efecto de los bombeos de agua industrial sobre el nivel en el pozo. No obstante, lo anterior se observa una oscilación estacional que sería influencia por efecto de la evaporación⁶⁵.

⁶² Fecha de acuerdo a medición manual.

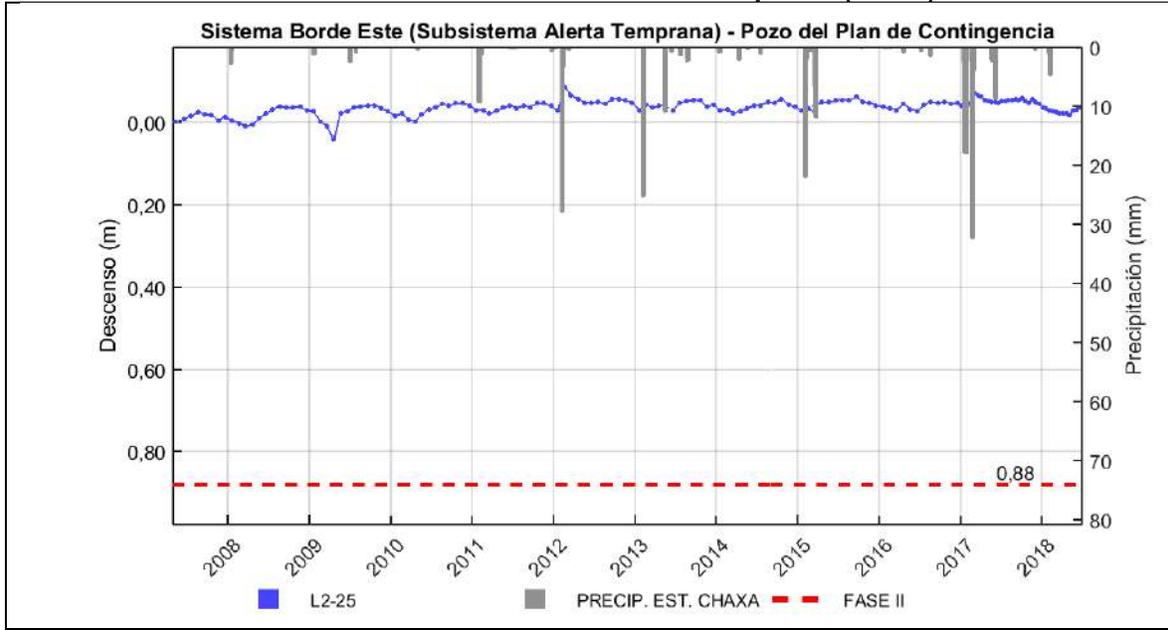
⁶³ Valores obtenidos por regresión lineal.

⁶⁴ Fecha de acuerdo a medición manual.

⁶⁵ Un análisis de Fourier muestra que el segundo período dominante es cercano al anual.

En el marco del Plan de Contingencia, desde mayo del 2007 a la fecha, el pozo L2-25 nunca ha superado el límite de Fase II. El mayor descenso observado es de carácter puntual y poco significativo, con 0,04 m, valor alcanzado el 20 de abril del 2009⁶⁶.

Figura 6-11: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L2-25)



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al pozo L7-13, en la Figura 6-12 es posible observar, de acuerdo a lo previsto en la evaluación ambiental del Proyecto, una tendencia de descenso en su nivel, con una tasa desde el año 2011 a la fecha, que alcanza los 5,7 cm/año.

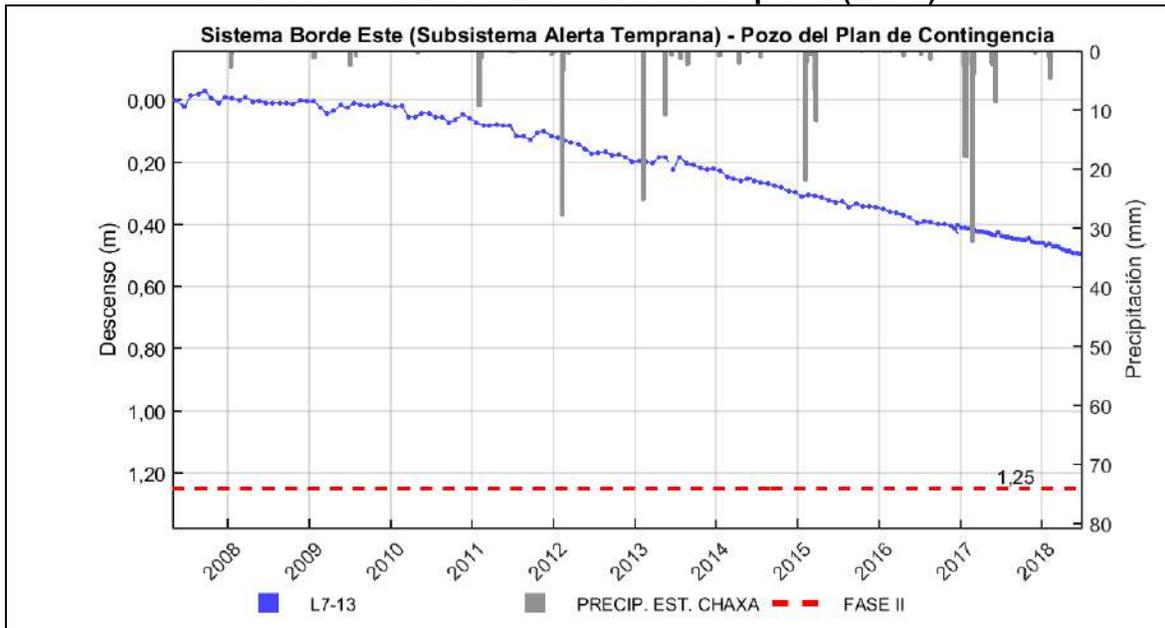
En el marco del Plan de Contingencia, y para L7-13, se define únicamente el límite para la activación de la Fase II. Éste corresponde a un descenso de 1,25 m. Desde mayo del 2007 a la fecha, el pozo nunca ha superado el límite de Fase II. El mayor descenso observado fue de 0,5 m, valor alcanzado el 20 de junio del 2018⁶⁷.

Un análisis del comportamiento de los indicadores del subsector de Borde Este – Alerta Temprana en relación a otros pozos cercanos se incluye en la sección 6.2.

⁶⁶ Fecha de acuerdo a medición manual.

⁶⁷ Fecha de acuerdo a medición manual.

Figura 6-12: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L7-13)



Fuente: Elaboración propia.

6.1.6 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 adicionales a los establecidos en la RCA 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).

Los pozos L7-14, L4-17 y L9-2 (Figura 6-13) presentan un comportamiento relativamente estable, con tasas de descenso de 1,2 cm/año, 2,1 cm/año y 0,5 cm/año (desde mayo de 2007 a la fecha), respectivamente y oscilaciones anuales que se explicarían por la influencia de la evaporación. El pozo L2-25 no presenta un comportamiento de tendencia, variando su nivel oscilatoriamente.

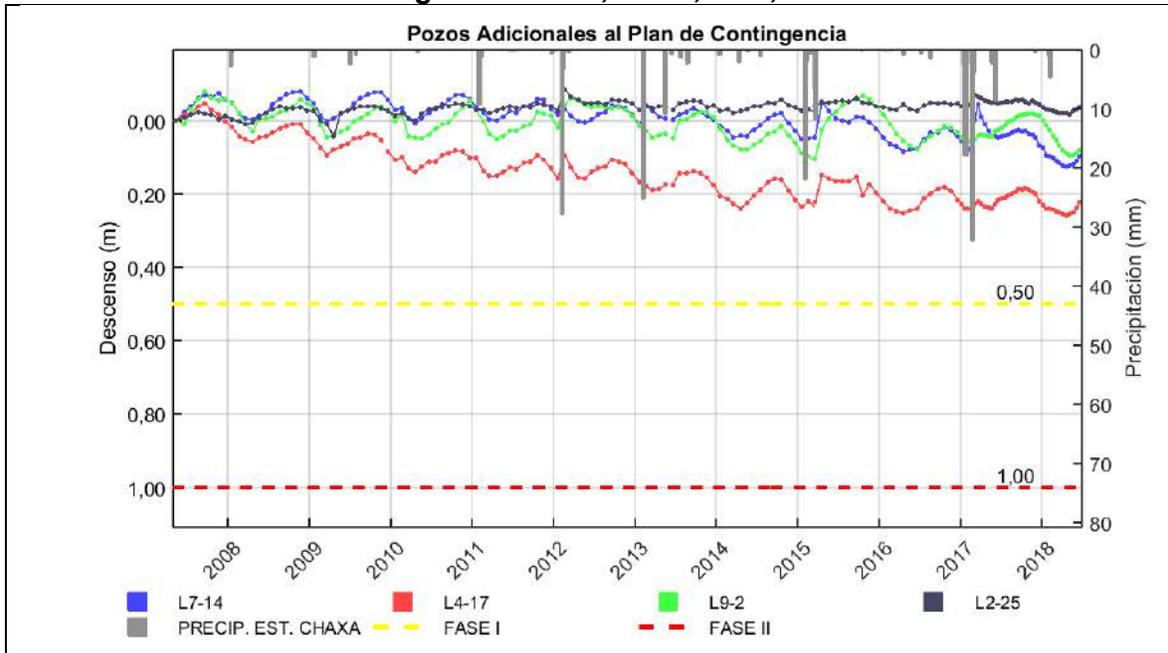
Para este grupo de pozos, se asimilaron los límites de activación de Fases del subsistema Vegetación Brea-Atriplex. Así, desde mayo del 2007 hasta la fecha, ningún pozo ha descendido más allá del límite dado para la Fase I. El pozo de mayor descenso corresponde a L4-17, alcanzando un descenso máximo de 0,26 m durante el día 20 de abril de 2018⁶⁸. El pozo L4-17 se encuentra cercano a la zona aluvial, frente al pozo de bombeo Socaire-5B. Así, su descenso se explicaría principalmente por el bombeo en este punto.

Con respecto al pozo L2-26, se observa un comportamiento de tendencia a partir del año 2011 y hasta la fecha actual (Figura 6-14), con una tasa de descenso de 5,9 cm/año, que debido a su ubicación podría ser explicada por la extracción de agua industrial efectuada

⁶⁸ Fecha de acuerdo a medición manual.

en los pozos de Allana y Camar-2. Adicionalmente, también existen oscilaciones anuales debido a las variaciones meteorológicas estacionales. Para el pozo L2-26 se define únicamente el límite para la activación de la Fase II. Éste corresponde a un descenso de 0,78 m, el que nunca ha sido superado. El mayor descenso observado fue de 0,49 m, valor alcanzado el 20 de junio del 2018⁶⁹.

Figura 6-13: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L7-14, L4-17, L9-2, L2-25



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al pozo L3-15, se observa un comportamiento de tendencia desde el inicio del periodo de registro (Figura 6-15), con una tasa de descenso del nivel de 7,4 cm/año⁷⁰, la cual se ha visto atenuada a partir del año 2016. Dada su ubicación, los descensos observados se explicarían por los bombeos de agua industrial (el pozo se ubica al oeste de Camar-2). Además, los niveles presentan oscilaciones anuales, mostrando la influencia de la evaporación⁷¹.

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 2018⁷².

Un análisis del comportamiento de los pozos adicionales al Plan de Contingencia en relación a otros pozos cercanos se incluye en la sección 6.2.

⁶⁹ Fecha de acuerdo a medición manual.

⁷⁰ Valor obtenido mediante regresión lineal desde mayo del 2007.

⁷¹ Un análisis de Fourier muestra que el período anual está presente en la serie, aunque la tendencia al descenso tiene mayor relevancia que las oscilaciones estacionales en la explicación de los niveles.

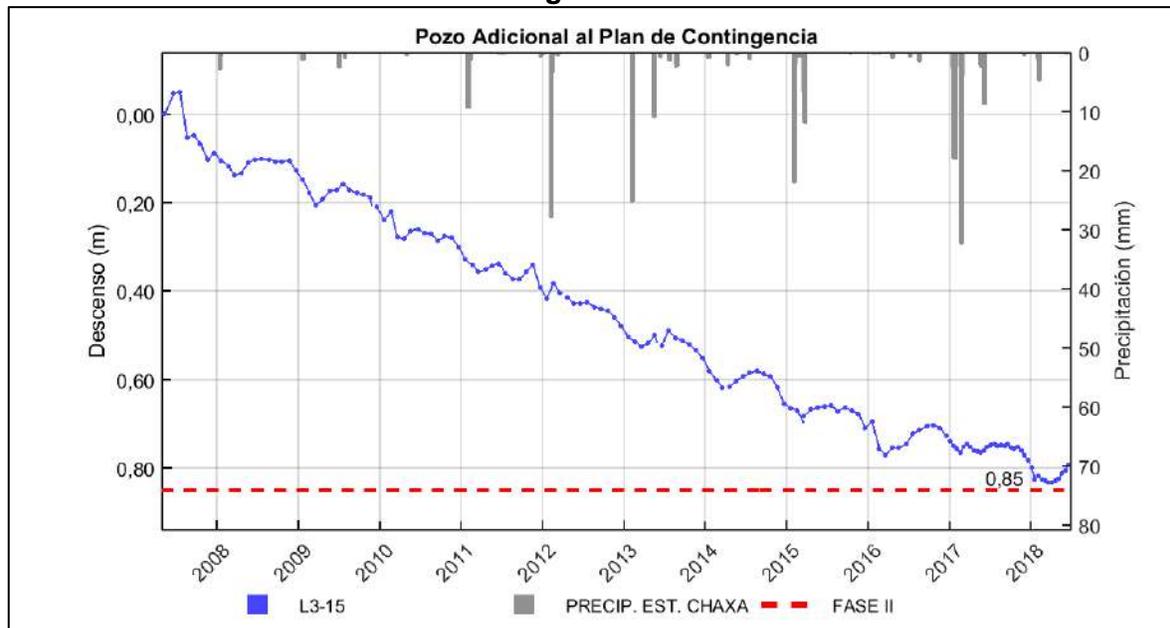
⁷² Fecha de acuerdo a medición manual.

Figura 6-14: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L2-26



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-15: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L3-15



Fuente: Elaboración propia.

6.2 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO

En la presente sección se analiza el comportamiento histórico de los puntos de control asociados al PSAH. Este análisis incluye una comparación entre las observaciones de del primer semestre del 2018 en relación con los registros obtenidos en semestres anteriores con el objeto de analizar el comportamiento histórico e identificar eventuales cambios de tendencia en la evolución de las distintas variables que conforman el seguimiento ambiental del Proyecto.

Cabe señalar que, para el caso del seguimiento de niveles, durante la evaluación ambiental se consideró descensos en el sistema subterráneo como producto de las extracciones tanto de salmuera como de agua industrial. En base a lo anterior, se estableció un conjunto de indicadores y umbrales de descensos aceptables que permitieran resguardar el estado de los componentes ambientales objeto de protección. Dichos indicadores y umbrales definen el Plan de Contingencia del Proyecto, donde se establecen las acciones de control a seguir en caso de superarse los límites establecidos. Todo lo anterior fue evaluado en la sección 6.1, por lo que no forma parte del presente análisis.

De esta forma, si bien a continuación se analizan las series de niveles para todos los puntos de control considerados en el PSAH, evaluando las tendencias existentes, es importante señalar que su evolución se encuentra ambientalmente abordada en los indicadores y umbrales del Plan de Contingencias.

Adicionalmente, para evaluar correlaciones y tendencias entre los pozos y agentes externos que los influyen o determinan, deben tenerse presente dos hechos relevantes:

- En septiembre de 2008, los pozos Mullay-1 y Allana comenzaron la extracción de agua industrial, ambos con derecho de agua otorgados. Estos pozos fueron los últimos en comenzar las extracciones, habiéndolo hecho en forma previa los pozos Camar-2, Socaire-5B y P2⁷³. El pozo CA-2015 comienza durante el primer semestre de 2017, pero éste debe ser entendido como un reemplazo del pozo P2: sus operaciones comienzan luego del cese de las extracciones en P2, con caudales similares, por debajo del máximo otorgado, y localizado en el mismo sector⁷⁴.
- Históricamente se han observado oscilaciones estacionales de los niveles en gran parte de los puntos de control, haciendo que los primeros semestres presenten comportamientos diferenciados al de los segundos semestres.

Así, al evaluar los resultados del primer semestre del 2018 en relación al comportamiento histórico, se considerará contrastar con periodos comparables, es decir, con primeros semestres, y evaluar períodos en el cual todo sistema se encuentre bajo condiciones de extracción similares.

Dado lo anterior, si bien en la presente sección se analizan niveles desde el primer semestre de 2007, el cálculo numérico y estadístico que incluye se enfoca principalmente en los descensos medios semestrales tomando como referencia el nivel medio semestral⁷⁵ del

⁷³ Pozos aprobados ambientalmente mediante RCA 403/1995.

⁷⁴ 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

⁷⁵ El descenso del nivel medio del primer semestre de 2018, tomando como referencia al primer semestre de 2008, se calcula como el promedio del nivel del primer semestre del 2018 menos el promedio del nivel del primer semestre de 2008. En general, el descenso del nivel medio entre dos semestres consecutivos se calcula como el nivel promedio del semestre en cuestión

primer semestre de 2008⁷⁶. Esto es por rigurosidad matemática, cumpliéndose las precauciones arriba expuestas. Lo anterior no significa que se esté obviando el comportamiento previo al 2008, ni perdiéndose generalidad de las conclusiones. En el Anexo 3 se incluye una descripción de las herramientas matemáticas que se utilizan para analizar cuantitativamente la evolución de los niveles freáticos, esto es análisis de tendencias, análisis de correlaciones y análisis de oscilaciones (análisis de Fourier).

En los Anexos que acompañan el presente informe se incluyen los registros tabulados obtenidos durante el primer semestre del año 2018, ya que la data histórica de los monitoreos del seguimiento ambiental fue entregada en el Informe N°22 en formato digital y han sido expuestos en los respectivos informes semestrales del PSAH.

6.2.1 Sistema Soncor

6.2.1.1 Niveles de agua subterránea y superficial

6.2.1.1.1 Pozos en zona aluvial

Como pozos pertenecientes al Sistema Soncor - zona Aluvial, se considera a los pozos L1-1, L1-2, L1-3, L2-2, L2-3, L2-7, L7-1, L7-2, L7-6.

En septiembre de 2008, los pozos Mullay-1 y Allana iniciaron el bombeo de agua industrial, lo que produjo un cambio en la tendencia (conforme a lo esperado) sobre los niveles observados en algunos pozos de la zona aluvial, iniciándose un periodo de descenso de dichos niveles.

Durante el primer semestre del 2018 (en adelante, I/2018), los niveles de los pozos mostraron una tendencia al descenso, siguiendo el comportamiento histórico (Figura 6-16). Para este mismo período, el descenso del nivel medio con respecto al semestre anterior estuvo en el rango 0-5 cm. Así, el pozo L7-1 no mostró descensos respecto al nivel medio del semestre anterior. Por el contrario, el pozo L2-7 presentó el mayor descenso con respecto al II/2017.

Es relevante notar que el comportamiento histórico no se caracterizó por oscilaciones estacionales, con tasas de descenso en el rango 5-11 cm/año⁷⁷.

Al observar el nivel medio semestral, los mayores descensos desde el I/2008 se han registrado en los pozos L1-1 y L2-2 (129 y 119 cm, respectivamente). Estos pozos también están dentro de los que menos descendieron durante el I/2018 (1 cm del nivel medio con respecto al nivel medio del II/2017) evidenciando una posible etapa de estabilización. Tal proceso de estabilización puede ser cuantificado mediante el coeficiente de correlación⁷⁸ entre el descenso medio total desde el I/2008 y el descenso medio semestral del I/2018, que entrega un valor de $r = -0,70$.

menos el nivel promedio del semestre anterior.

⁷⁶ El primer semestre del 2008 es el semestre de referencia sólo para el cálculo de correlaciones con estaciones de precipitación, correlaciones con distancias a pozos de extracción y comparación entre descensos del nivel medio semestral. Para la estimación de períodos de oscilación no se necesita una fecha de referencia. Por lo tanto, al sólo necesitarse series con mismas condiciones de bombeo durante todo el tiempo, los análisis de oscilación se llevan a cabo desde el segundo semestre de 2008.

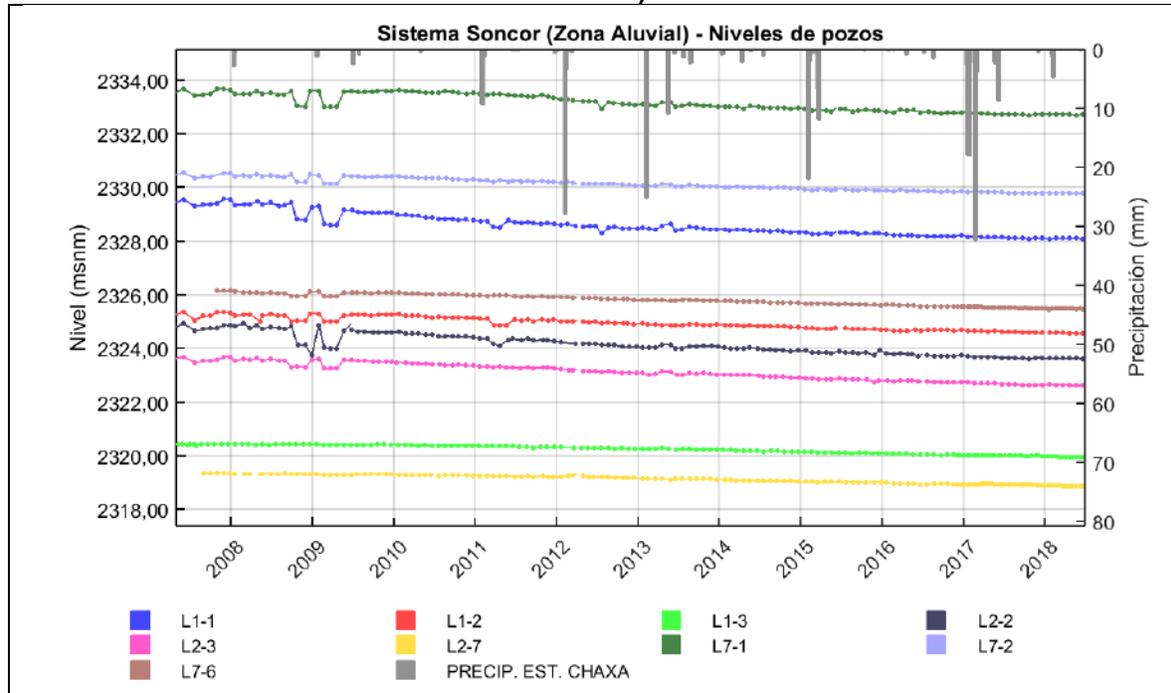
⁷⁷ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

⁷⁸ A lo largo de todo el presente capítulo se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson.

Considerando la cercanía de los pozos a los puntos de extracción Mullay-1 y Allana, sus descensos pueden ser explicados por dichas extracciones. Es posible notar que los pozos que se encuentran más cercanos a los puntos de extracción (e.g. L1-1, L2-2) presentan un proceso de estabilización más rápido que los lejanos (e.g. L1-3).

A modo de conclusión, se observa que, en términos generales, los niveles en la zona Aluvial del Sistema Soncor responden a las operaciones en los pozos Mullay-1 y Allana.

Figura 6-16: Variación histórica de niveles de los pozos del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.1.2 Pozos en zona marginal

Para analizar el comportamiento de los niveles en la zona Marginal del Sistema Soncor, los puntos de control fueron diferenciados en 6 subsectores:

- 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 descarga Barros Negros sur.
- Subsector norte de Soncor.

Subsector Puilar

Al subsector Puilar pertenecen los pozos 1027, L7-3, L7-4 y L7-7.

En este subsector los niveles se caracterizan por presentar un comportamiento oscilatorio (Figura 6-17) con una periodicidad anual, sin una marcada tendencia en el largo plazo. Esto significa que los niveles responden a variaciones estacionales, como, por ejemplo, evaporación invierno-verano (ya sea como efecto directo o indirecto de la misma)⁷⁹. Así, durante los primeros semestres, los pozos suelen descender, mientras que durante los segundos semestres los pozos suelen ascender.

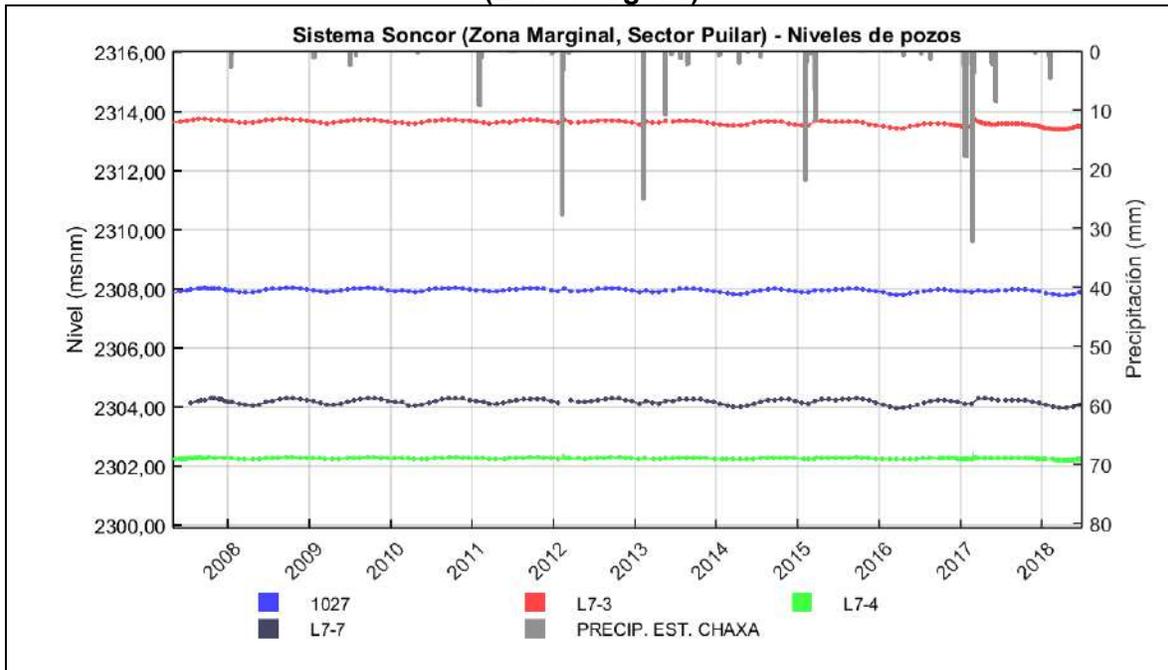
Si bien el nivel de todos los puntos de control es oscilatorio, el pozo L7-3 tiene una componente dominante al descenso⁸⁰, siendo el pozo de mayor disminución en su nivel medio (I/2018 con respecto al I/2008) respecto al resto de los puntos del sector. Esta tendencia se debe principalmente porque el pozo se encuentra próximo a la zona aluvial, siendo posiblemente influenciado por el bombeo de agua industrial. En efecto, el descenso total del nivel medio semestral de los pozos desde I/2008 tiene una alta correlación con la distancia a Mully-1, con un coeficiente de correlación de $r = 0,97$. Por el contrario, los descensos tienen una baja correlación con las precipitaciones semestrales de la estación Chaxa, con magnitudes de coeficiente de correlación entre $r = 0,06-0,021$ ⁸¹.

⁷⁹ El efecto de la evaporación puede evidenciarse directamente en el nivel de los flujos subterráneos en aquellos sectores que presentan niveles más someros, o como un efecto indirecto del descenso ocurrido en dichos sectores someros, en aquellos casos en que los niveles se encuentran a mayor profundidad.

⁸⁰ Un análisis de Fourier muestra que en los pozos 1027, L7-4 y L7-7, el período dominante es cercano al año. No ocurre lo mismo en el pozo L7-3, en donde su segundo periodo dominante es el cercano al año.

⁸¹ A lo largo del presente capítulo, el coeficiente de correlación es calculado directamente sobre las series de niveles, sin restarle previamente sus tendencias (sean éstas oscilatorias o por descensos). En este sentido, lo que se está correlacionando son las tendencias de los parámetros, la que puede no coincidir necesariamente con la correlación de la variación de los parámetros (i.e. los parámetros sin tendencias). Esta no coincidencia ocurre cuando las tendencias son importantes y generadas por algún agente externo al de los parámetros comparados (e.g. si es que se está evaluando la correlación entre precipitaciones y niveles, existiendo un fuerte comportamiento oscilatorio del nivel generado por un agente externo, como podría serlo la evaporación). La precaución anterior debe tenerse en cuenta siempre al correlacionar series de tiempo. De lo contrario, se podrían estar obteniendo conclusiones erróneas basadas en correlaciones espurias.

Figura 6-17: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector de Puilar (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al período a reportar, I/2018, se han observado descensos de los niveles medios semestrales con respecto al II/2017. Esto es consecuente con el comportamiento histórico, considerando también que durante los primeros semestres se ha observado que los niveles medios descienden.

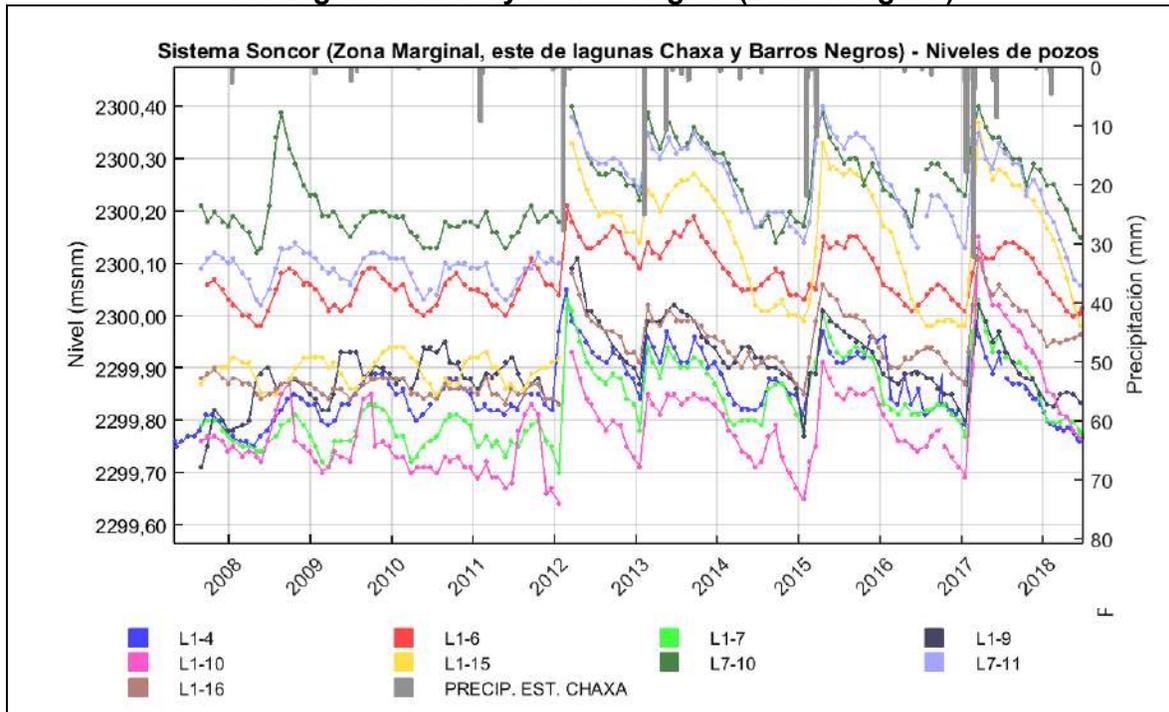
A modo de resumen, para el subsector Puilar, se tiene que los niveles de la zona responden principalmente a agentes climáticos de variación estacional, siendo el período I/2018 consecuente con esto.

Subsector este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros

Dentro de este subsistema se han agrupado a los pozos L1-4, L1-6, L1-7, L1-9, L1-10, L1-15, L1-16, L2-4, L2-8, L7-10 y L7-11. Debido a su comportamiento, los pozos L2-4, L2-8 se analizan en forma diferenciada

Los pozos del primer grupo (Figura 6-18) no han presentado un comportamiento de tendencia en el largo plazo, mostrando una evolución dependiente de las precipitaciones. Así, los niveles en el sector aumentan cuando se han registrado altas precipitaciones en la estación Chaxa (mayores a 10mm). Generalmente, esto ha sucedido durante los primeros semestres. De esta forma, al evaluar la relación de los niveles con las precipitaciones, se tiene que, en general, estos tienen una alta correlación con la precipitación: el coeficiente de correlación entre la variación semestral del nivel y la precipitación semestral en estación Chaxa llega hasta $r = 0,78$ (pozo L1-16).

Figura 6-18: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Durante el I/2018 se ha observado que el nivel medio semestral ha descendido con respecto al semestre anterior. Esto puede ser explicado porque los niveles se encuentran en un proceso de evolución (descenso) hacia su nivel natural, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017, y a la menor cantidad de precipitaciones del período en cuestión, sin registrarse eventos mayores a 10 mm.

En la zona no se observan tendencias a la baja, existiendo en algunos pozos ascensos de nivel: por ejemplo, los pozos L1-15, L7-11 y L1-16 han aumentado su nivel a una tasa de 3,3 cm/año, 1,9 cm/año y 1,4 cm/año respectivamente⁸². El resto de los pozos también ha ascendido su nivel, aunque a una tasa inferior.

A modo de resumen, se tiene que sus niveles dependen fuertemente de las precipitaciones, no viéndose descensos de niveles por las extracciones del proyecto.

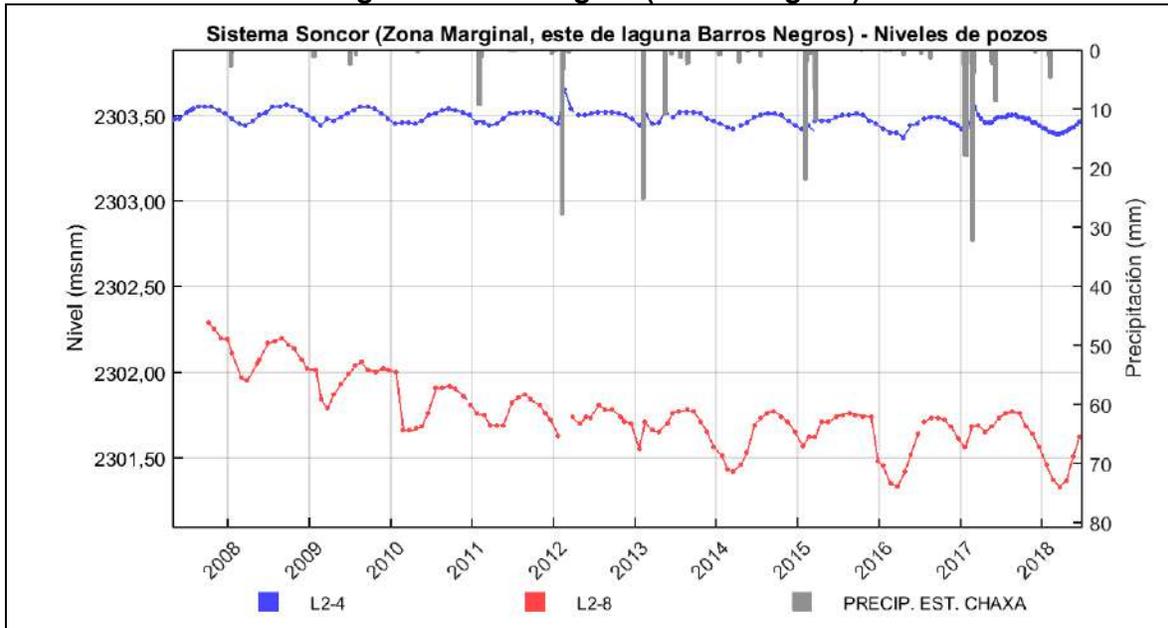
Respecto a los pozos L2-4 y L2-8, si bien se encuentran cercanos a los recién discutidos, se agrupan separadamente por presentar un comportamiento diferente. Los niveles de estos pozos no se explican por las precipitaciones (Figura 6-19). La correlación entre el descenso semestral medio y las precipitaciones en estación Chaxa es baja, teniendo una magnitud de $r = 0,08 - 0,1$. Ambos pozos presentan niveles marcados por oscilaciones estacionales, como por ejemplo los ciclos de evaporación ya sea como efecto directo o indirecto⁸³. El pozo L2-8 presenta mayores oscilaciones estacionales que el L2-4, pero

⁸² Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

⁸³ Un análisis de Fourier muestra períodos dominantes cercanos al año para ambos pozos.

también presenta una componente a la baja, esto es, descendiende de manera oscilatoria. El pozo L2-8 ha mostrado una tasa de descenso de 4,6 cm/año, mientras que el pozo L2-4 posee una tasa inferior a 0,6 cm/año⁸⁴. Dicho comportamiento podría relacionarse con la evolución de pequeños afloramientos difusos existentes en el entorno del pozo L2-8.

Figura 6-19: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor Sector Este de la Laguna Barros Negros (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Durante el I/2018, ambos pozos mostraron descensos en comparación al nivel medio semestral del II/2017 (7 cm y 25 cm para L2-4 y L2-8 respectivamente). Estos descensos se encuentran dentro del rango histórico y se explican por el comportamiento cíclico anual de niveles en el sector, en que los primeros semestres generalmente han existido descensos de niveles, mientras que en los segundos semestres los niveles ascienden.

A modo de resumen, se tiene que el pozo L2-4 se rige por oscilaciones estacionales, mientras que el pozo L2-8 estaría influenciado adicionalmente por la existencia de pequeños afloramientos difusos en su entorno.

Subsector oeste y sur de la Laguna Chaxa

En este subsector se encuentran los pozos L7-5, L7-12, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6 y RC-7. La serie de pozos RC comienza a medirse desde el 2010 en adelante, siendo estos un reemplazo de las calicatas (serie C1 a C7). Lo anterior ha sido descrito en el informe N° 8 del PSAH.

Todos los pozos presentan un comportamiento dependiente de las altas precipitaciones

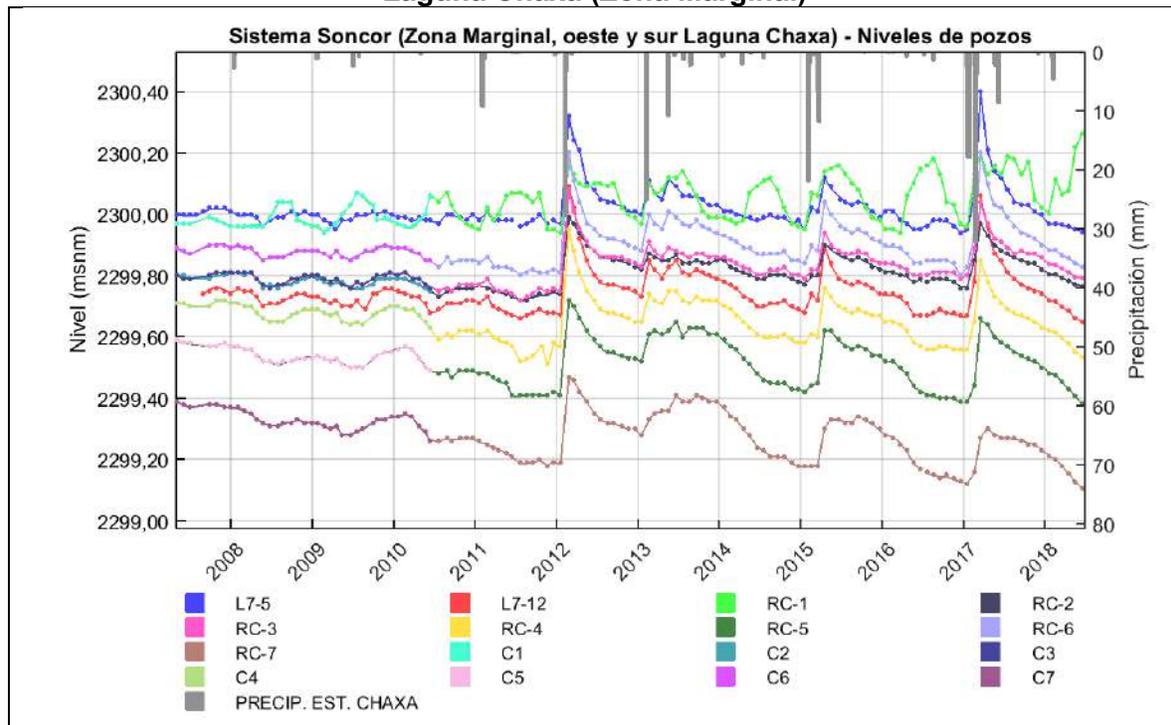
⁸⁴ Valores obtenidos por regresión lineal.

(Figura 6.20), reflejándose en menor medida en el pozo RC-1. Así, los coeficientes de correlación entre los descensos del nivel medio semestral y las precipitaciones es de $r = 0,74$ a $0,84^{85}$. Sólo los pozos RC-1 y RC-7 muestran correlaciones fuera de este rango, con $r = 0,49$ y $0,59$ respectivamente. El pozo RC-1 se ubica a menos de 200 m del canal que une las lagunas de Chaxa y Barros Negros, por lo que se vería influenciado por dicho flujo superficial, por su parte, el pozo RC-7 presenta un comportamiento similar al resto de los pozos del sector, pero se ubica alrededor de 1,5 km al sur de los mismos. Del grupo de pozos analizados, el denominado como RC-7 es el único que presenta un comportamiento de tendencia al descenso, con una tasa de 1,2 cm/año. Por su parte, el pozo RC-1 muestra una tendencia ascendente de 1,2 cm/año.

Con respecto al I/2018, en general se observaron descensos del nivel medio semestral comparado con el nivel medio del II/2017. El único pozo que no mostró un descenso del nivel medio fue RC-1. Estos descensos pueden ser entendidos por las bajas precipitaciones de los últimos dos semestres, donde no se han evidenciado precipitaciones asociadas a los eventos mayores que gobiernan los aumentos de nivel, siendo el último registrado en el primer trimestre del año 2017.

A modo de resumen, los niveles del subsector responden fuertemente a las altas precipitaciones, sin observarse un claro comportamiento de tendencia.

Figura 6.20: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor, Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

⁸⁵ Coeficientes de correlación calculados desde el II/2011, sólo sobre las series RC.

Subsector descarga Cola de Pez

Para analizar este subsector, ubicado al oeste de la Laguna Barros Negros, se realizarán tres agrupaciones. La primera agrupación considera a los pozos P1-1, P1-2, P1-3, P1-4, P1-5, P1-6 y P1-7, ubicados al sur-oeste de Cola de Pez.

Los pozos de este grupo están regidos por los eventos de desborde del cuerpo principal de la laguna sobre el área. El comportamiento de sus niveles muestra un quiebre cualitativo en febrero de 2012 (Figura 6-21). Antes de esta fecha, los niveles en general presentaban un comportamiento marcado por oscilaciones anuales de carácter regular. Tales oscilaciones son mayores en tanto se está más cerca al punto de descarga de la laguna.

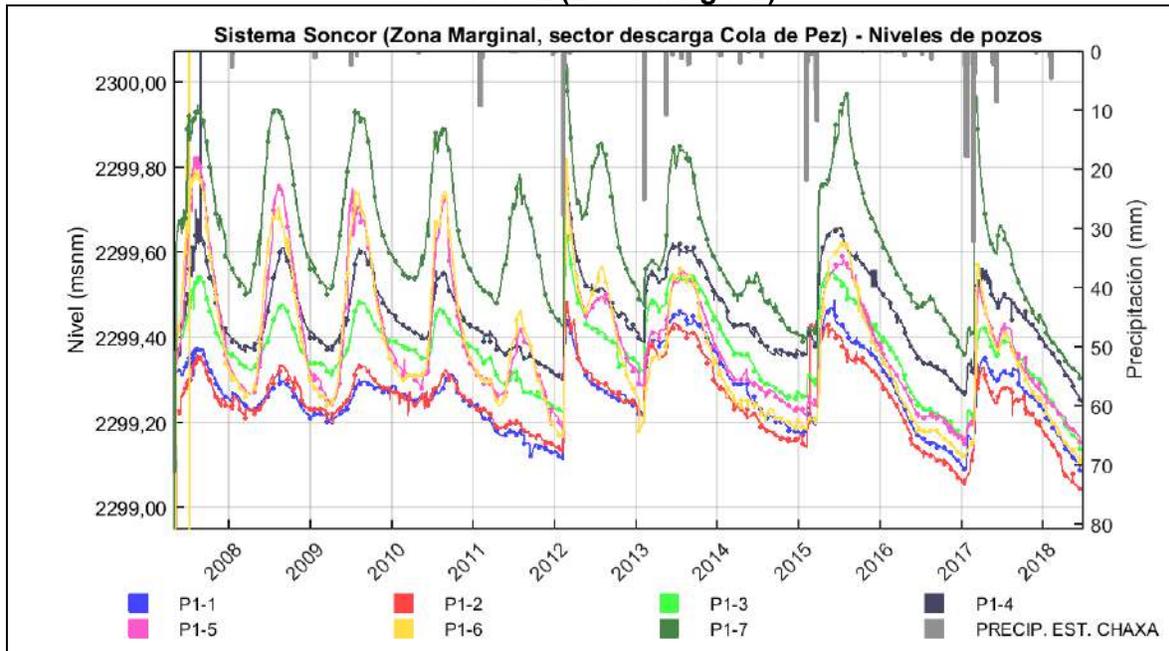
Posterior a febrero de 2012, la periodicidad cambia, ocurriendo ahora oscilaciones dominadas por eventos de precipitación ocurridos en el sector. Al analizar la relación entre los descensos de los niveles medios semestrales con las precipitaciones de estación Chaxa, se tiene que la correlación pasa de ser negativa antes del I/2012 ($r = -0,38$ a $-0,43$ ⁸⁶), a ser positiva después de I/2012 ($r = 0,52$ a $0,67$).

Cabe señalar que de acuerdo a los resultados del informe de investigación elaborado en el marco de la activación de Fase II del sistema Soncor, la descarga desde la laguna Barros Negros se desarrolló, hasta el año 2012, principalmente a través del punto de rebose denominado Cola de Pez. Sin embargo, este comportamiento histórico se ha visto modificado al menos desde 2012, cuando dicho mecanismo de descarga principal fue reemplazado por un desborde que ocurre por el Sur. Este hecho origina que en la actualidad el área de inundación producto del desborde conocido como Cola de Pez sea más restringida que en el pasado, explicando el cambio de comportamiento observado en los niveles del sector.

En cuanto a lo observado durante el I/2018, se tiene que han existido descensos del nivel semestral medio comparado con el semestre anterior. Si bien estos van de 13 a 17 cm, pueden ser entendidos como una respuesta al cambio en la dinámica de desborde de la laguna de Barros Negros y a proceso de descenso esperado, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017, los que no se han registrado en forma posterior.

⁸⁶ Estos valores negativos cobran sentido al entender que lo que se está correlacionando son los niveles sin eliminar las tendencias, como ya se ha comentado anteriormente. Así, el factor externo que influencia a las correlaciones observadas es la tendencia oscilatoria debido a la evaporación.

Figura 6-21: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)⁸⁷



Fuente: Elaboración propia.

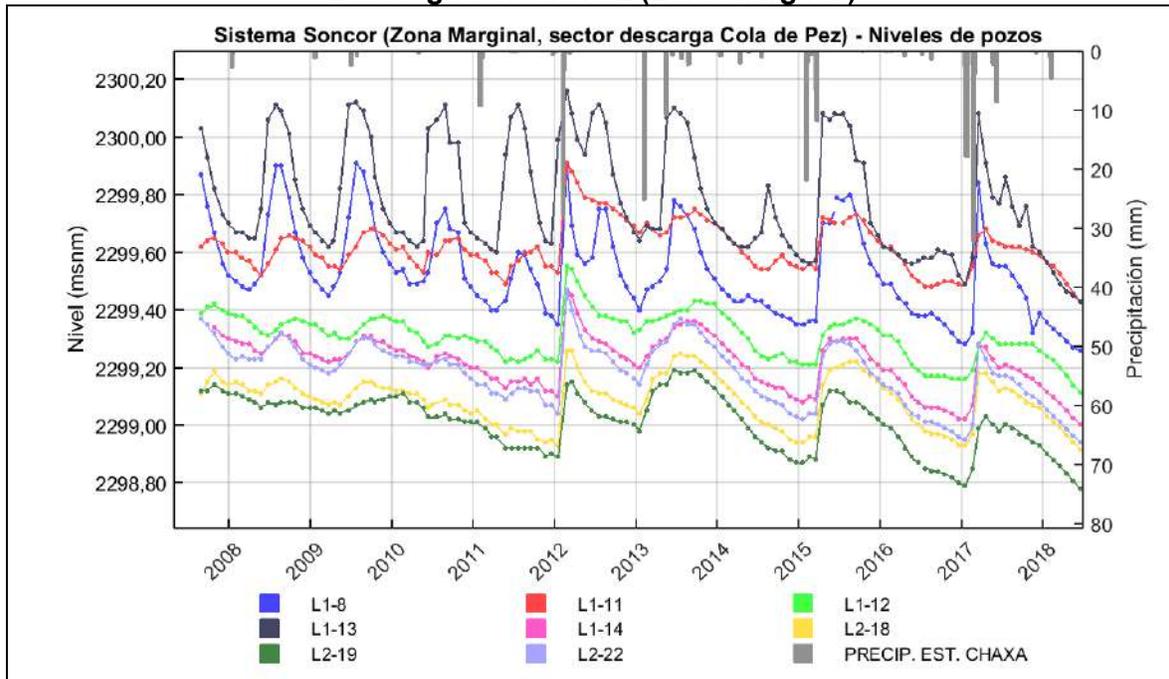
La segunda agrupación del subsector descarga Cola de Pez considera los pozos L1-8, L1-11, L1-12, L1-13, L1-14, L2-18, L2-19 y L2-22 (Figura 6-22), ubicados al oeste de Cola de Pez.

Esta agrupación posee un comportamiento similar a los pozos descritos anteriormente, observándose un cambio cualitativo en el I/2012. De esta manera, se pasa de un comportamiento con periodicidad anual a uno mayormente influenciado por los eventos de precipitación, motivado por los cambios evidenciados en la dinámica de descargas hacia el sector de Cola de Pez. Así, antes del I/2012, la correlación del descenso medio semestral con la precipitación medida en la estación Chaxa era negativa (el rango $r = -0,36$ a $-0,19$), mientras que, en forma posterior, la correlación pasa a ser positiva, con $r = 0,54$ a $0,66$.

Durante el I/2018, se observaron descensos del nivel medio comparado con el semestre anterior, los que se encuentran dentro del rango histórico. Estos descensos pueden ser explicados principalmente como una respuesta al cambio en la dinámica de desborde de la laguna de Barros Negros y por la inexistencia de eventos de precipitación mayor durante I/2018, por lo que los niveles se encontrarían en un proceso de descenso esperado, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017.

⁸⁷ Los registros anómalos observados al inicio del periodo en el pozo P1-6, se deben a fallas de fábrica de los transductores de presión originalmente instalados, por lo que fue necesario reemplazarlos. Lo anterior fue informado en el primer informe del PSAH.

Figura 6-22: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

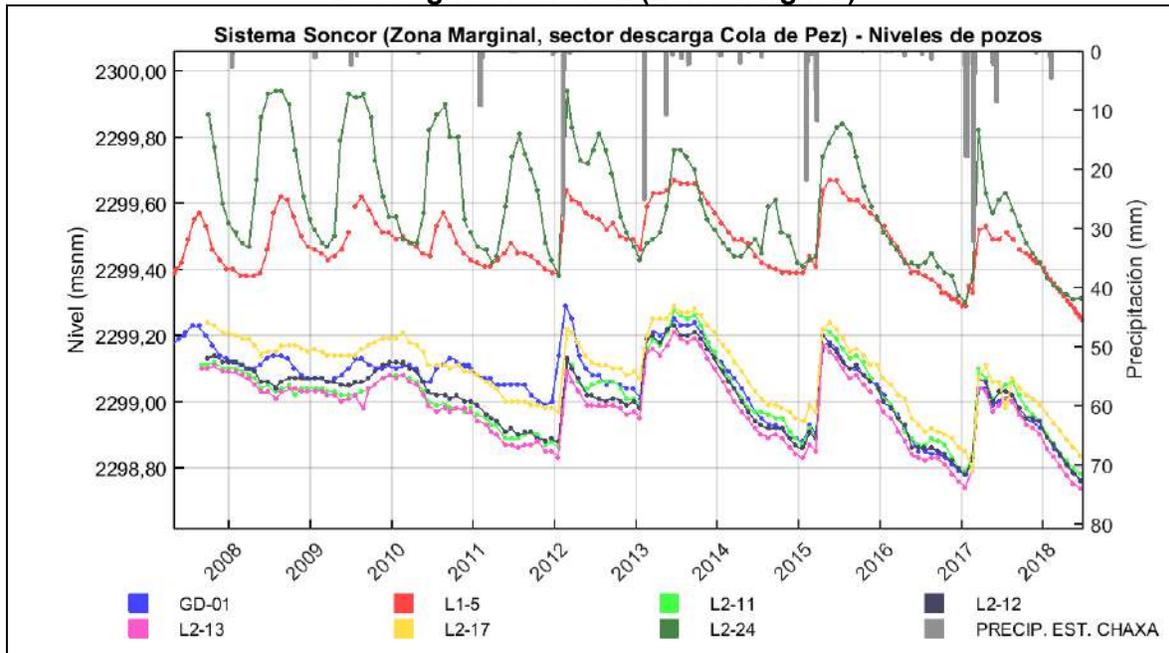
La tercera agrupación del subsector descarga Cola de Pez considera a los pozos GD-01, L1-5, L2-11, L2-12, L2-13, L2-17 y L2-24, ubicados al sur de Cola de Pez (Figura 6-23).

Los pozos pertenecientes a este grupo también se comportan de manera similar a las dos agrupaciones discutidas anteriormente, observándose un cambio en el I/2012, motivado por la disminución evidenciada en las descargas desde la Laguna de Barros Negros hacia el sector de Cola de Pez. De esta manera, se pasa de un comportamiento con periodicidad anual a uno regido por las precipitaciones. Así, antes del I/2012, la correlación del descenso medio semestral con la precipitación semestral medida en la estación Chaxa era negativa (rango $r = -0,47$ a $-0,22$), mientras que, en forma posterior, la correlación pasa a ser positiva, con $r = 0,51$ a $0,67$.

Durante el I/2018, se observaron descensos del nivel medio comparado con el semestre anterior los que se encuentran dentro del rango histórico observado. Estos descensos pueden ser explicados principalmente por el cambio en la dinámica de descarga antes mencionado y por las bajas precipitaciones registradas durante el I/2018, por lo que los niveles se encontrarían en un proceso de descenso esperado, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017.

Como resumen general para los pozos 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 evidenciados el año 2012, cuando el mecanismo de descarga principal existente hacía Cola de Pez fue reemplazado por un desborde que ocurre por el Sur, generaron una modificación en el comportamiento de los niveles del sector, pasando de una oscilación anual hasta febrero de 2012, a un comportamiento marcado por las precipitaciones. Además, la influencia de las extracciones en el sector sería muy baja a nula.

Figura 6-23: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Subsector descarga Barros Negros sur

De acuerdo a los resultados del informe de investigación elaborado en el marco de la activación de Fase II del sistema Soncor (ver comprobante de ingreso en Anexo 8), y tal como se mencionó, en el subsector correspondiente al Desborde Sur de la Laguna Barros Negros, se observan cambios geomorfológicos naturales importantes en los últimos años. Estos cambios han modificado la dinámica de los desbordes de la Laguna Barros Negros con aumento de flujo de descarga hacia el sur y una disminución hacia el sector de Cola de Pez, a partir de lo cual se han generado consecuentemente modificaciones en los niveles en el sector.

Para este subsector se realizan dos grupos de pozos. El primero de ellos contiene a los pozos L2-5, L2-10, L2-15 y L2-21.

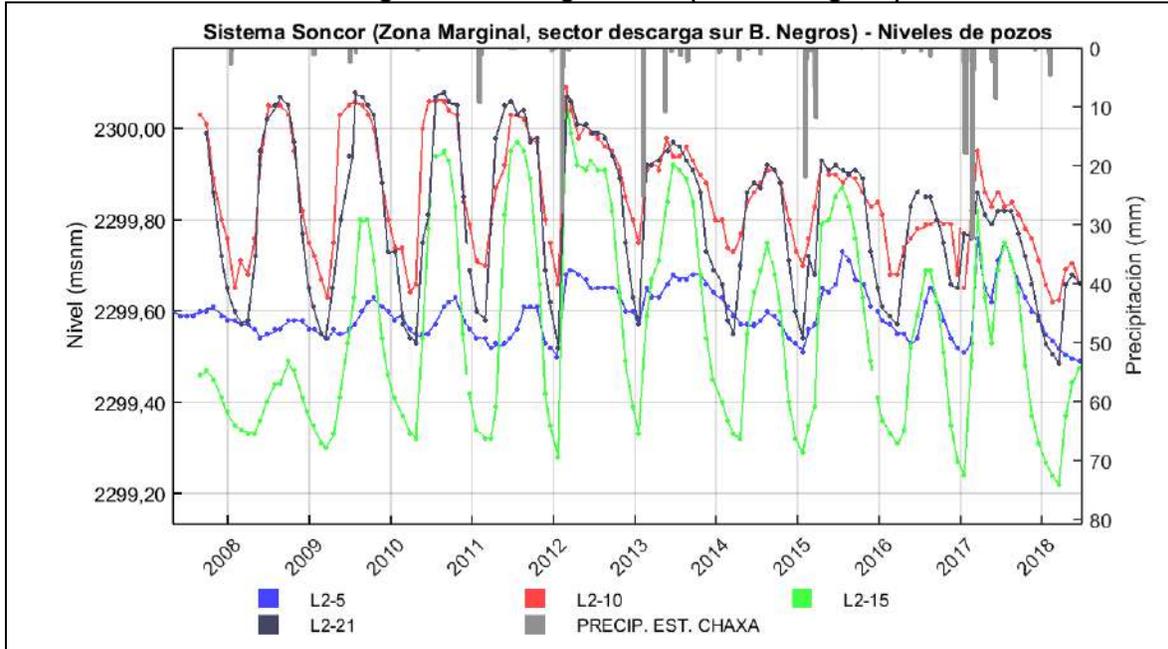
Históricamente, el nivel de estos pozos ha presentado oscilaciones anuales (Figura 6-24). De esta manera, los pozos L2-10, L2-15 y L2-21 están principalmente dominados por oscilaciones periódicas. El pozo L2-5 también presenta fuertes oscilaciones anuales, aunque su comportamiento se encuentra también influenciado por las precipitaciones⁸⁸. Tal diferencia se explica debido a que sus oscilaciones anuales son menores que las del resto de los pozos, afectándole en mayor grado las precipitaciones ocurridas desde el 2012 en adelante.

Con respecto al período 1/2018, en esta fecha se han observado descensos en los niveles

⁸⁸ Un análisis de Fourier sobre las series desde el 1/2008 en adelante, muestra que los pozos L2-10, L2-15 y L2-21 tienen períodos dominantes entre 344 a 379 días (cercano al año). No ocurre lo mismo con L2-5, en donde su período dominante es de 632 días, mientras que su segundo período dominante sí se acerca al año.

medios semestrales comparados con el II/2017. De todos modos, si bien durante el I/2018 se observaron descensos, no se aprecian tendencias significativas al descenso en el largo plazo: sólo los pozos L2-10 y L2-21 muestran tasas de descensos distintas de cero, siendo éstas de 1,4 cm/año⁸⁹.

Figura 6-24: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Barros Negros Sur (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

La segunda agrupación de pozos contiene a los puntos L2-9, L2-23, L2-16, P2-1, P2-2, P2-3, P2-4 y P2-5.

Históricamente, el nivel de estos pozos ha presentado oscilaciones anuales (Figura 6-25), aunque la amplitud de las oscilaciones aumenta desde el 2012 en adelante. Este aumento es diferente para los distintos pozos, y puede estar relacionado con el cambio en la dinámica de desborde lagunar y con la mayor influencia que ejercen las precipitaciones sobre algunos de ellos.

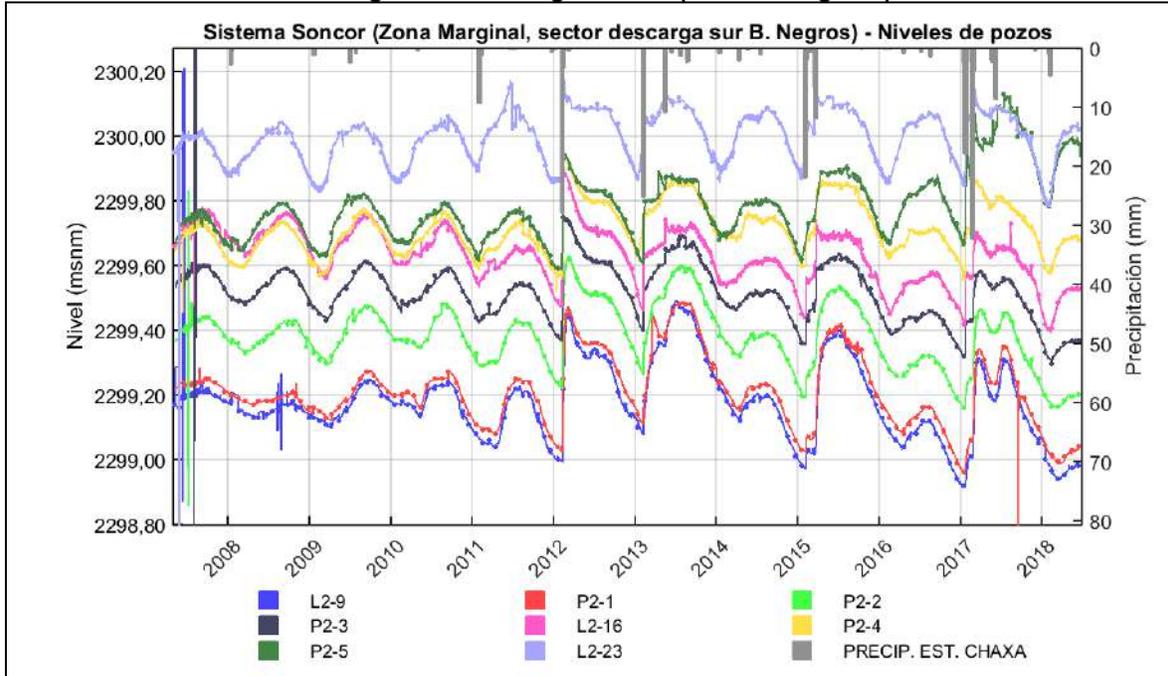
Las tasas de descenso de los niveles son bajas o nulas, por lo que podría considerarse que los pozos se encuentran estables. Las mayores tasas de descenso se observan en los pozos P2-2 y P2-3, siendo éstas de 0,9 cm/año. Por el contrario, el pozo P2-5 presenta un ascenso, con una tasa de 2,1 cm/año. Tal ascenso parece estar determinado por un aumento del nivel producto del cambio en la dinámica de descarga de la laguna Barros Negros y de las altas precipitaciones del I/2017, ya que los pozos que presentan dicha situación corresponden a aquellos ubicados más próximos a la descarga sur del sistema lagunar.

Con respecto al I/2018, en esta fecha se han observado descensos en los niveles medios semestrales comparados con el II/2017. Estos descensos son similares a los observados

⁸⁹ Valores obtenidos por regresión lineal.

durante otros semestres de baja precipitación. Por ejemplo, los descensos del nivel medio del I/2018 son muy similares a los del I/2014. Los niveles medios del I/2018 se encuentran en la fase baja de la oscilación, por lo que se esperaría una recuperación en el siguiente semestre.

Figura 6-25: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Barros Negros Sur (Zona Marginal)⁹⁰



Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen para el subsector descarga Barros Negros sur, se tiene que el nivel de los pozos es oscilante, dependiendo de variaciones estacionales. Sin embargo, existe una respuesta ante el cambio evidenciado en la dinámica de descarga de la laguna Barros Negros y a las precipitaciones.

Subsector norte de Soncor

Los pozos que pertenecen a esta zona son L11-1 y L11-2.

Históricamente, los niveles de este sector han oscilado estacionalmente (Figura 6-26)⁹¹. Ambos pozos se caracterizan por ser muy estables en el largo plazo. Al I/2018, el pozo L11-1 ha mostrado una tasa casi nula de descenso, siendo éste de 0,4 cm/año, mientras que el pozo L11-2 se encuentra ascendiendo, siendo su tasa de ascenso de 1 cm/año.

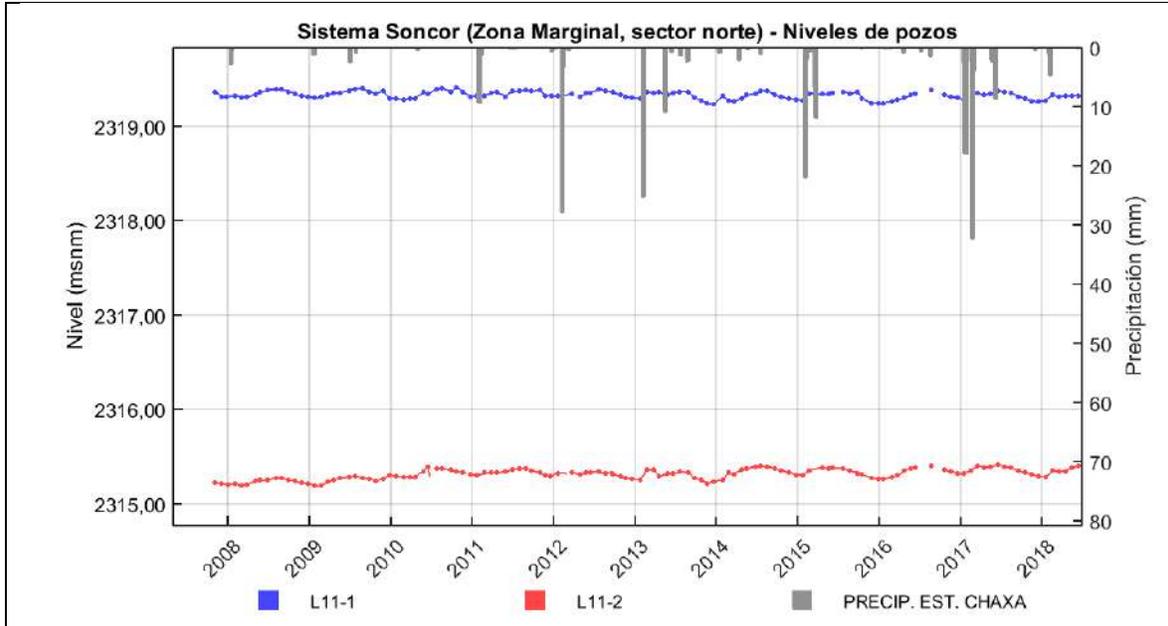
⁹⁰ Los registros anómalos observados al inicio del periodo en los pozos de monitoreo continuo se deben a fallas de fábrica de los transductores de presión originalmente instalados, por lo que fue necesario reemplazarlos. Lo anterior fue informado en el primer informe del PSAH.

⁹¹ Un análisis de Fourier muestra que ambos pozos tienen un período dominante de 360 días, muy cercano al año.

En cuanto a la influencia de las precipitaciones en el nivel de los pozos, esta es nula (existe un coeficiente de correlación $r = 0,03$ a $0,07$ entre las variaciones semestrales con las precipitaciones semestrales de estación Chaxa). En cuanto a las extracciones, no se observa una influencia en esta zona.

A modo de resumen para el sector, se tiene que los niveles se explican por variaciones estacionales (e.g. evaporación), sin presentar un comportamiento de tendencia.

Figura 6-26: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor Sector Norte de Soncor



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.1.3 Pozos en Zona Núcleo

Los pozos que pertenecen a esta zona son SOPM-7 (L2-6), SOPM-13, SOPM-14, L2-14, L2-20 y 2021

Históricamente, los niveles en esta zona se han visto influenciados fuertemente por las precipitaciones (Figura 6-27), lo que se explicaría porque los niveles del núcleo generalmente son más someros. Esto se ve confirmado también por el alto coeficiente de correlación entre las variaciones del nivel medio al 1/2018 (desde 1/2008) y las precipitaciones semestrales observadas en la estación KCL: $r = 0,64$ a $0,71$.

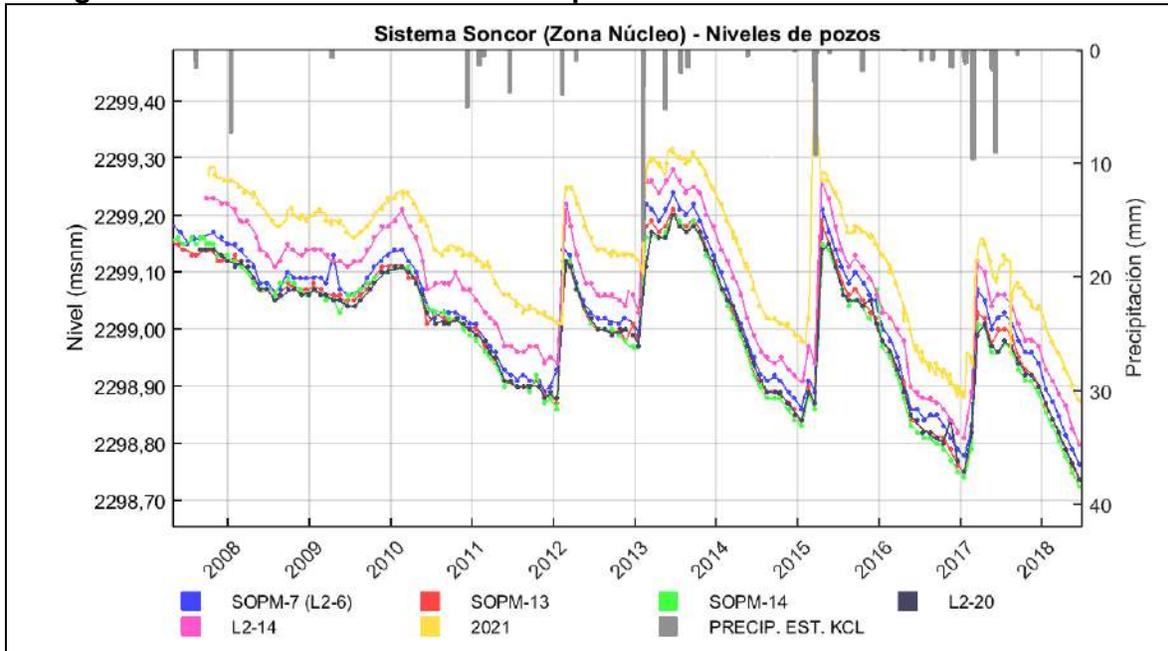
Con respecto a variaciones en el largo plazo, se ha observado un descenso en los niveles, con una tasa observada de 2 cm/año aproximadamente en todos los pozos⁹². El descenso es esperable por la influencia de las extracciones de salmuera.

⁹² Valores obtenidos por regresión lineal desde el 1/2008 en adelante.

Con respecto al I/2018, para todos los pozos se han observado descensos semestrales muy similares a aquellos observados el I/2014 y I/2016⁹³, períodos en donde las precipitaciones han presentado magnitudes similares.

Como análisis consolidado general, los pozos de esta zona responden fuertemente a las precipitaciones, con una tendencia de descenso influenciada por la extracción de salmuera.

Figura 6-27: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor - Zona Núcleo



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.1.4 Niveles de agua superficial y lacustre

Históricamente, las lagunas Barros Negros y Chaxa han mostrado un comportamiento oscilatorio con período anual en sus niveles (Figura 6-28). Las oscilaciones de los niveles se encontrarían determinadas por los ciclos de evaporación en el área y por la variación en los flujos que ingresan al sistema lagunar. No ha ocurrido lo mismo con los niveles de la laguna Puilar, los que, si bien muestran una componente oscilatoria de período anual, ésta no es dominante (i.e. las oscilaciones anuales no son las de mayor relevancia en la serie)⁹⁴, diferencias que se explicarían por las características de los sistemas representados. Las observaciones de la laguna Puilar provienen tanto de la reglilla Puilar como de la reglilla L7-G2. Los niveles de las lagunas se mantienen estables en el largo plazo, no observándose tendencias al descenso.

Lo anterior es consecuente con lo observado en L7-G1, estando este punto ubicado entre las lagunas Chaxa y Barros Negros (Figura 6-29), donde se aprecia una leve tendencia de incremento en los niveles. Al analizar los niveles de la reglilla L1-G4 (localizada a 1,5 Km hacia el suroeste de la laguna Barros Negros) se observa que las oscilaciones estacionales

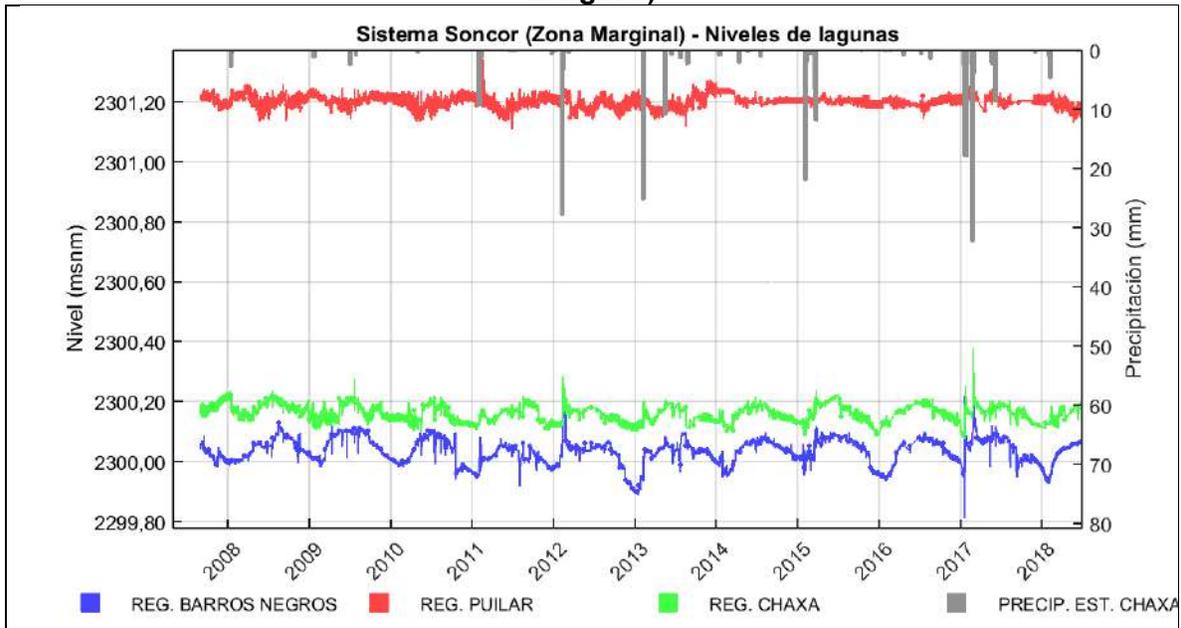
⁹³ Los descensos del I/2018 presentan una diferencia porcentual media del 9% con los del I/2014 y del 4% con los del I/2016.

⁹⁴ Según un análisis de Fourier, las reglillas Barros Negros y Chaxa muestran un período dominante de 386 días, cercano al año. En la reglilla Puilar el segundo período dominante es el cercano al año.

aún son dominantes, aunque también comienza a evidenciarse, a partir del año 2012, una mayor respuesta antes las altas precipitaciones (Figura 6-29), lo que se relacionaría con el cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros descrita en el informe de investigación de Fase II.

Continuando hacia el norte de la laguna Chaxa, se tienen las reglillas Burro Muerto y Puente San Luis (Figura 6-30), mientras que cerca de 15 km al norte de las reglillas anteriores se ubica el punto L11-G1 (Figura 6-31). En esta zona aún se observa un comportamiento oscilatorio dominado por factores cíclicos como la evaporación⁹⁵.

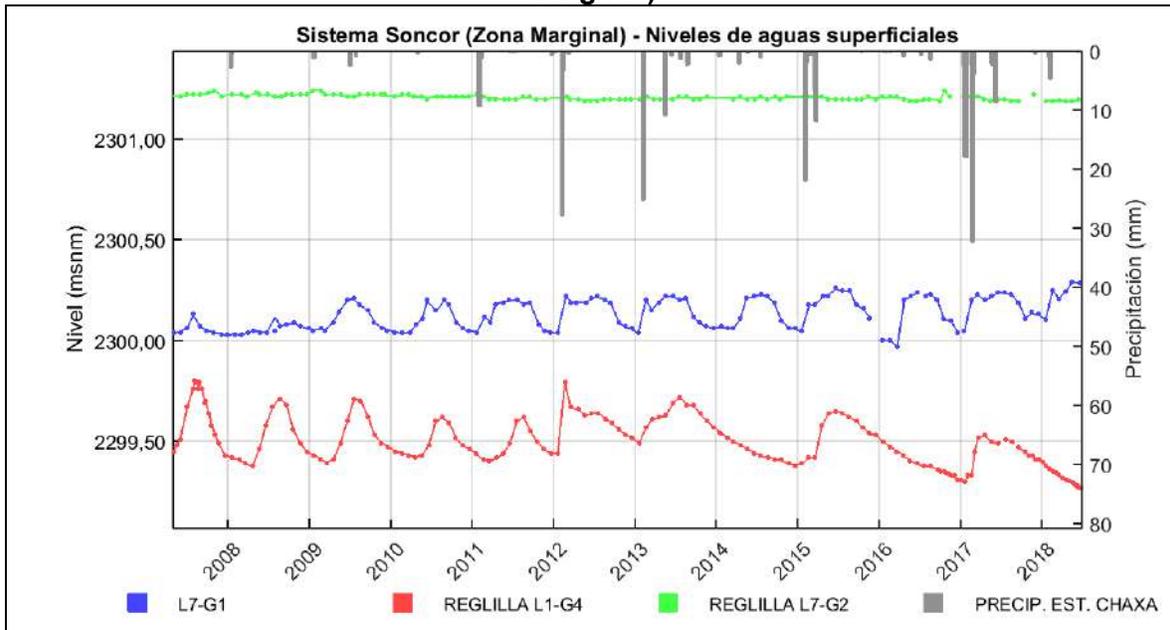
Figura 6-28: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

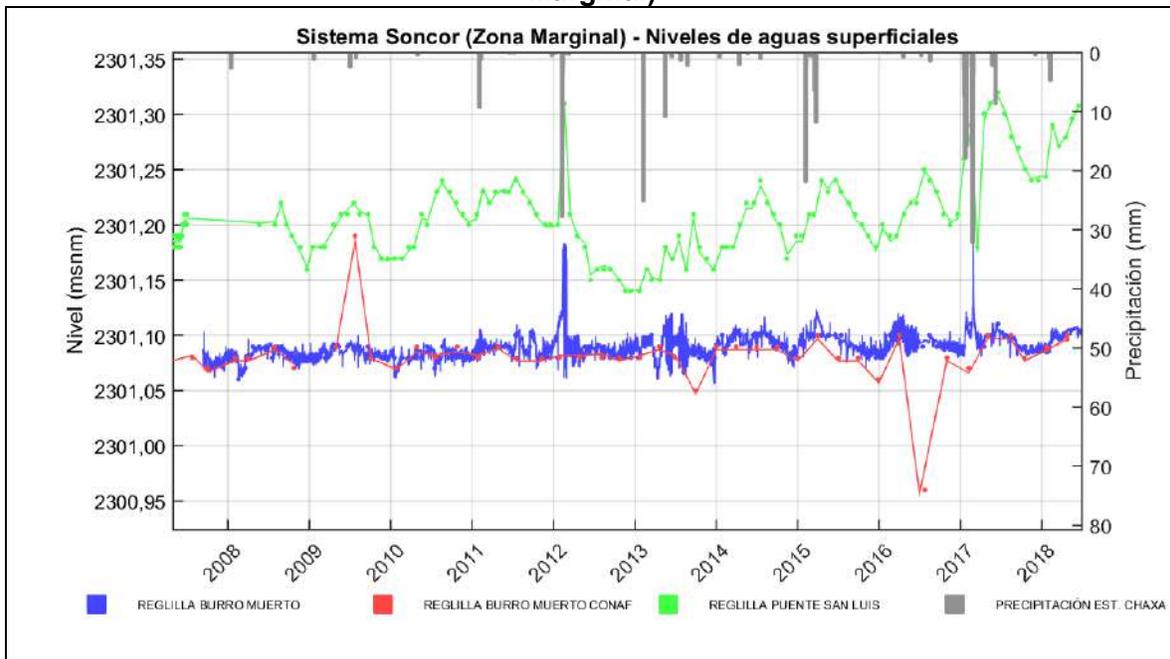
⁹⁵ Un análisis de Fourier muestra a períodos anuales como los dominantes en las series de la reglilla Burro Muerto y L11-G1.

Figura 6-29: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal)



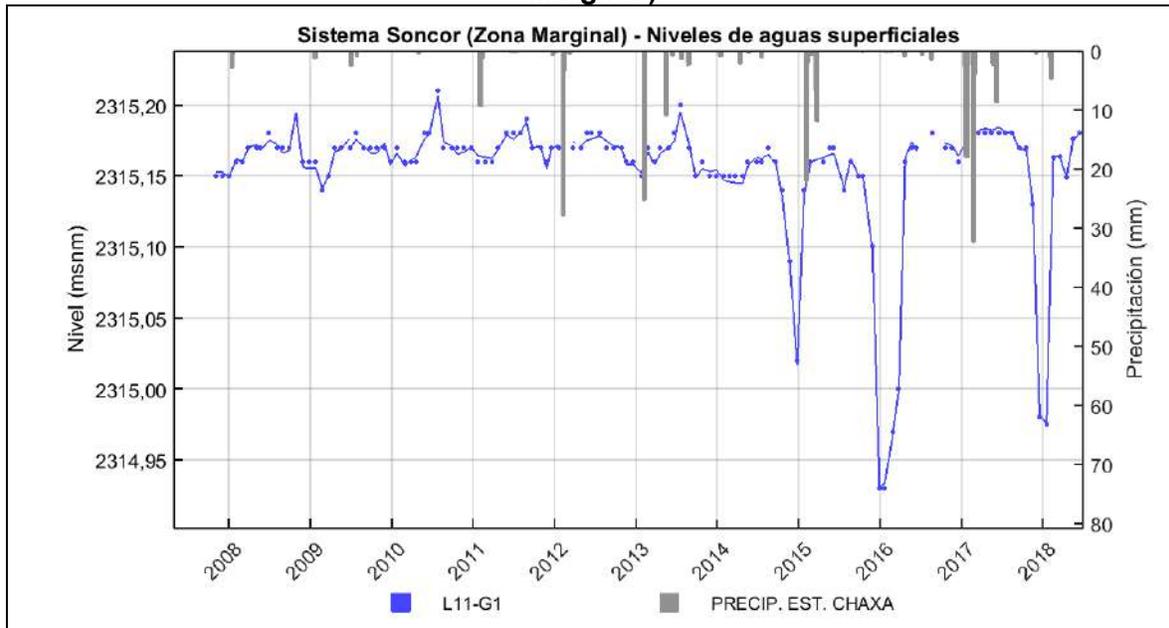
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-30: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-31: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen, se tiene que los niveles de la zona de las lagunas Chaxa y Barros Negros oscilan anualmente producto de la evaporación y de las variaciones en sus flujos aportantes, sin existir una tendencia al descenso. En la laguna Puilar la superficie no muestra una oscilación estacional importante producto de la evaporación, sin observarse tampoco un comportamiento de tendencia.

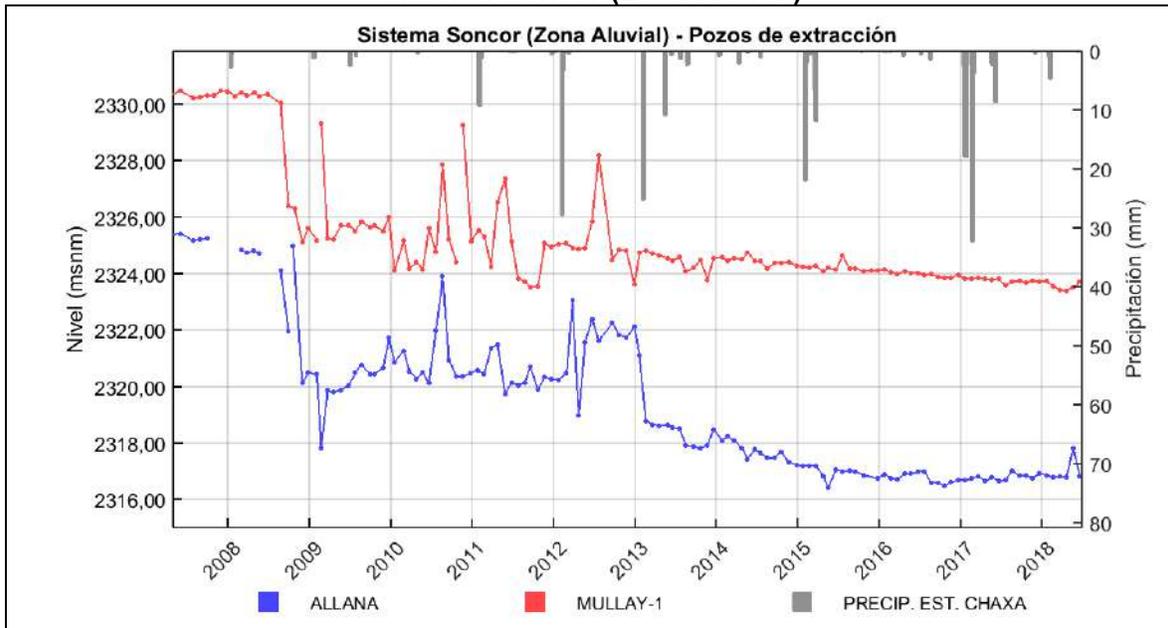
6.2.1.1.5 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

Los puntos de bombeo industrial del sector Soncor están compuesto por los pozos Allana y Mully-1, cuyo funcionamiento comienza el 15 de septiembre 2008, y su caudal autorizado es de 40 L/s (para mayor detalle de las extracciones efectuadas ver sección 6.2.1.4).

En la Figura 6-32, se muestran los descensos de ambos pozos, en el cual se puede observar que el descenso acumulado del nivel medio desde el inicio de la operación es de 6,8 m para el pozo Mully-1 y de 7,8 m para Allana, tomando como referencia el nivel medio del I/2008). En ambos pozos se observa un proceso de estabilización de los niveles dinámicos, el cual ya se habría alcanzado en el pozo Allana.

En lo referente al I/2018, Allana presentó un incremento de nivel medio semestral de 13 cm, mientras que Mully-1 un descenso de 15 cm (comparado con el nivel medio del II/2017).

Figura 6-32: Variación histórica de niveles dinámicos de los pozos de extracción del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.2 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

El conjunto lacustre del Sistema Soncor está compuesto por la Laguna Puilar, Chaxa y Barros Negros. La superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida a través de imágenes satelitales y estacas perimetrales.

A modo de resumen, en la

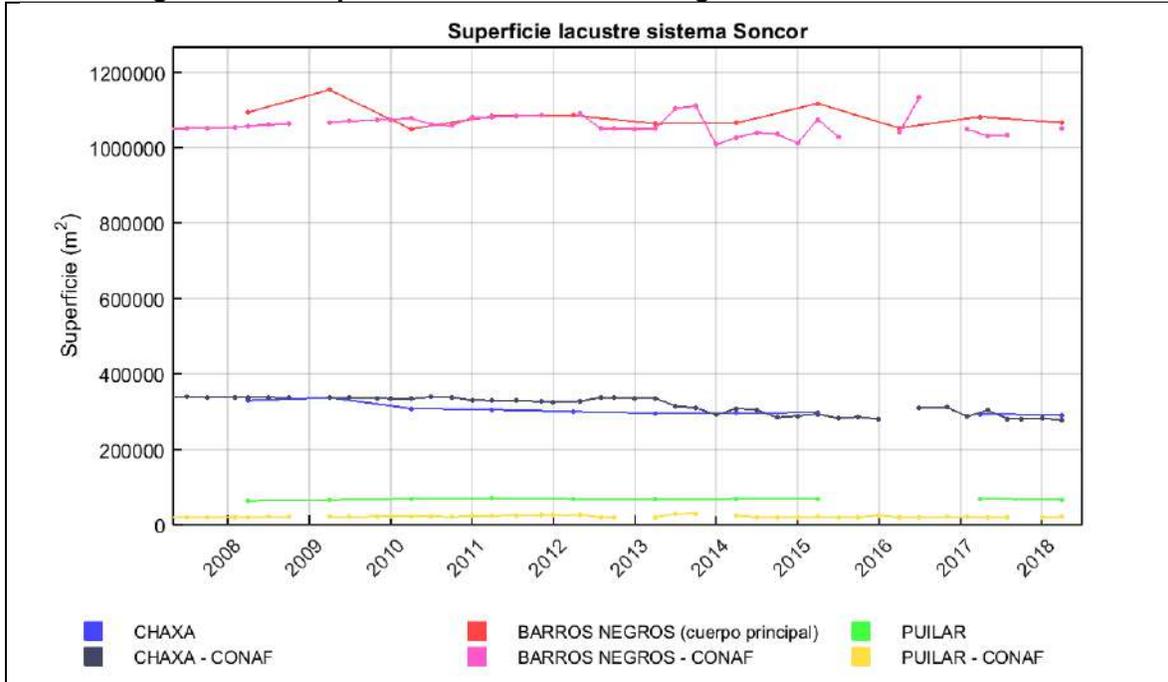
Tabla 6-1 se presentan los valores de las superficies lagunares calculadas por imágenes satelitales y topografía, mientras que en el Anexo 13 se presenta el detalle de los registros obtenidos tanto a través de imágenes satelitales, como por estacas perimetrales.

La Figura 6-33 muestra la evolución de la superficie lacustre del sistema Soncor. Mediante las mediciones por imágenes satelitales sobre la Laguna Puilar, se observa que su superficie se ha mantenido estable en el tiempo, con un promedio de 67.744 m². Lo mismo ha ocurrido con la laguna Chaxa, con una superficie media de 304.138 m². Por su parte, la laguna Barros Negros (cuerpo principal), se mantuvo estable en el período de registro, presentado máximos puntuales en los años 2009 y 2015, años en que se superaron los 1.100.000 m².

Al comparar las mediciones por imágenes satelitales y por estacas perimetrales, se puede señalar que para el caso de las lagunas de Barros Negros y Chaxa no se observan diferencias sistemáticas entre ambos registros, mientras que para el caso de Puilar las mediciones efectuadas por CONAF son consistentemente menores, debido a que esta última sólo 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 (Monitoreo Ambiental Hábitat y Poblaciones de Avifauna en el Salar de Atacama).

Durante el periodo del presente reporte, se puede observar que las superficies lacustres de los tres sistemas presentan diferencias menores al 4% comparado con los registros del año anterior, las que podrían explicarse por las menores precipitaciones registradas durante en el I/2018.

Figura 6-33: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-1: Superficie total de los sistemas lacustres de Soncor con imágenes satelitales

Fecha	Barros Negros (cuerpo principal)	Barros Negros (áreas aledañas)	Chaxa	Puilar
abr-2008	1.093.625	-	329.224	63.154
abr-2009	1.152.803	-	336.644	65.439
abr-2010	1.048.924	154.737	308.357	69.267
abr-2011	1.083.311	242.137	305.433	70.003
abr-2012	1.085.391	241.942	300.248	68.280
abr-2013	1.063.325	192.643	295.786	68.264
abr-2014	1.064.767	193.848	296.162	68.419
abr-2015	1.116.891	263.359	297.955	68.940
abr-2016	1.051.449	131.257	291.397	67.151
abr-2017	1.082.109	207.049	293.310	69.434
abr-2018	1.065.345	97.428	291.001	66.828
Promedio	1.082.540	191.600	304.138	67.744

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación Chaxa considera la medición de los parámetros de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura desde el inicio del proyecto (Figura 6-34). Cabe señalar que la precipitación, evaporación y temperatura son parámetros condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema del PSAH.

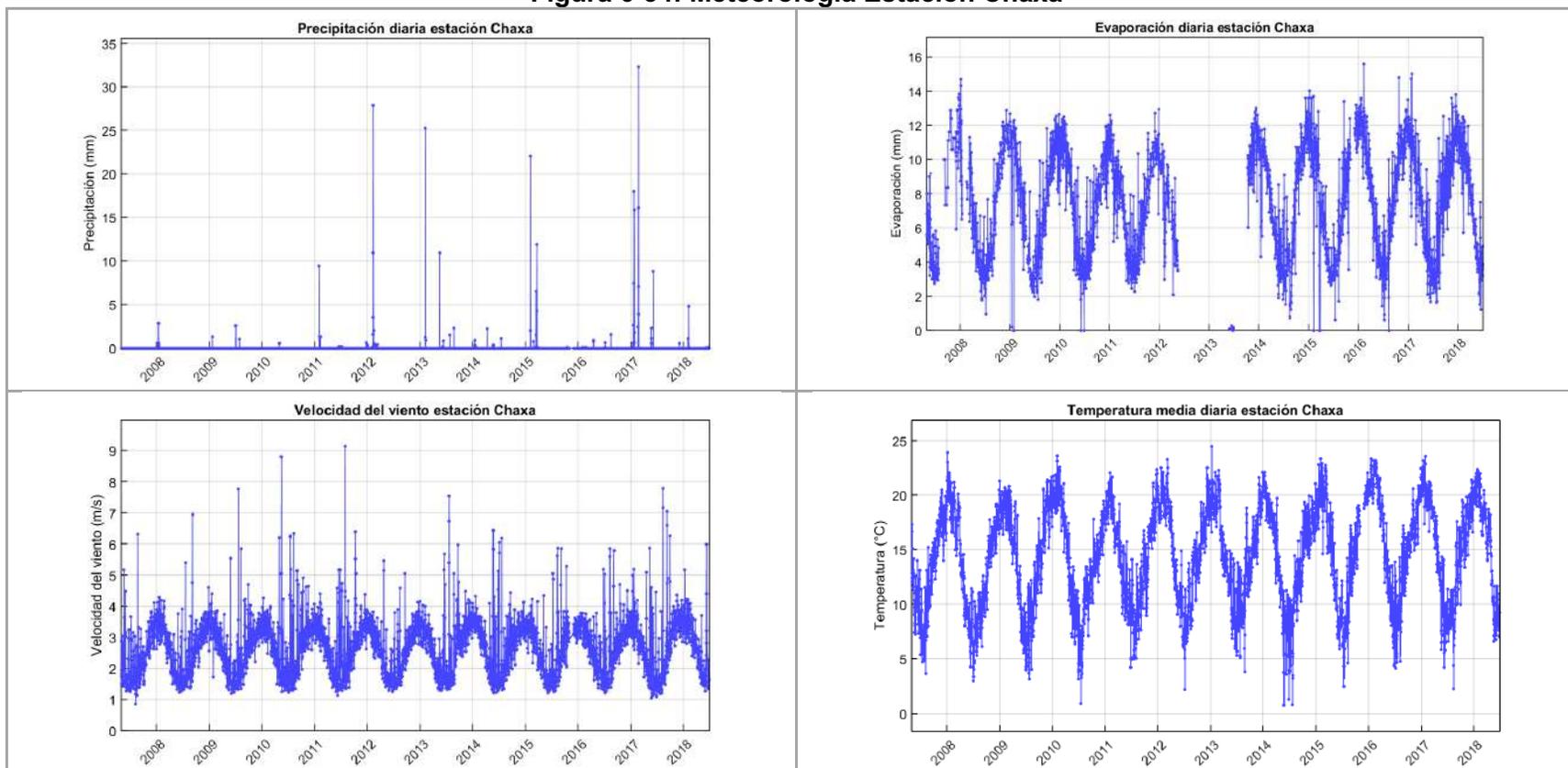
La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. El primer periodo, entre mayo 2007 y diciembre 2011, puede considerarse una época seca. Esto dado que se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 9,4 mm en 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 y 2017, alcanzando un máximo histórico de 32,3 mm el día 25 de febrero 2017. Durante el periodo a reportar se han registrado 3 eventos de precipitación, con un máximo de 4,3 mm/día en febrero. Por esto, puede considerarse al período actual como un período seco en comparación a los años previos.

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos en el segundo semestre de cada año. Es importante mencionar que la falta de datos entre mediados de mayo 2012 hasta octubre 2013 se reportó en el informe N°10 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (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.

Durante el periodo a reportar, se puede indicar que la zona se encuentra influenciada por la época de invierno propia del sector, presentando menor temperatura y evaporación.

Cabe señalar que aquellos pozos que tienen una periodicidad anual en sus niveles se encontrarían determinados por la evaporación y la temperatura del sector.

Figura 6-34: Meteorología Estación Chaxa

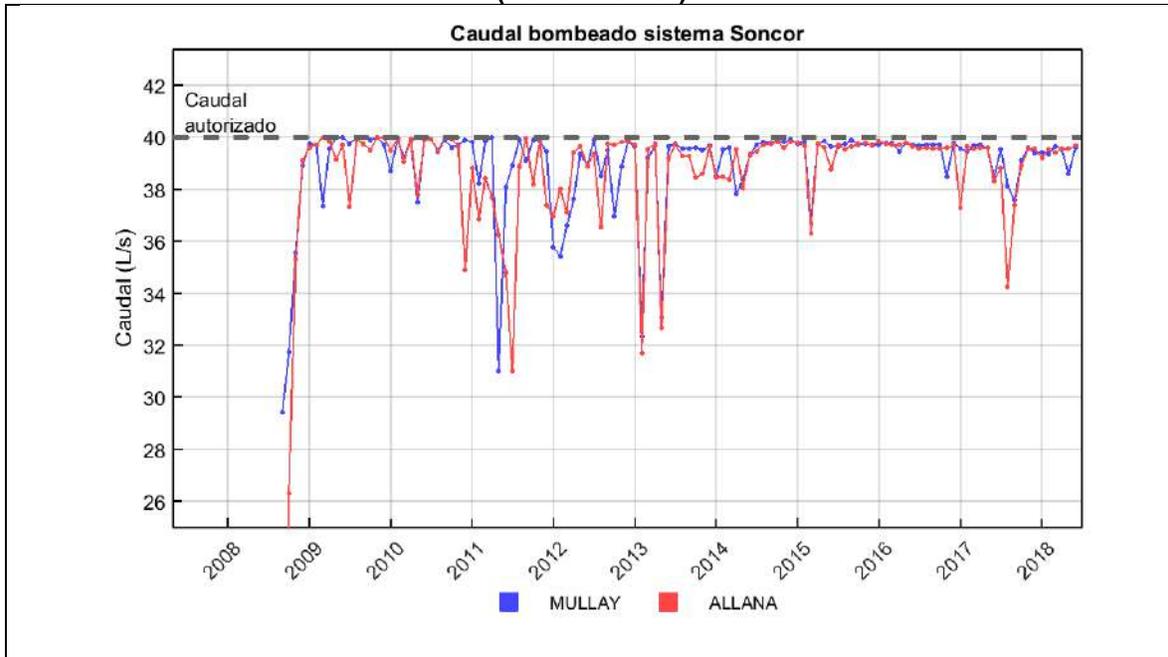


Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.4 Caudal bombeado

Los pozos de bombeo de agua industrial Mullay 1 y Allana (ubicados en el sector aluvial frente al sistema Soncor) iniciaron sus operaciones el día 15 de septiembre de 2008. Ambos pozos desde su puesta en marcha han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s cada uno), tal como se muestra en la Figura 6-35.

Figura 6-35: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.5 Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado entre enero y junio de 2018 en el agua superficial, subterránea y lagunas del Sistema Soncor, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en el Capítulo 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados.

Esta sección se divide en tres subsecciones que agrupan los puntos de monitoreo de acuerdo a su tipo: (i) pozos y reglillas de monitoreo, (ii) pozos de extracción de agua industrial y (iii) sistemas lacustres.

En general, tanto en los pozos de monitoreo como en los sistemas lagunares del Sistema Soncor, los parámetros monitoreados el año 2018 se encuentran dentro del rango histórico. Además, no se observan tendencias temporales generalizadas al alza o a la baja en los mismos.

6.2.1.5.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

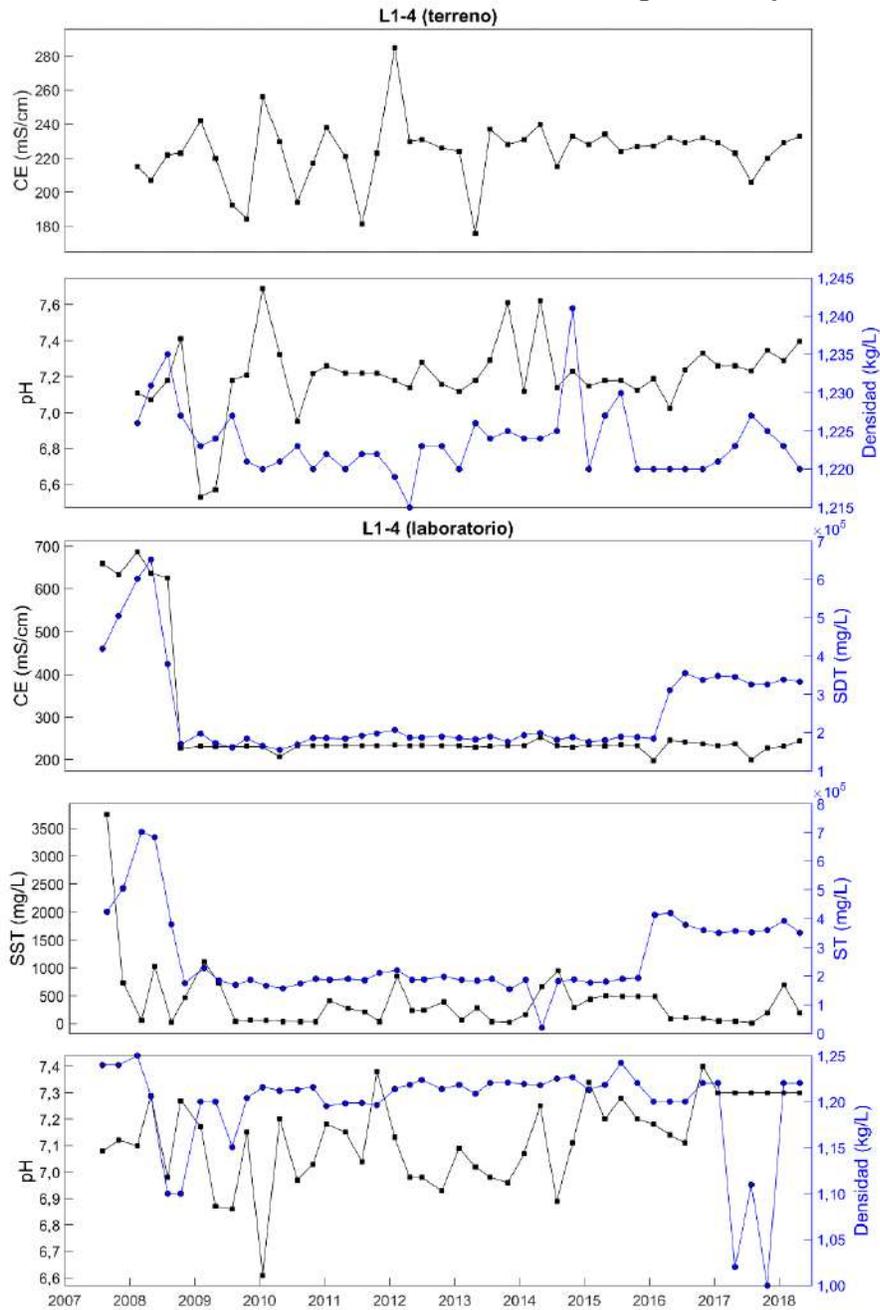
La evolución histórica de los parámetros fisicoquímicos medidos en los pozos y reglillas de monitoreo del Sistema Soncor se presenta en la Figura 6-36, Figura 6-37, Figura 6-38, Figura 6-39, Figura 6-40, Figura 6-41, Figura 6-42, Figura 6-43, Figura 6-44, Figura 6-45 y Figura 6-46 (L1-4, L1-5, L1-6, L1-G4, L2-3, L2-4, L2-5, L7-3, L7-G1, SOPM-07 y SOPM-14, respectivamente)⁹⁶.

En todos los pozos y reglillas de monitoreo las mediciones realizadas el año 2018 se encuentran dentro de lo esperado, presentándose en el rango registrado históricamente en ellos. En cuanto a su comportamiento histórico, la mayoría de los pozos y reglillas presentan una alta CE (~200 mS/cm) y SDT (~200 g/L), parámetros característicos de salmueras. Los pozos que escapan a este comportamiento corresponden a L2-3, L2-4 y L7-3 (CE < 10 mS/cm y SDT < 20 g/L). Esto último es esperable dada su ubicación: el pozo L2-3 se ubica en la zona aluvial mientras que los pozos L2-4 y L7-3 se ubican en la zona marginal pero cercana al límite con la zona aluvial, donde se esperan características de un agua con menor concentración de sales.

Respecto a la evolución temporal, en términos generales no se evidencian tendencias al alza o a la baja en los distintos parámetros monitoreados, por sobre lo esperado, presentando un comportamiento oscilante. Las variaciones observadas en casos puntuales pueden ser explicadas por el cambio en el comportamiento de la dinámica de desborde de la laguna Barros Negros evidenciado a contar del año 2012. Este cambio de dinámica ha originado que en la actualidad los aportes al sector de Cola de Pez sean menores, evidenciándose cambios en los parámetros fisicoquímico en los pozos del sector, evidenciando un mayor equilibrio con el acuífero del núcleo, caracterizado por mayores valores de conductividad.

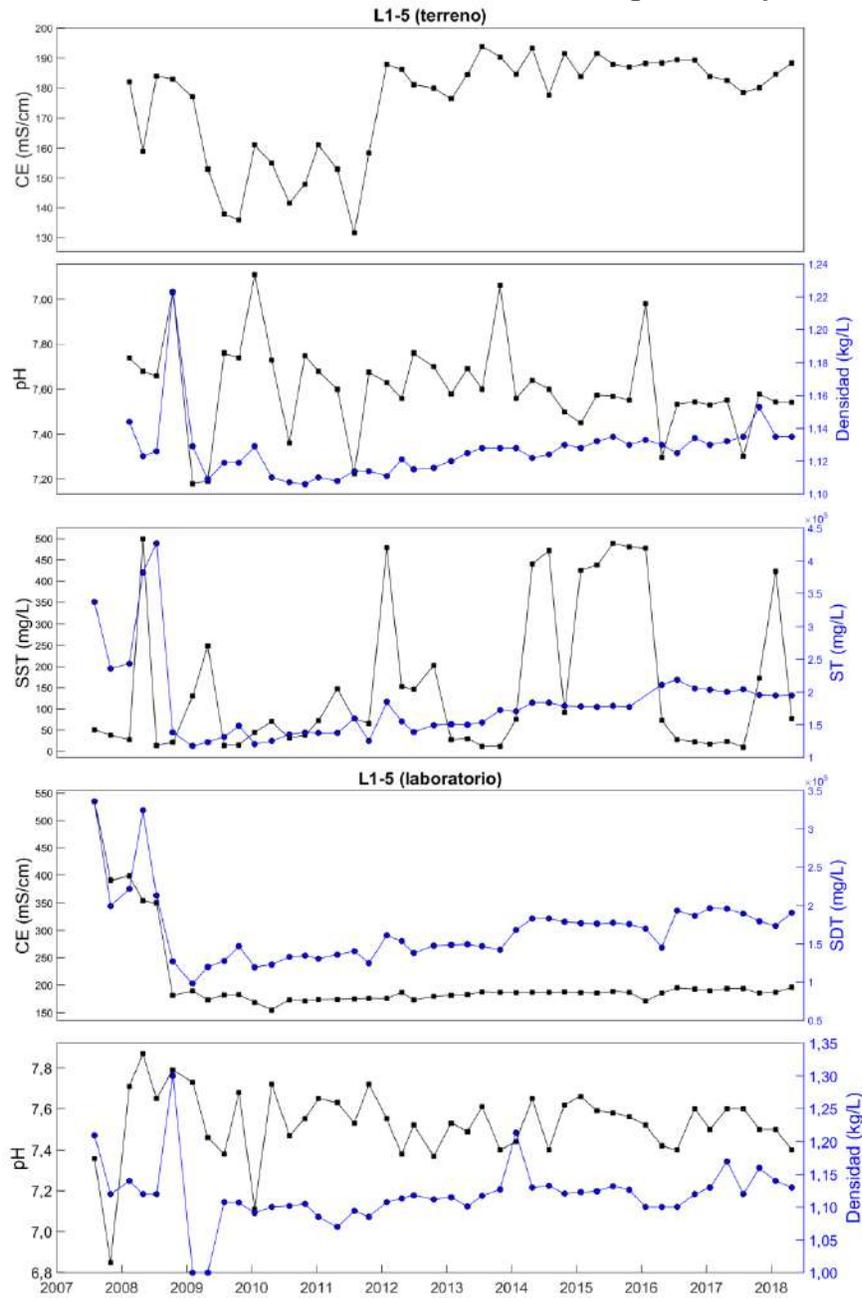
⁹⁶ En el informe N°5 del PSAH se detectaron algunos errores en las mediciones de la conductividad eléctrica y sólidos disueltos de las muestras de aguas subterráneas reportadas por el Laboratorio ALS Environmental con anterioridad a julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental.

Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4



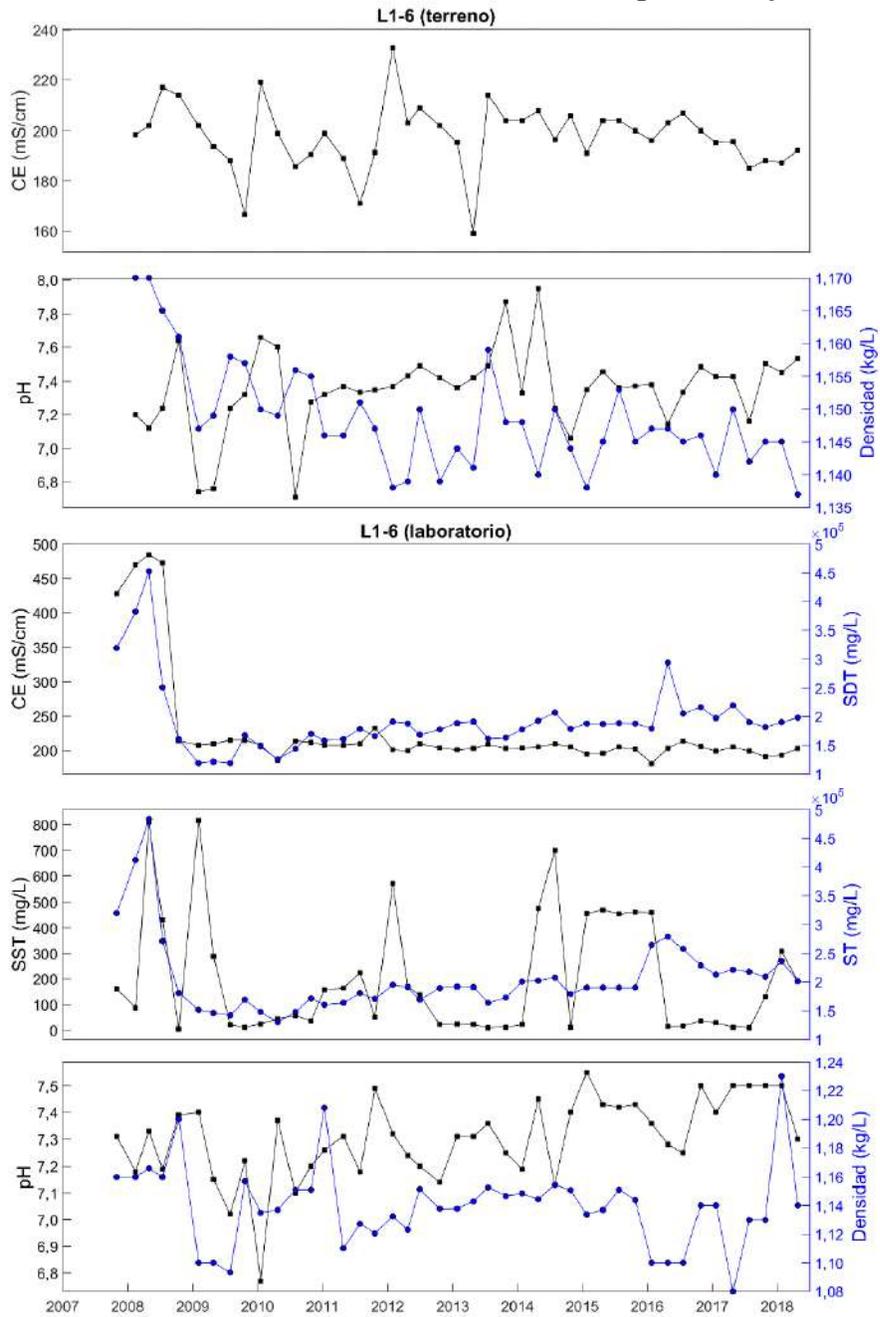
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-37. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5



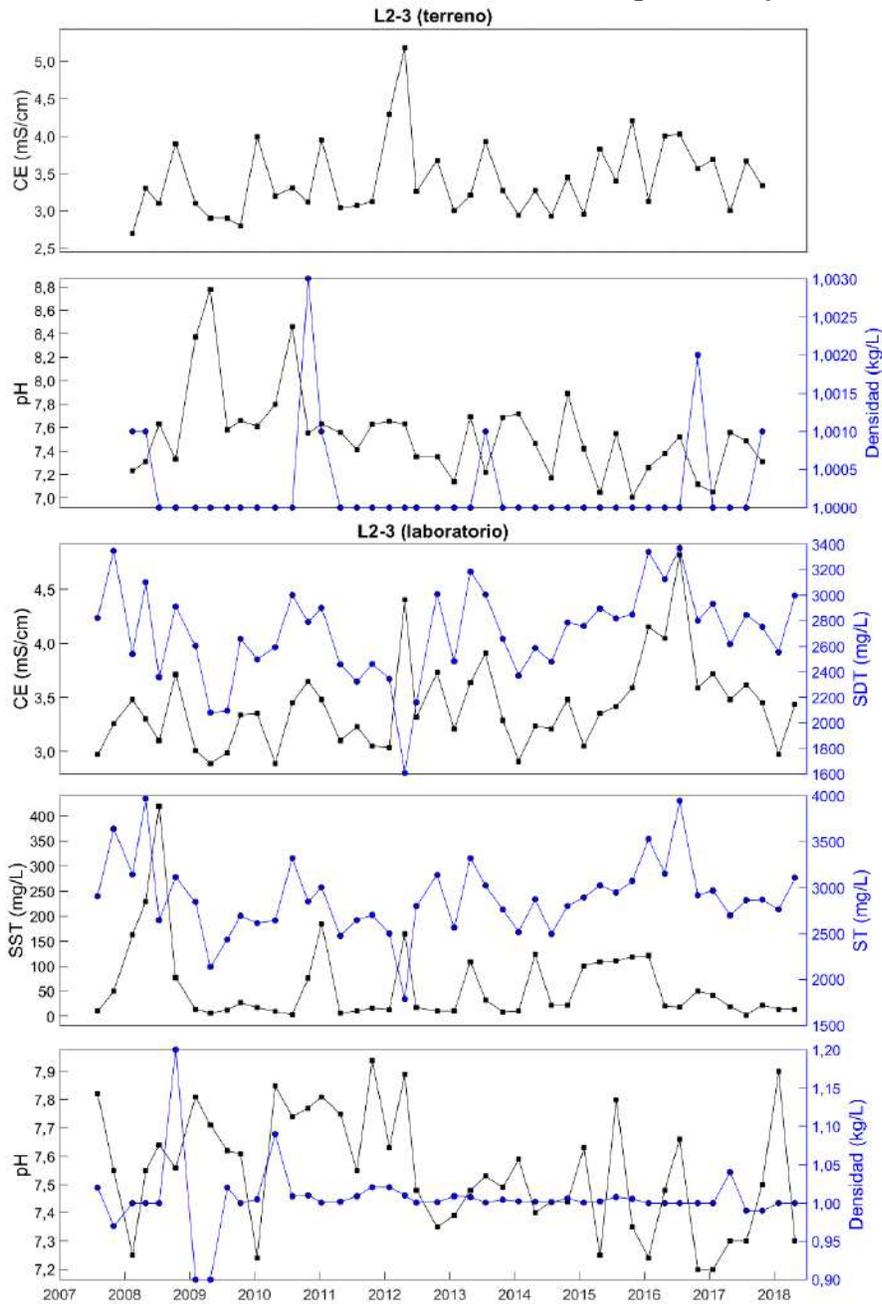
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-38. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6



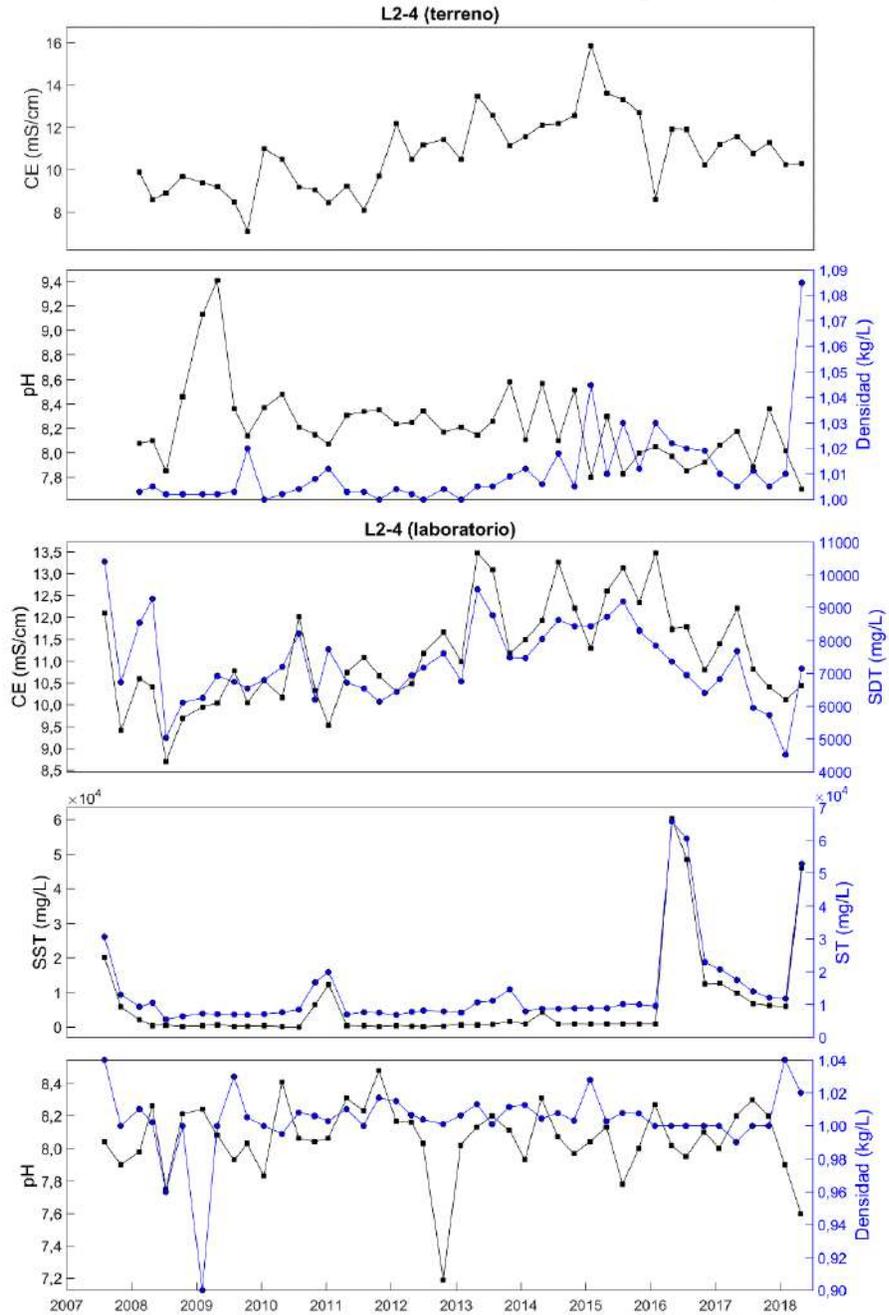
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-39. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3



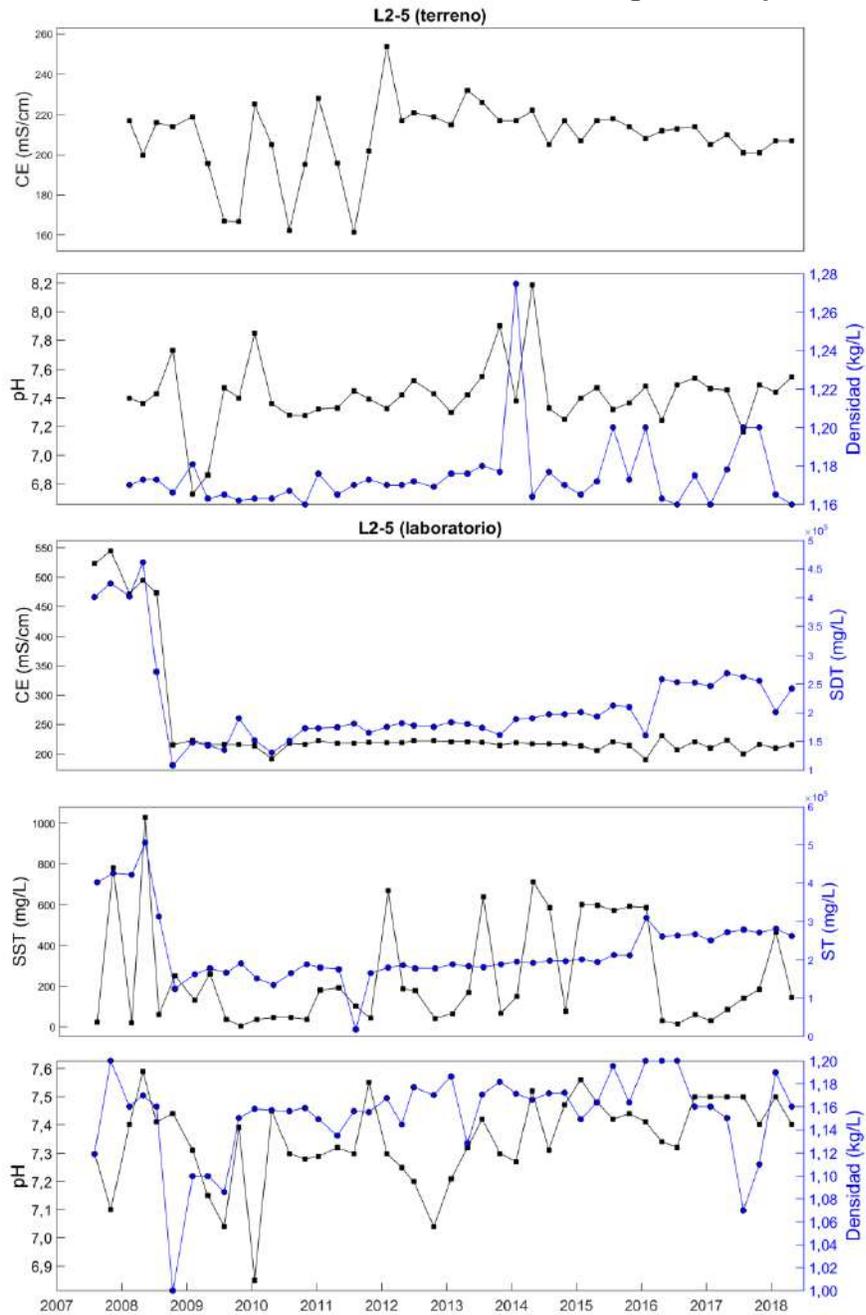
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-40. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4



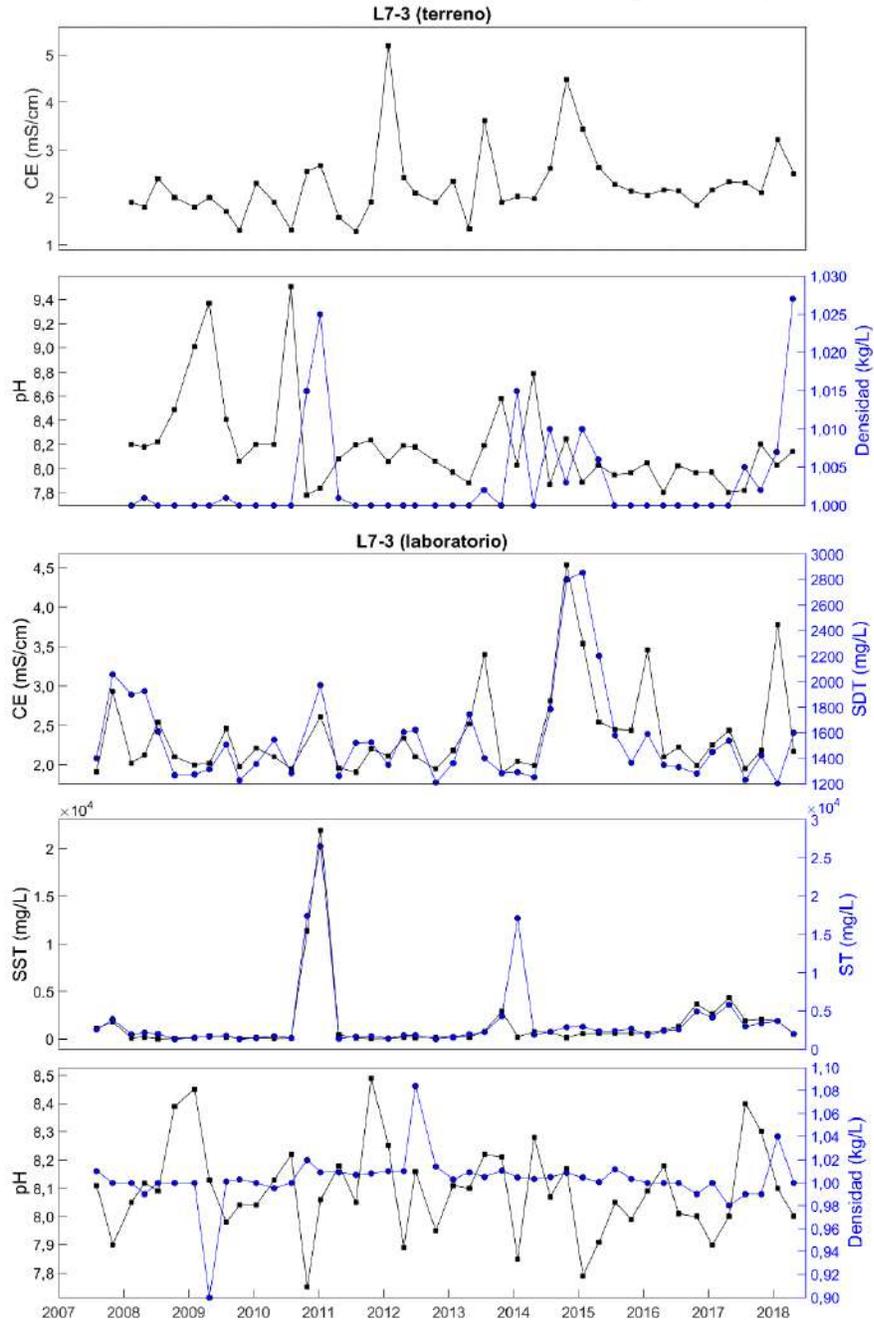
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-41. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5



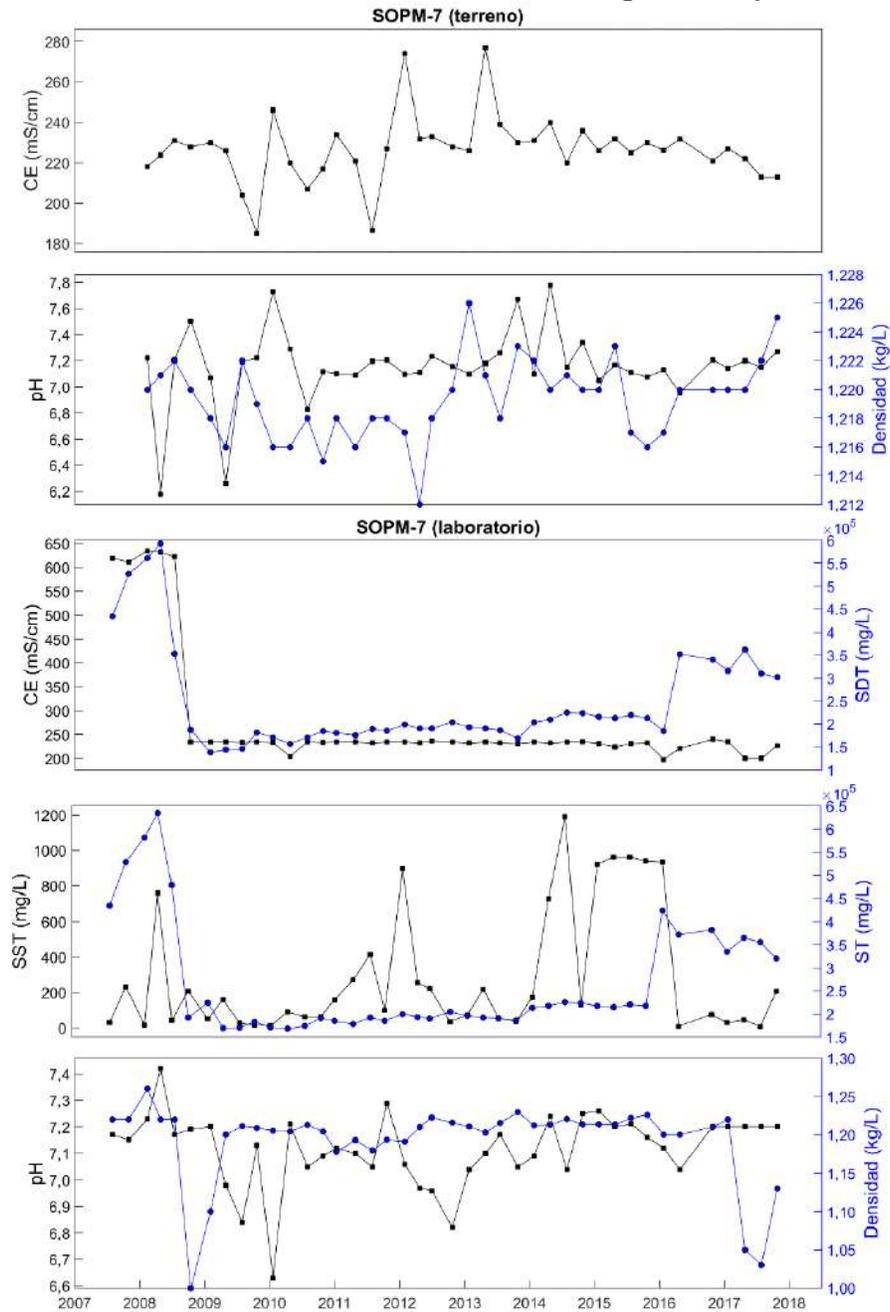
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-42. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3



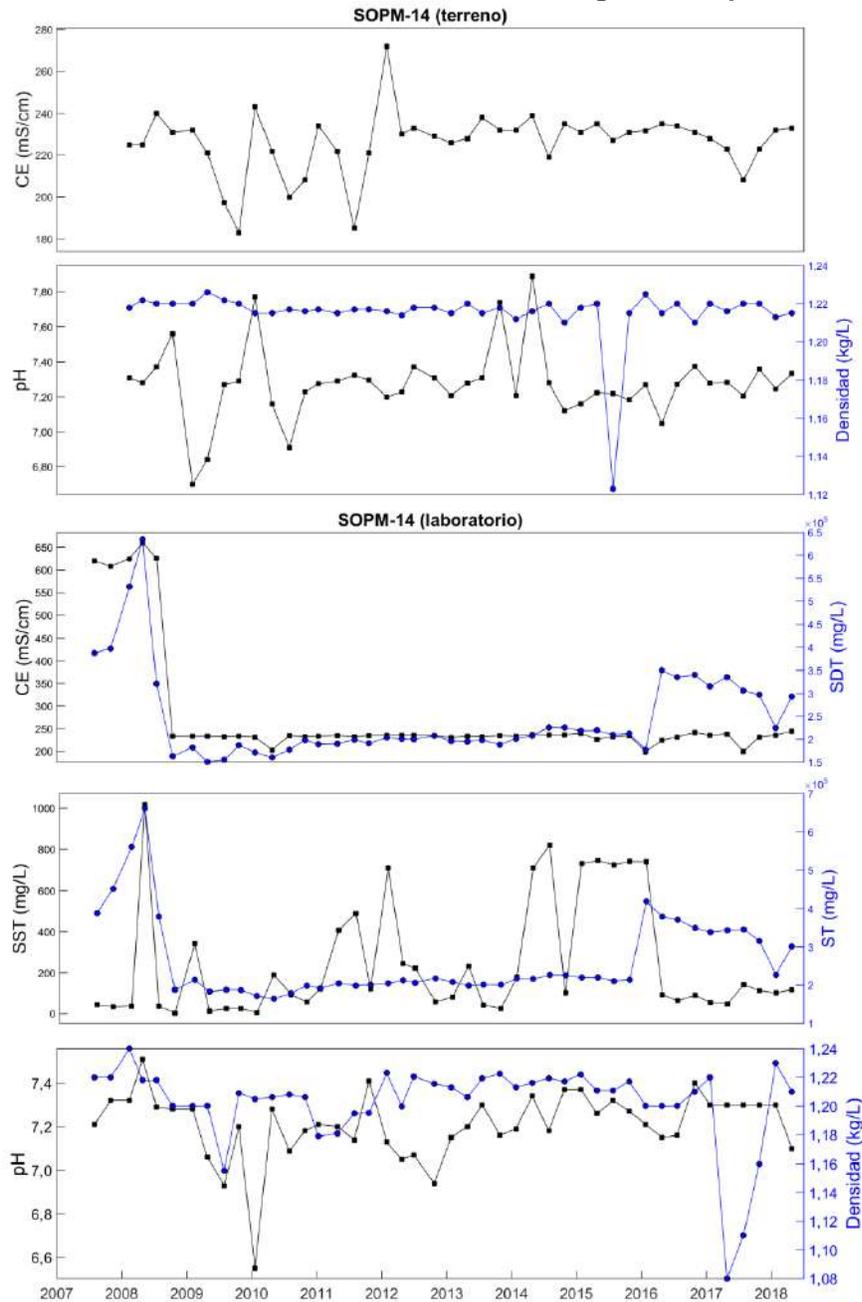
Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, no se presenta la CE ni la concentración de SDT registradas en octubre de 2010 (12,55 mS/cm y 6.990 mg/L, respectivamente).

Figura 6-43. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7



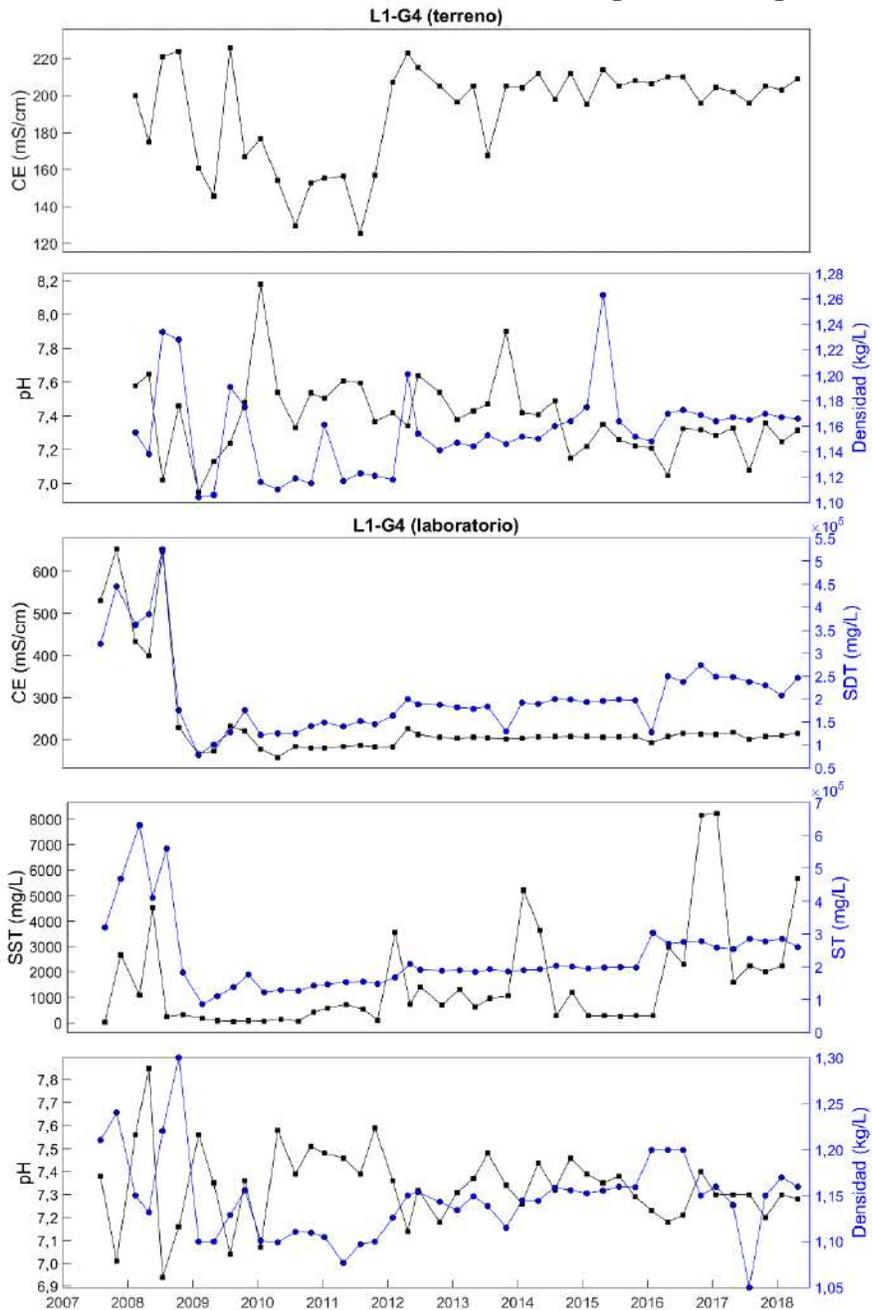
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-44. Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14



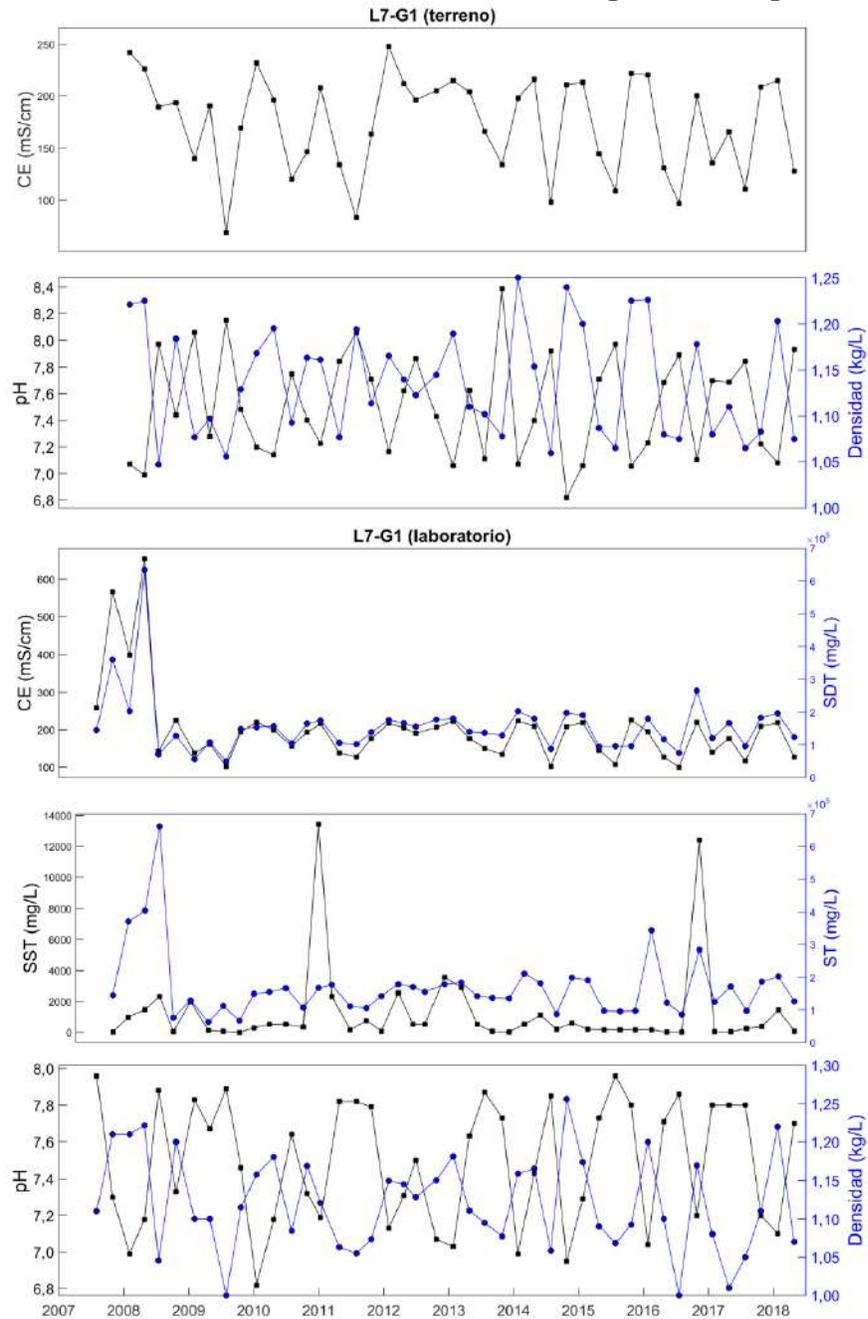
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-45. Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L1-G4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-46. Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L7-G1



Fuente: Elaboración propia.

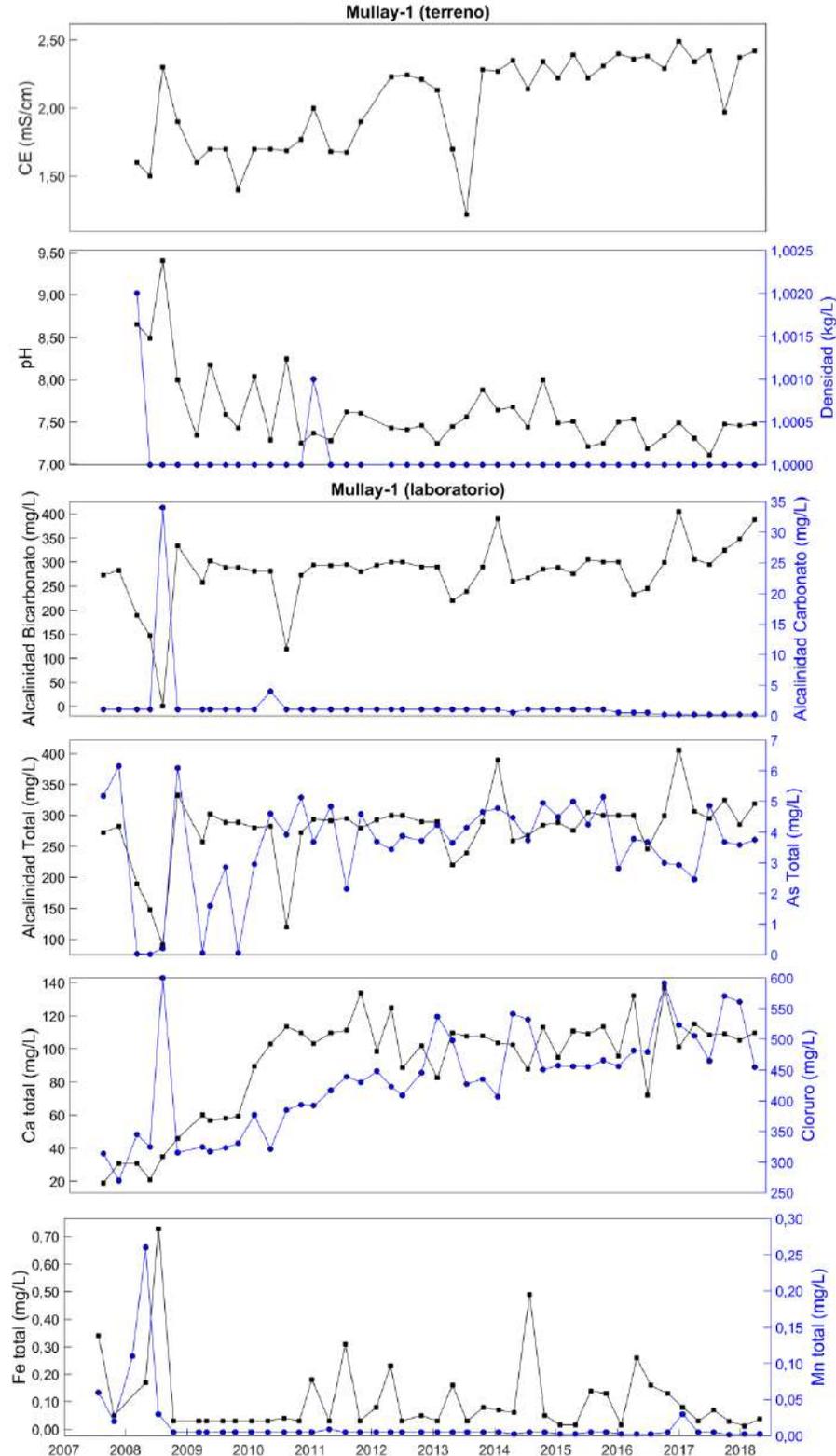
6.2.1.5.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

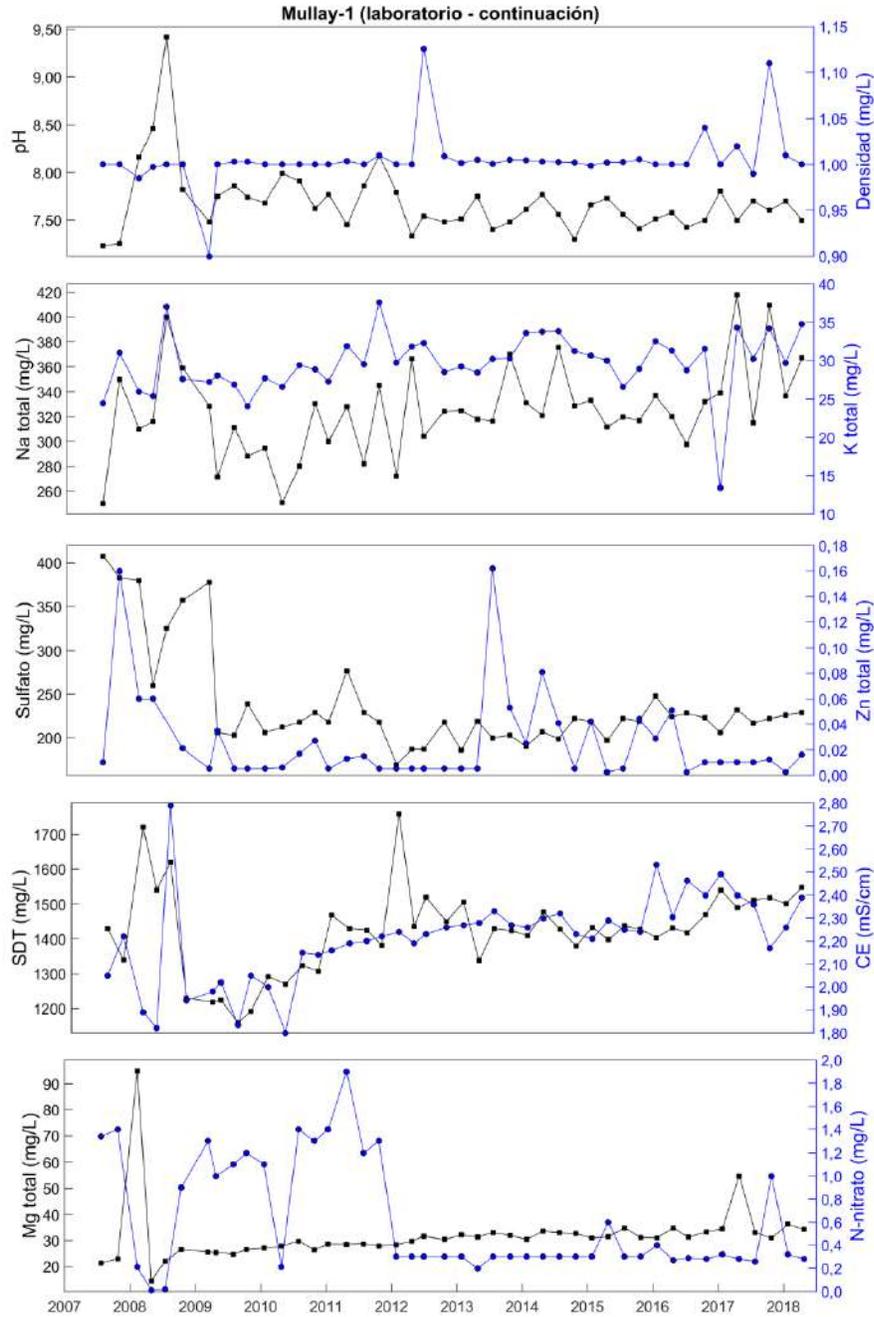
La evolución histórica de los parámetros monitoreados en los pozos de extracción de agua industrial Mullay-1 y Allana se presentan en la Figura 6-47 y Figura 6-48, respectivamente.

En ambos pozos de extracción las mediciones realizadas el año 2018 se encuentran dentro del rango registrado históricamente en ellos. En cuanto a su comportamiento histórico, ambos se han caracterizado por presentar una CE y concentración de SDT menor a las observadas en los pozos y reglillas de la zona marginal y núcleo (entre 2,5 - 4 mS/cm y 1,5 - 3,5 g SDT/L promedio), en concordancia con su ubicación en la zona aluvial. El pozo Allana ha presentado históricamente mayores valores de CE y de concentración de SDT, Ca, Na, Mg, nitrato y sulfato que Mullay-1. Por su parte, el pozo Mullay-1 ha presentado una mayor alcalinidad y una mayor concentración de As, Cl, Mn, pH y K. Cabe notar que los valores de pH, CE y concentración de SDT observados históricamente en Allana se asemejan a lo registrado en el pozo de observación cercano L2-3 (Figura 6-39).

Respecto a tendencias temporales, la calidad del agua en el pozo Mullay-1 ha evolucionado de manera distinta que la del pozo Allana. En el pozo Allana no se evidencian tendencias, en cambio en el pozo Mullay-1 sí pueden observarse para algunos parámetros en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2012-2014. Cabe notar que en los últimos tres años la calidad del agua en este pozo se ha estabilizado. Específicamente, desde el año 2007 hasta el año 2012 el pH, si bien oscila, tiende a la disminución y luego se estabiliza. La concentración de Ca y cloruro aumentan hasta el año 2012, y también se estabilizan posteriormente. Finalmente, la CE se ha mantenido en su rango superior desde el año 2014, sin presentar las fluctuaciones que se observaban con anterioridad. El resto de los parámetros no evidencia tendencias.

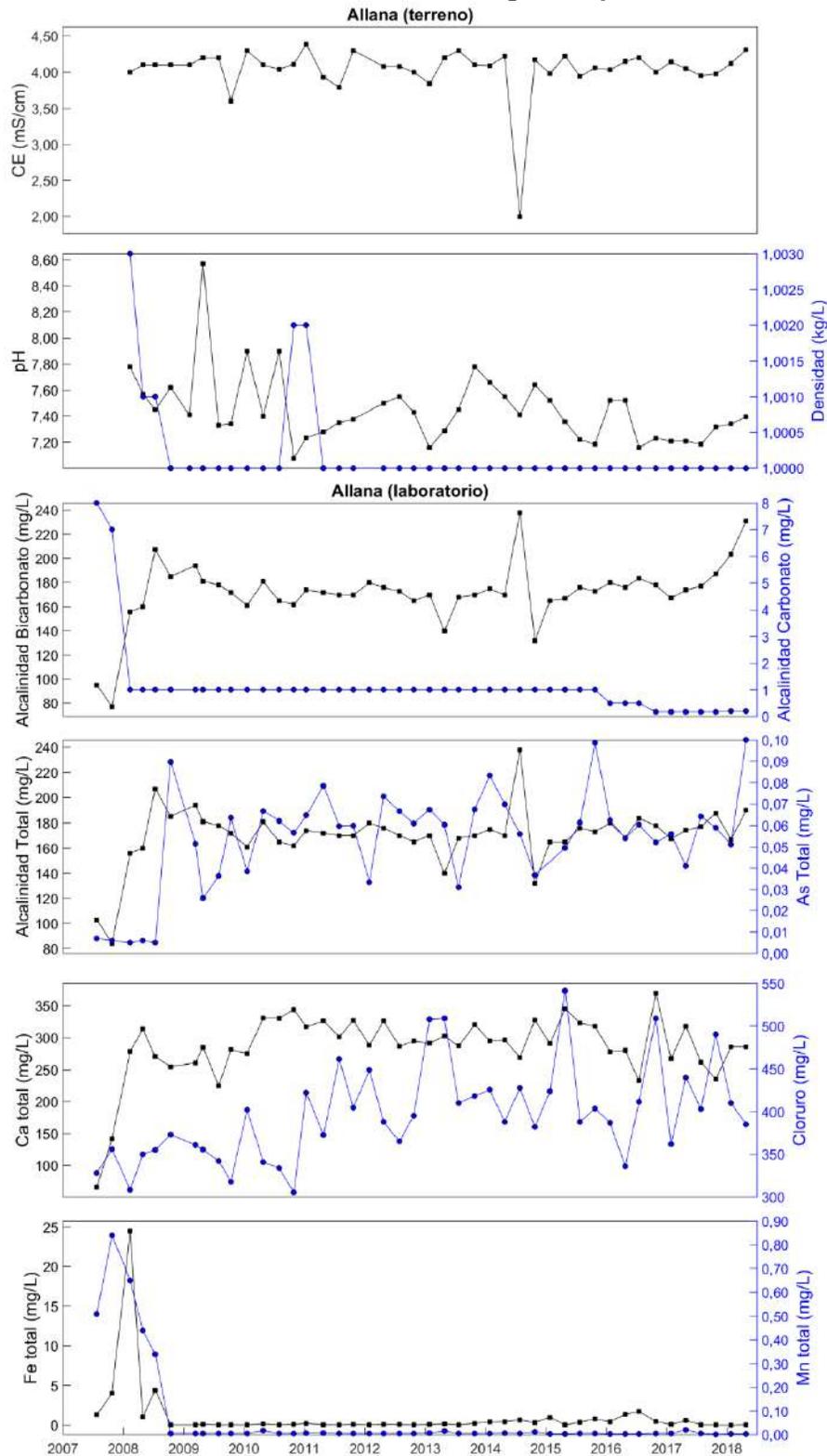
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1

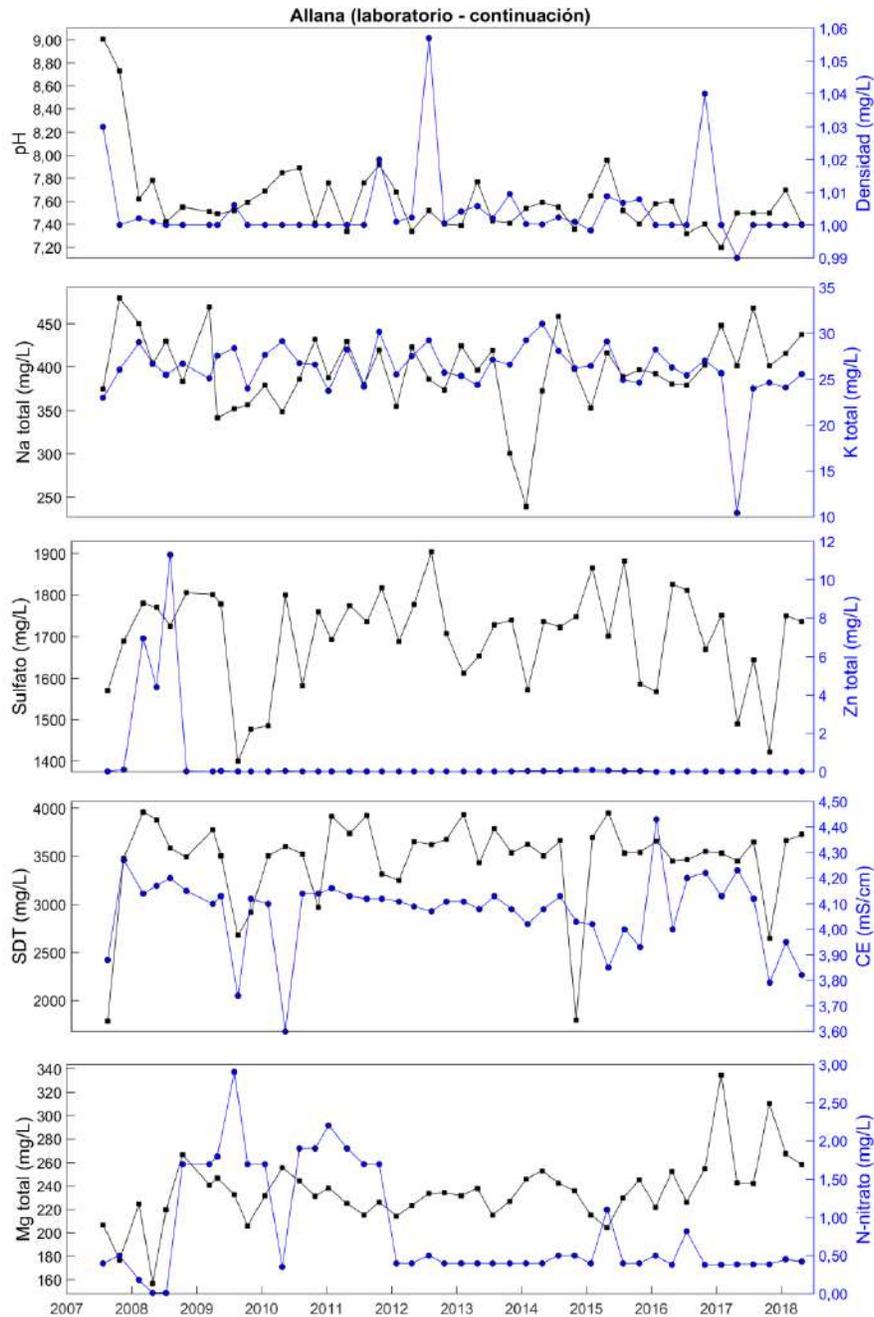




Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, no se presenta la concentración de hierro medida en febrero de 2008 (88,2 mg/L) ni la concentración de zinc medida en julio de 2008 (0,62 mg/L). Los valores < LD se presentan como = LD.

Figura 6-48: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana





Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala no se presenta la concentración de arsénico medida en enero de 2015 (0,42 mg/L). Los valores < LD se presentan como = LD.

6.2.1.5.3 Calidad del agua en sistemas lacustres

Como se indicó en el Capítulo 5, la calidad del agua en las lagunas Chaxa y Barros Negros ha sido monitoreada históricamente tanto por CONAF como por SQM a través de la ETFA SGS. En la Figura 6-49 y Figura 6-50 se presenta la evolución temporal de los parámetros monitoreados por ambas entidades. La laguna Puilar y el canal Burro Muerto en cambio, son monitoreados únicamente por CONAF, por lo que se presentan sólo esos registros (Figura 6-51 y Figura 6-52).

Como puede observarse en la Figura 6-49 y Figura 6-50, durante el periodo enero-junio de 2018, las concentraciones de coliformes fecales y totales, nitrógeno amoniacal, detergentes e hidrocarburos en las lagunas Chaxa y Barros Negros se encontraron bajo el límite de detección. De esta manera, no se evidencian indicios de contaminación por aguas residuales en el periodo.

Respecto a los parámetros monitoreados por CONAF el año 2018 en la laguna Chaxa se encuentran en su gran mayoría dentro del rango histórico. Las únicas excepciones corresponden al cloruro y bicarbonato, medidas en enero de 2018 (Figura 6-49). Las mediciones de cloruro y bicarbonato se deberían a una variación natural y puntual del sistema debido a que se encontraron levemente sobre el rango (6%) y no se evidencian tendencias temporales en ellos, volviendo a valores dentro de rango en las mediciones efectuadas en abril.

Respecto a los parámetros CE y salinidad se debe notar que ambos se han monitoreado por CONAF sólo los años 2017 y 2018 por lo que no existe un registro histórico para evaluar el comportamiento natural del sistema. No obstante, lo anterior, la CE registrada en enero de 2018 por CONAF (175 mS/cm) es esperable para esta laguna, encontrándose dentro del rango históricamente registrado en Chaxas por SGS (90 – 207 mS/cm; Figura 6-49). De esta manera, es probable que las mediciones realizadas el año 2017 por CONAF (8,9 y 10,8 mS/cm) presenten algún error, dado que se encuentran un orden de magnitud bajo lo esperado. Adicionalmente, las mediciones de CE no se relacionan con las altas concentraciones de SDT reportadas en esas mismas fechas (60 – 150 g/L). Esto también aplica para la salinidad medida en mayo de 2017.

En la laguna Barros Negros, las mediciones realizadas por CONAF el año 2018 presentaron un único parámetro fuera del rango, que corresponde a ST en el mes de abril (434 g/L). Esta medición se encuentra un 14% sobre la mayor concentración registrada anteriormente. Dado que no hay tendencias temporales y el resto de los parámetros medidos en esa fecha se mantienen dentro del rango histórico, no se considera que este valor indique alguna anomalía y es probable que forme parte de la variabilidad natural del sistema.

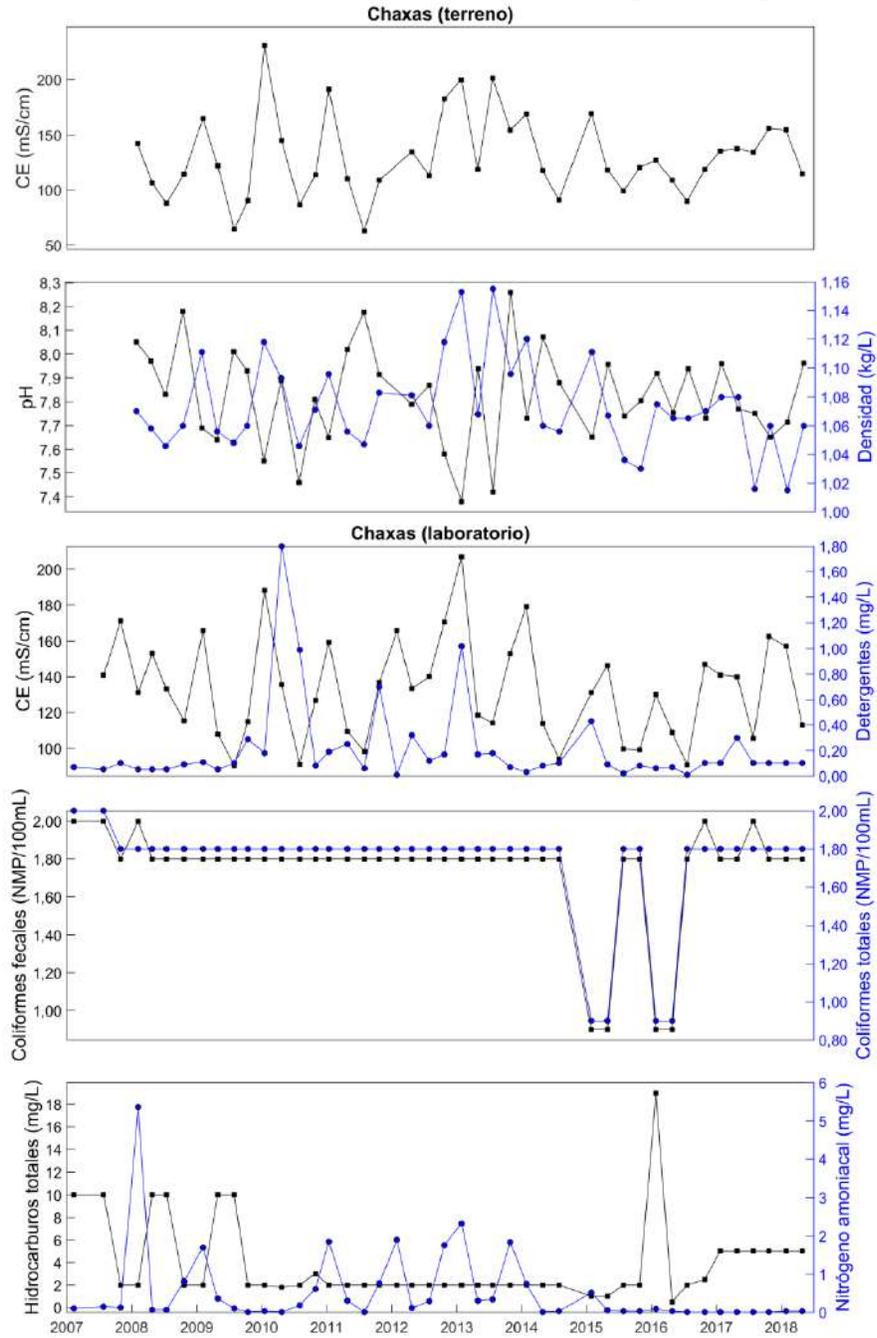
De las mediciones realizadas en la laguna Puilar por CONAF sólo la CE registrada en enero de 2018 (31,5 mS/cm) se encontró sobre los registros anteriores. Sin embargo, el registro histórico de dicho parámetro cuenta sólo con 2 mediciones por lo que no es posible analizar las variaciones naturales del sistema. Adicionalmente el resto de los parámetros que determinan la CE del agua (cationes y aniones, los que sí cuentan con un amplio registro histórico) se encuentran dentro de lo esperado y no presentan tendencias, por lo que se considera que la conductividad observada no responde a una situación anómala del sistema.

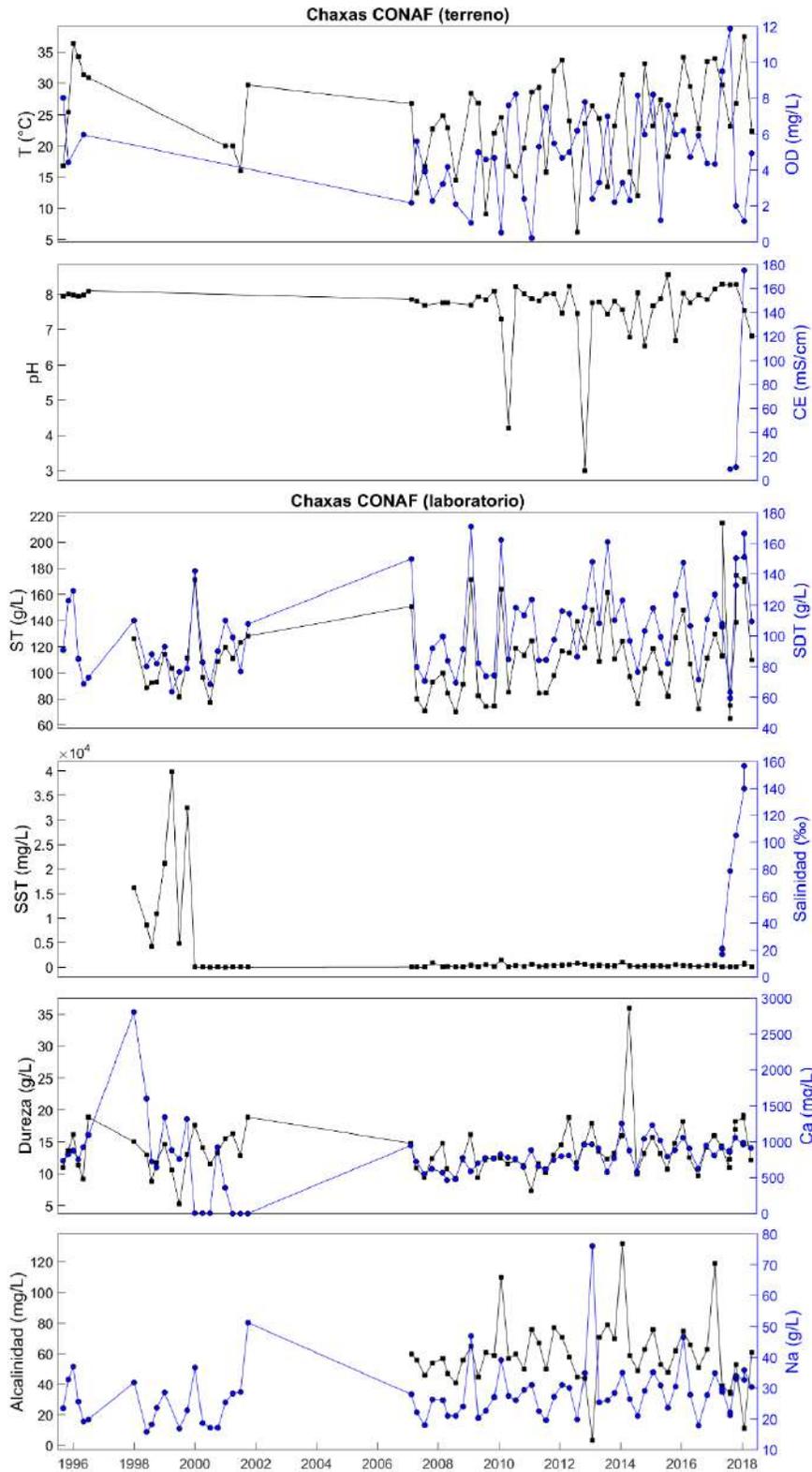
En el canal Burro Muerto, al igual que en la laguna Puilar, sólo la CE medida en enero de 2018 (111,3 mS/cm) se encontró sobre lo registrado anteriormente. Este valor es esperable para el canal dada su concentración histórica de SDT (28 – 151 g/L), y es probable que, al igual que para la laguna Chaxa, las mediciones realizadas el año 2017 (entre 3,8 – 12,3 mS/cm) presenten algún tipo de error.

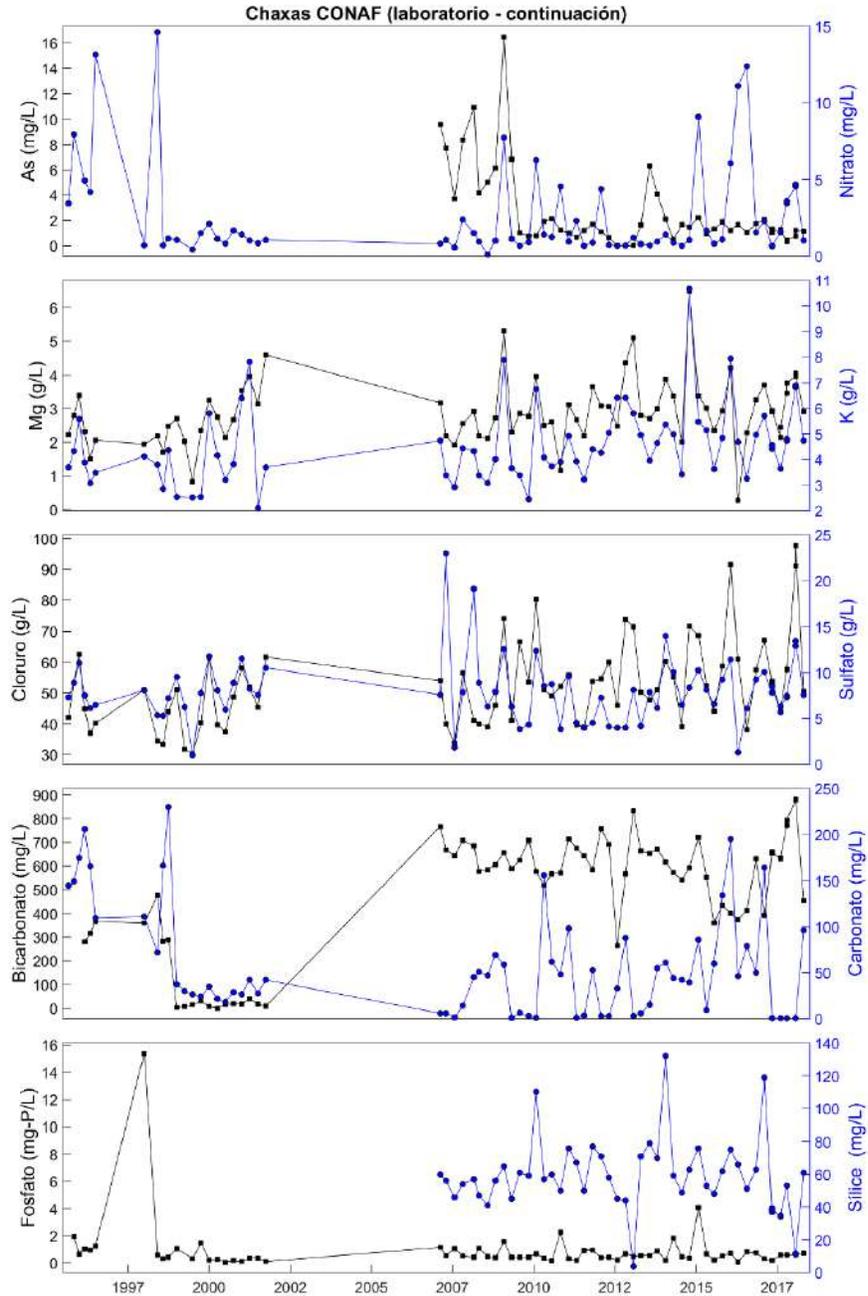
En cuanto al comportamiento general de las lagunas, todas ellas tienen características similares, con valores de pH de neutro a alcalino, alta CE y concentración de SDT dominada por los iones sodio y cloruro. Específicamente, la laguna Chaxa ha presentado históricamente un pH de neutro a alcalino (7,8), altos valores de CE (120 mS/cm) y SDT (103 g/L; Cl ~53 g/L y Na~28 g/L). La laguna Barros Negros por su parte, se caracteriza por valores de pH más cercanos a la neutralidad (7,3), y por poseer los mayores valores de CE (190 mS/cm) y SDT (186 g/L; Cl~95 g/L y Na~51 g/L) de las tres lagunas. La laguna Puilar presenta características de un agua de menor salinidad (20 ‰), menor concentración de SDT (22,6 g/L, Cl~10,6 g/L y Na~5,4 g/L) y valores de pH más básicos (8,2). Por su parte, el canal Burro Muerto presenta características similares al de la laguna Chaxa, con pH ~7,9 y concentración de SDT~ 86 g/L (~24 g/L de Na y ~43 g/L de Cl).

Finalmente, tanto el canal Burro Muerto como las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar no evidencian tendencias temporales para ninguno de los parámetros monitoreados por SQM y CONAF, presentando un comportamiento oscilante para la mayoría de ellos.

Figura 6-49: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

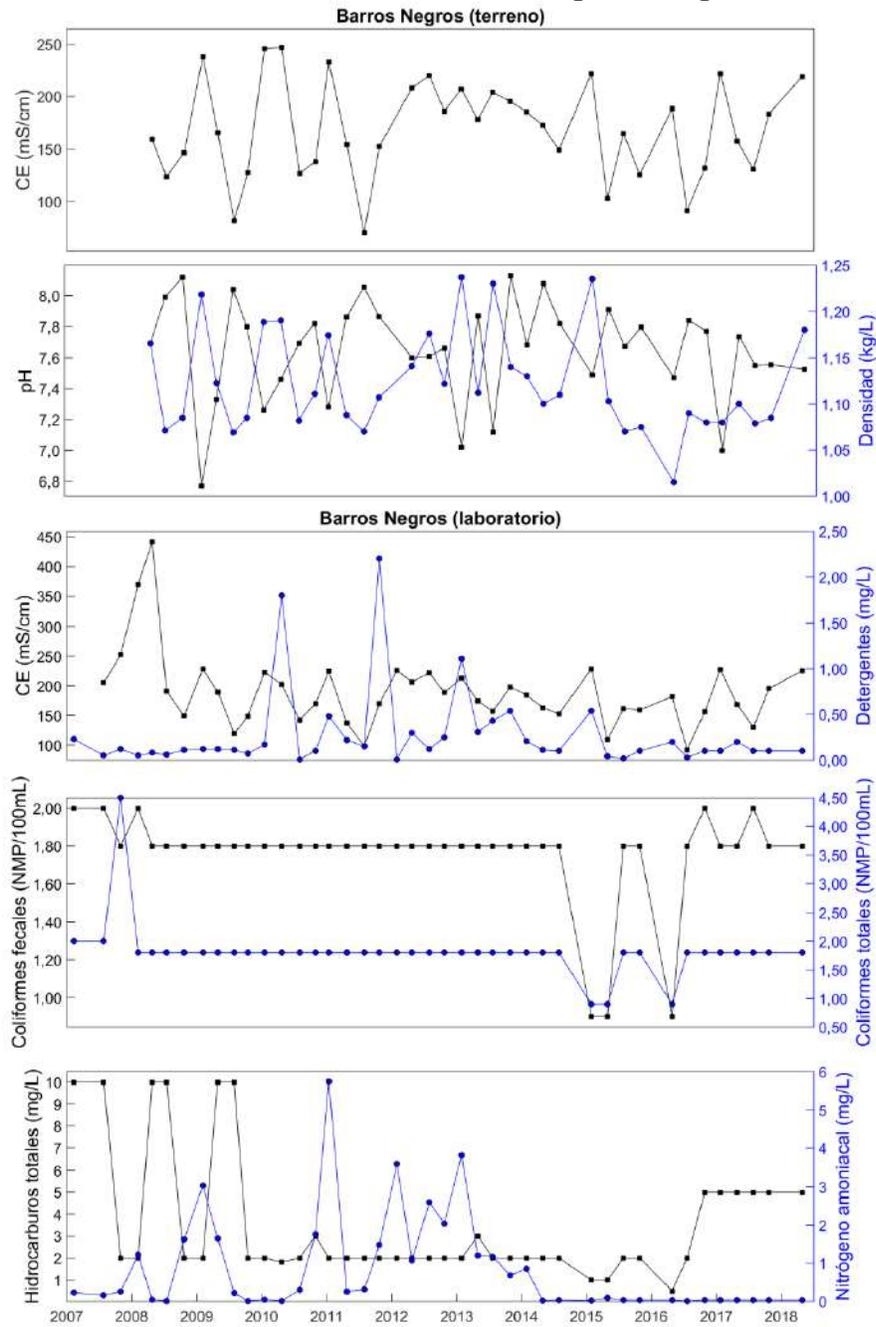


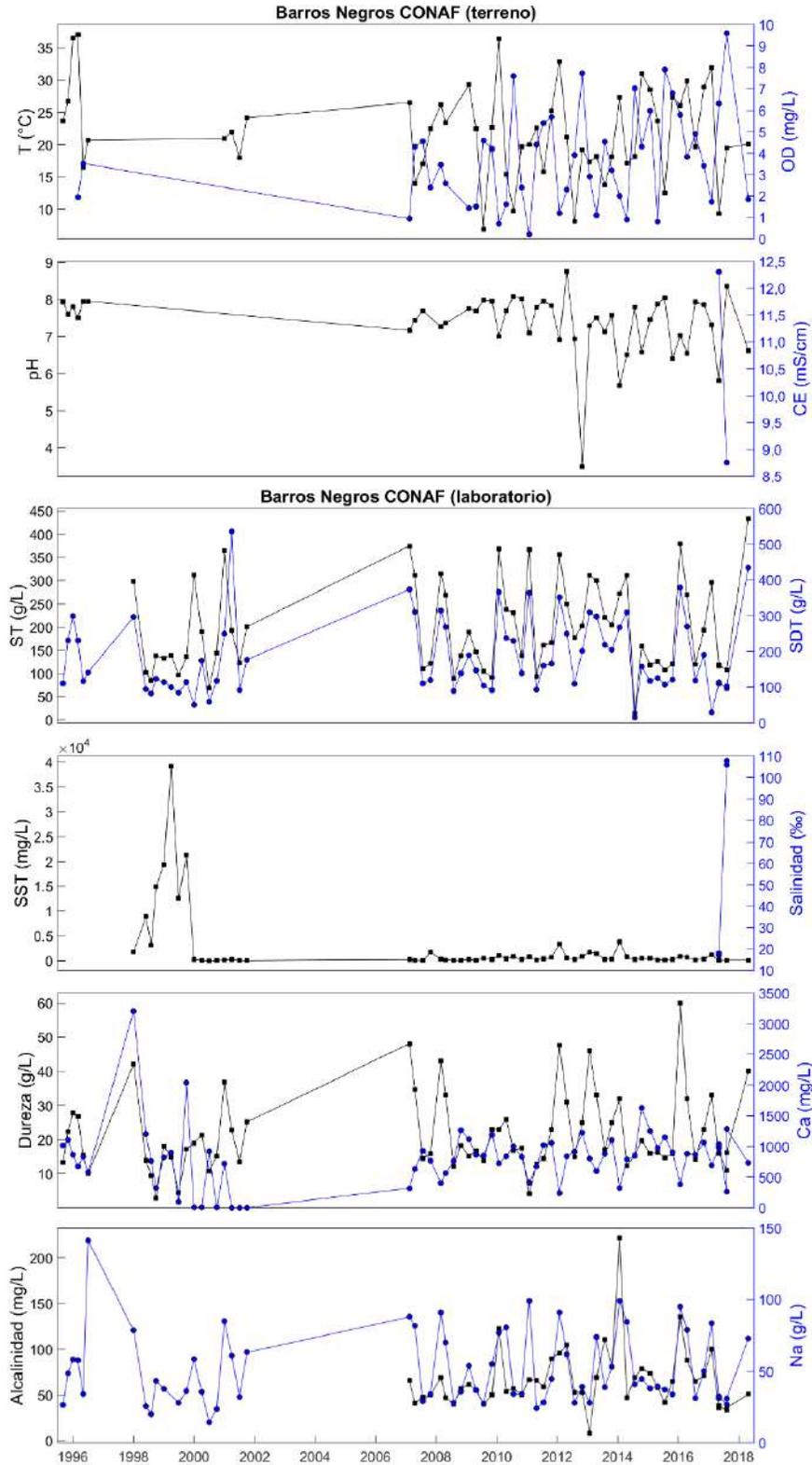


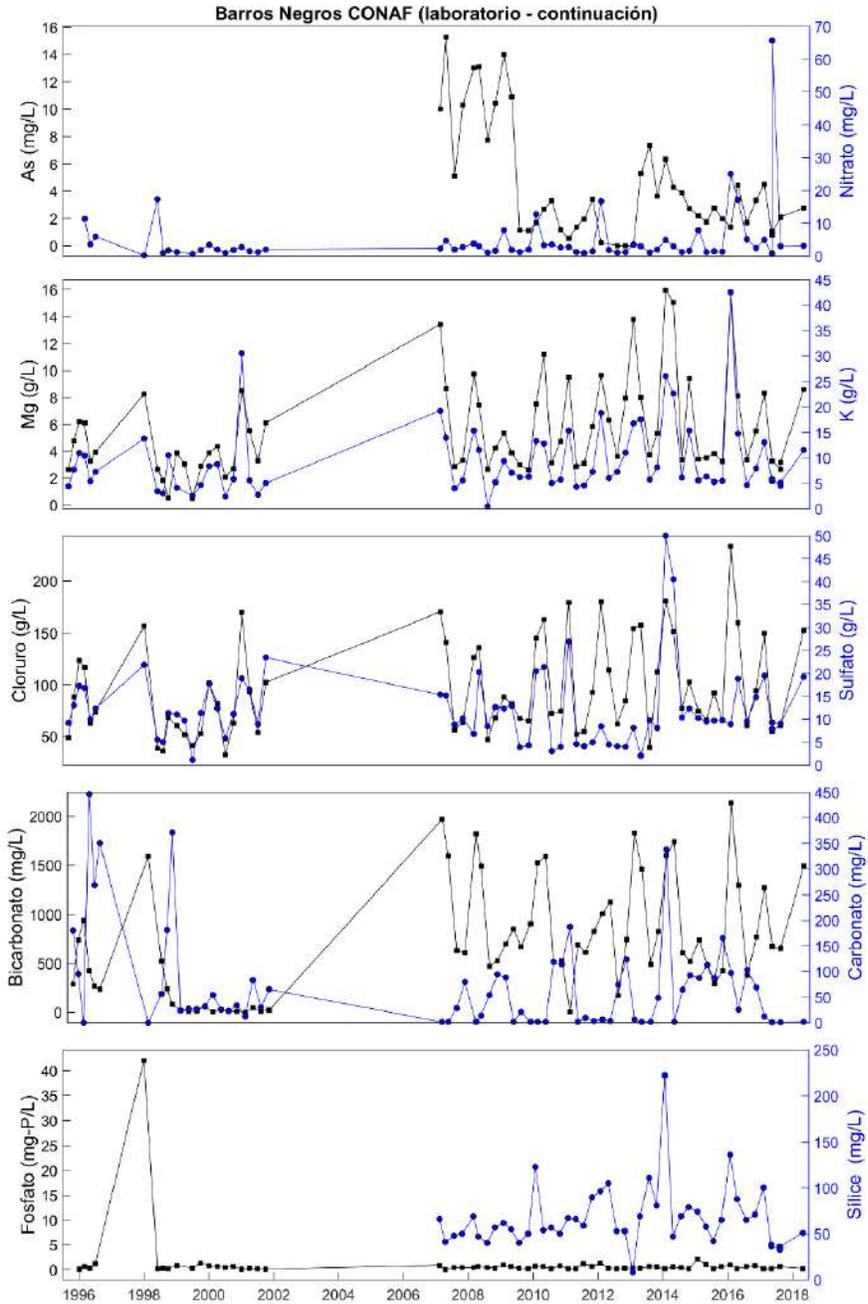


Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD.

Figura 6-50: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

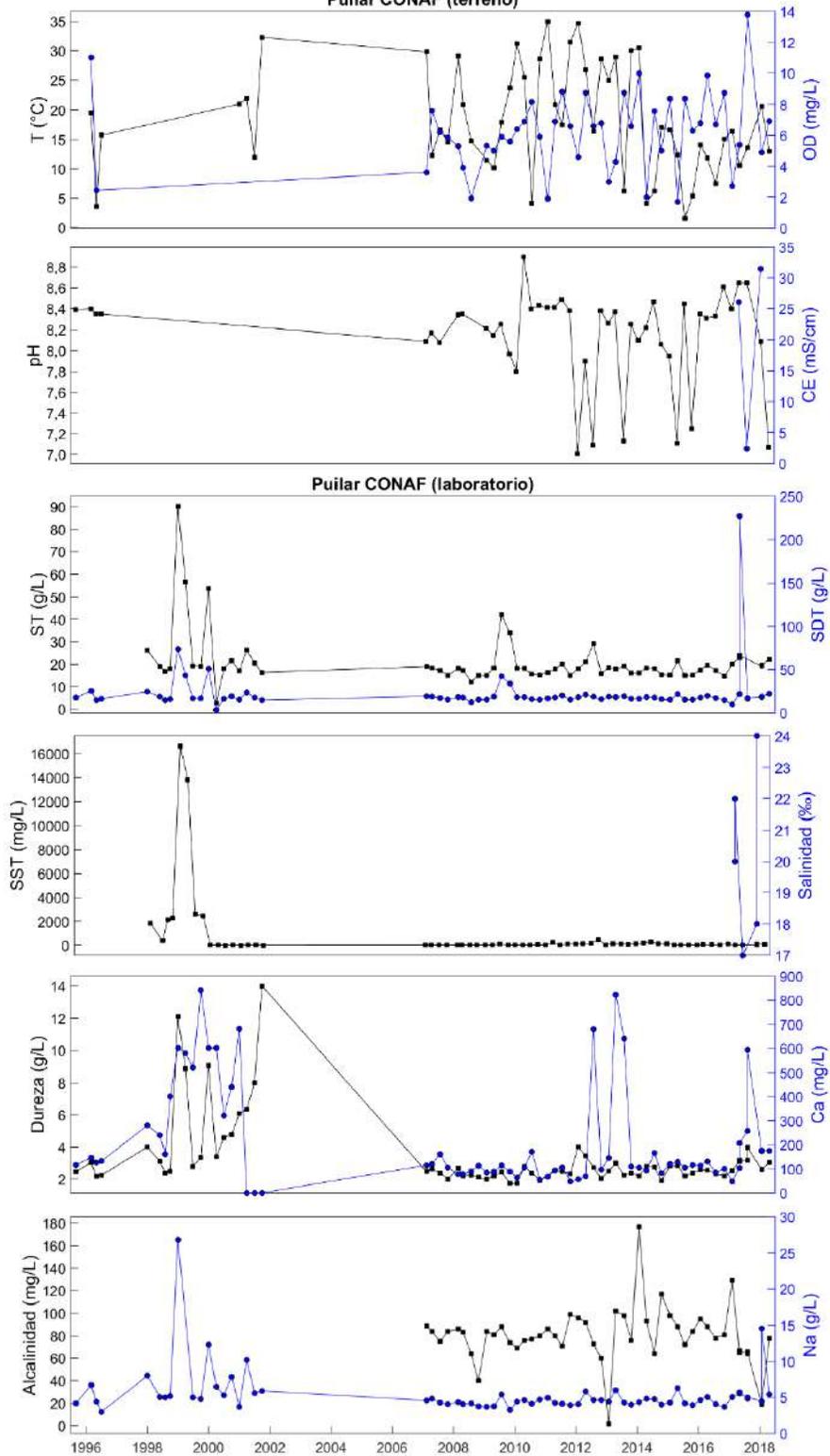


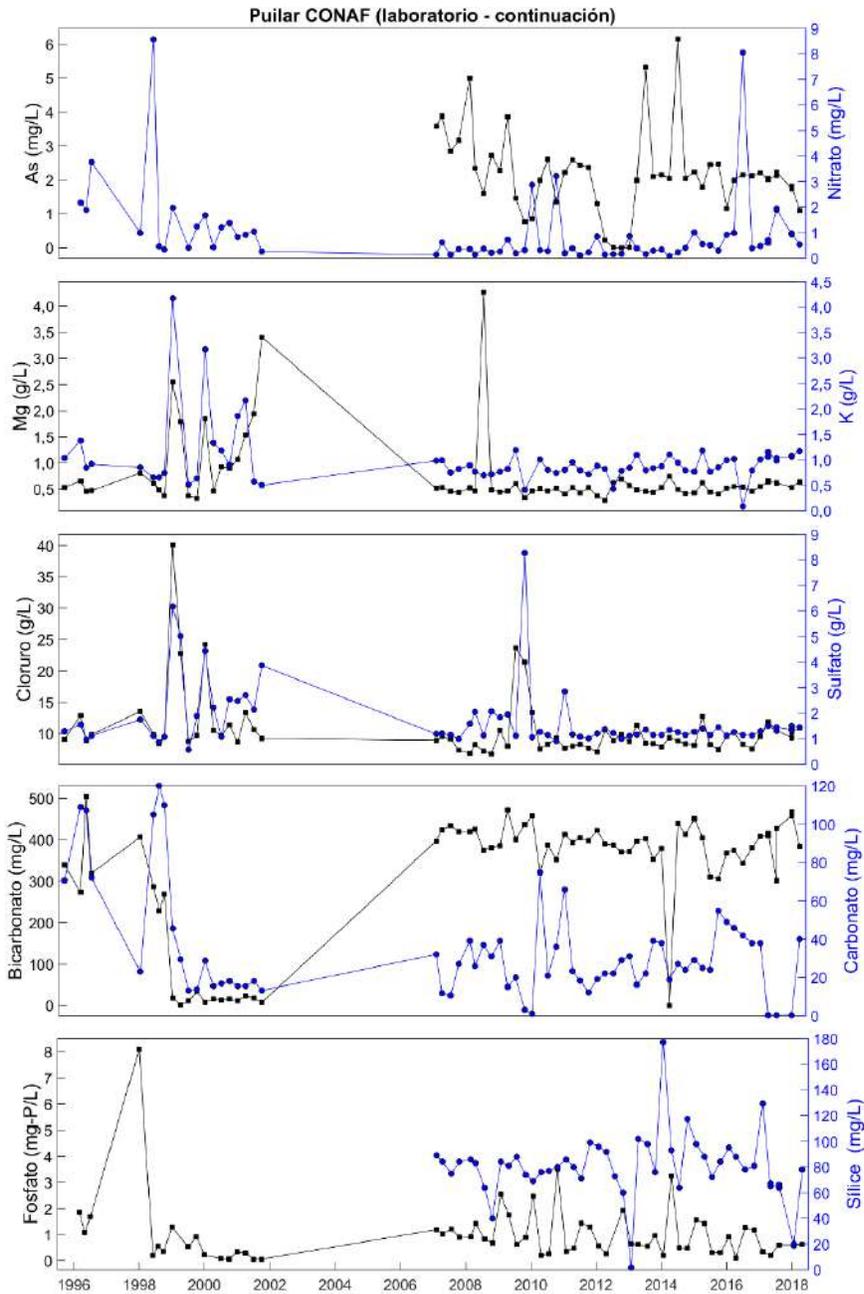




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD.

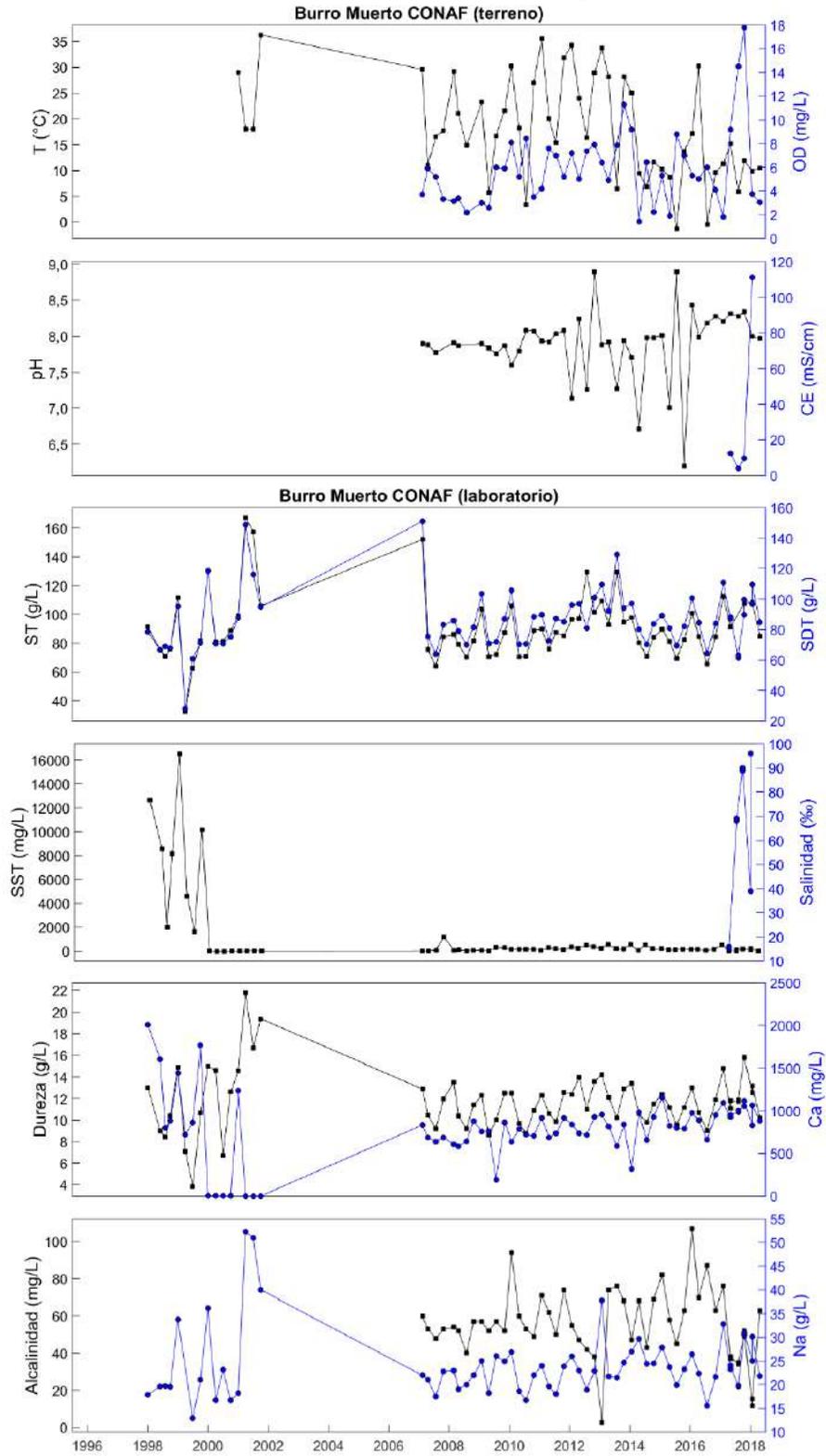
Figura 6-51: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Puilar
Puilar CONAF (terreno)

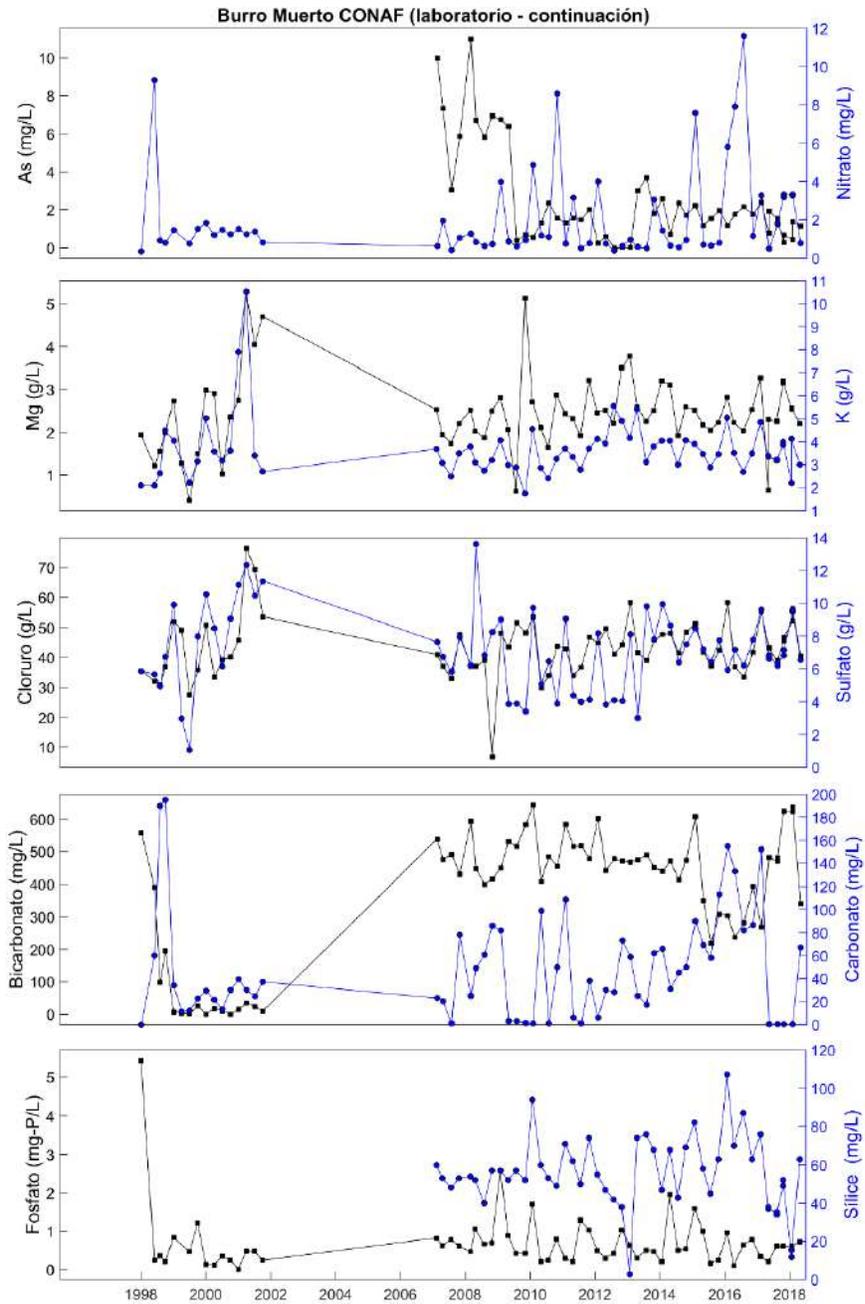




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD. Por motivos de escala no se presenta la dureza medida en enero de 2011 (38 g/L).

Figura 6-52: Evolución histórica de la calidad del agua canal Burro Muerto





Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD.

6.2.1.6 Aforos

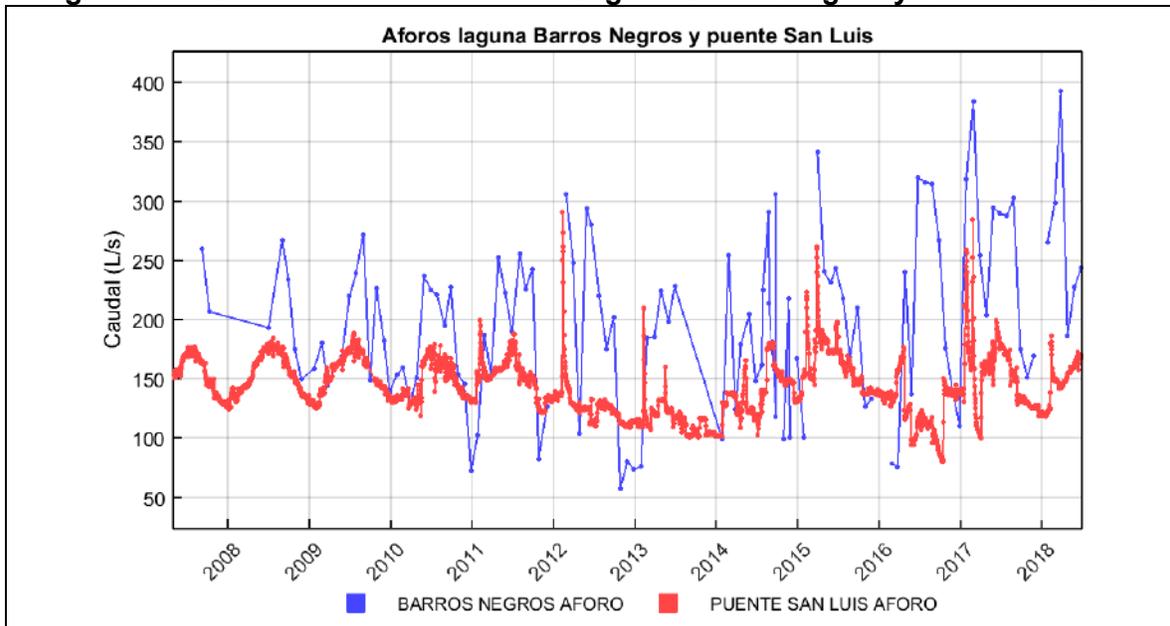
El sistema Soncor está compuesto por los aforos Puente San Luis y Barros Negros. La Figura 6-53 muestra los caudales medidos históricamente en ambos puntos de control. En ésta se puede observar que el incremento brusco de caudal pasante probablemente este asociado a las precipitaciones registradas los años 2011, 2012, 2013, 2015, 2017.

En el aforo en la estación Barros Negros se observa que el descenso máximo de caudal ocurre en octubre 2012, registrándose 57,2 L/s. El máximo caudal es de 392,7 L/s, registrado en el mes de marzo de 2018, es decir en el presente periodo de control. Por su parte, el puente San Luis presentó un mínimo de 79,86 L/s en octubre 2016 y un máximo de 290,27 L/s en febrero 2012.

En relación al periodo del presente reporte, el punto de aforo Puente San Luis presentó un caudal máximo de 186,017 L/s y un mínimo de 118 L/s, en ambos casos dentro del registro histórico disponible. Para el punto de aforo Barros Negros se registró un máximo y mínimo de 392,7 L/s y 186,3 L/s respectivamente, acorde con los flujos observados en periodos anteriores, con un máximo que supera en un 2,3% al mayor registro disponible (año 2017).

Es importante notar que el caudal medido en el Puente San Luis durante el I/2018 se encuentra sobre los flujos mínimos expuestos en la RCA N°266/2006, Tabla 19 (resumen de las estadísticas del caudal superficial en la estación de aforo del Puente San Luis asociado a la etapa de investigación de la activación de Fase II en el Plan de Contingencia para los pozos L1-5 y Reglilla L1-G4).

Figura 6-53: Evolución histórica aforo Laguna Barros Negros y Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Sistema Aguas de Quelana

6.2.2.1 Niveles de agua subterránea y superficial

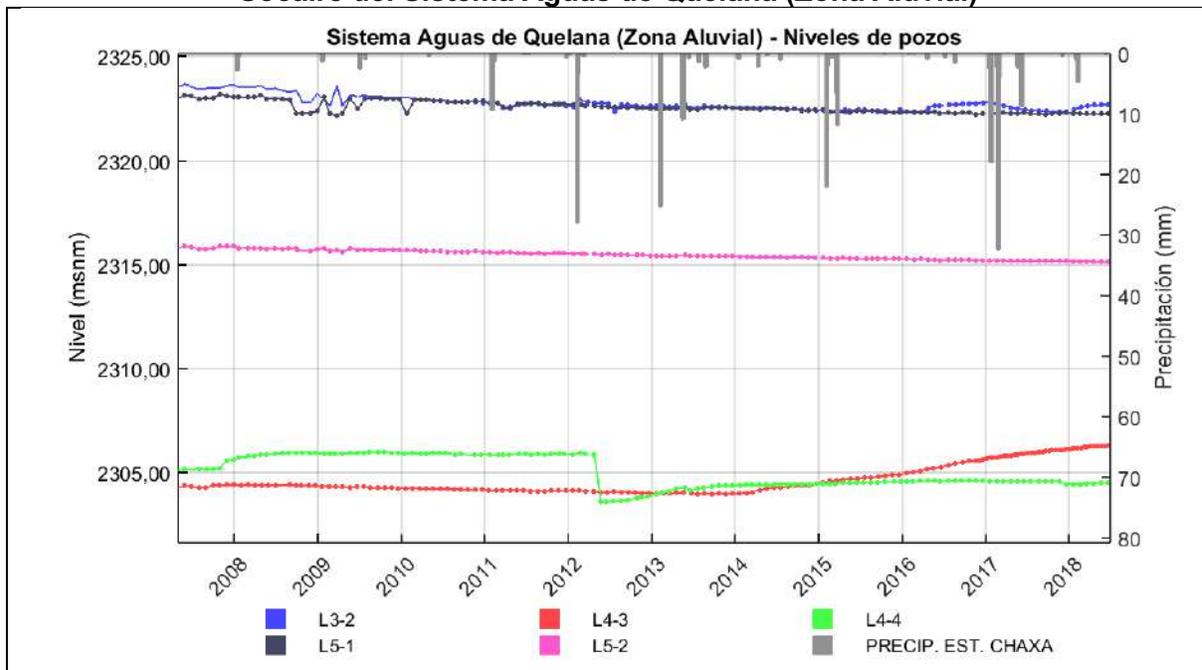
El objetivo principal de los pozos ubicados en el Sistema Aguas de Quelana es observar el eventual efecto de la explotación de salmuera en el núcleo sobre las lagunas difusas y dispersas, así como el efecto de las operaciones de los pozos de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B.

6.2.2.1.1 Pozos en zona aluvial

Los pozos pertenecientes al Sistema Aguas de Quelana - zona Aluvial son L3-2, L4-3, L4-4, L5-1 y L5-2.

Históricamente, y de acuerdo a lo esperado, los niveles en esta zona se encuentran relacionados con las extracciones de agua industrial (Figura 6-54). Los pozos L4-3, L4-4, L5-1 y L5-2 se encuentran en las cercanías de Socaire-5B, mientras que L3-2 se encuentra cercano al pozo Camar-2. Así, los descensos evidenciados pueden ser explicados por las extracciones en Camar-2 y Socaire-5B.

Figura 6-54: Niveles históricos de los pozos aledaños al pozo de Agua Industrial Socaire del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

La tasa de descenso de los pozos L5-1 y L5-2 es de 6 cm/año⁹⁷. 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 (Figura 6-54). El pozo L4-3 mostró un ascenso después del 2014, el que a fecha del I/2018 aún continúa: este pozo ha ascendido su nivel medio en 40, 28, 24 y 20 cm durante II/2016, I/2017, II/2017 y I/2018 respectivamente (cada ascenso comparado con el nivel medio del semestre anterior),

⁹⁷ Valor obtenido por regresión lineal sobre los niveles desde el I/2008 en adelante.

lo que se debería a modificaciones del régimen de extracción, o a un incremento en las tasas de recarga que se conducen hacia el sector. Con respecto al pozo L3-2, si bien ha mostrado históricamente una tasa de descenso de 3 cm/año⁹⁸, el I/2018 presentó un ascenso de 24 cm con respecto al nivel medio del semestre anterior, a consecuencia del término de las extracciones del pozo Camar-2 efectuado en enero del 2018.

A modo de conclusión, se observa que, en términos generales, los niveles en la zona Aluvial del Sistema Aguas de Quelana responden a las operaciones en los pozos Camar-2 y Socaire-5B, sin evidenciarse una influencia relevante de las precipitaciones o variaciones de ciclicidad anual.

6.2.2.1.2 Pozos en zona marginal

Para analizar el comportamiento de los niveles en la zona Marginal del Sistema Aguas de Quelana, los puntos de control fueron diferenciados en 4 subsectores:

- Pozos aledaños a pozo de extracción Camar-2.
- Pozos aledaños a pozo de extracción Socaire-5B
- Pozos al oeste de Lagunas Difusas, aledaños a extracción Camar-2.
- Pozos al oeste de Lagunas Difusas, aledaños a extracción Socaire-5B.

Para el primer grupo, se consideran los pozos L3-3, L3-5, L3-6, L13-1, L13-2 y L13-3.

Históricamente, los pozos de este sector han presentado dos tipos de comportamiento: oscilaciones y/o tendencias al descenso (ambos comportamientos pueden estar presentes en un mismo pozo, Figura 6-55). El doble comportamiento ocurre con los pozos L13-1 y L3-3, los cuales descienden de manera oscilatoria con una periodicidad anual posiblemente influenciada por las variaciones estacionales de carácter meteorológico, como la evaporación (ya sea como efecto directo o indirecto)⁹⁹. El resto de los pozos no presenta descensos, oscilando con un período anual¹⁰⁰. En general, el descenso que pueda existir en un pozo depende de la cercanía que se esté a las extracciones en Camar-2. Así, la correlación entre el descenso del nivel medio desde el I/2008 a la fecha y la distancia a Camar-2 es alta ($r = 0,85$).

Al I/2018, los pozos L13-1 y L3-3 (los más cercanos a Camar-2) han presentado una tasa de descenso de 5,5 y 4,6 cm/año¹⁰¹ respectivamente. En cuanto al nivel medio del I/2018, este ha descendido con respecto al semestre anterior (II/2017), lo que se entiende por la dependencia estacional de las series: desde el I/2008 a la fecha se han registrado descensos durante los primeros semestres y ascensos durante los segundos semestres. De esta manera, lo observado el I/2018 sigue el comportamiento histórico.

A modo de conclusión para la zona, todos los pozos responden a oscilaciones estacionales, y sólo los pozos L13-1 y L3-3 evidencian adicionalmente una influencia del bombeo en Camar-2.

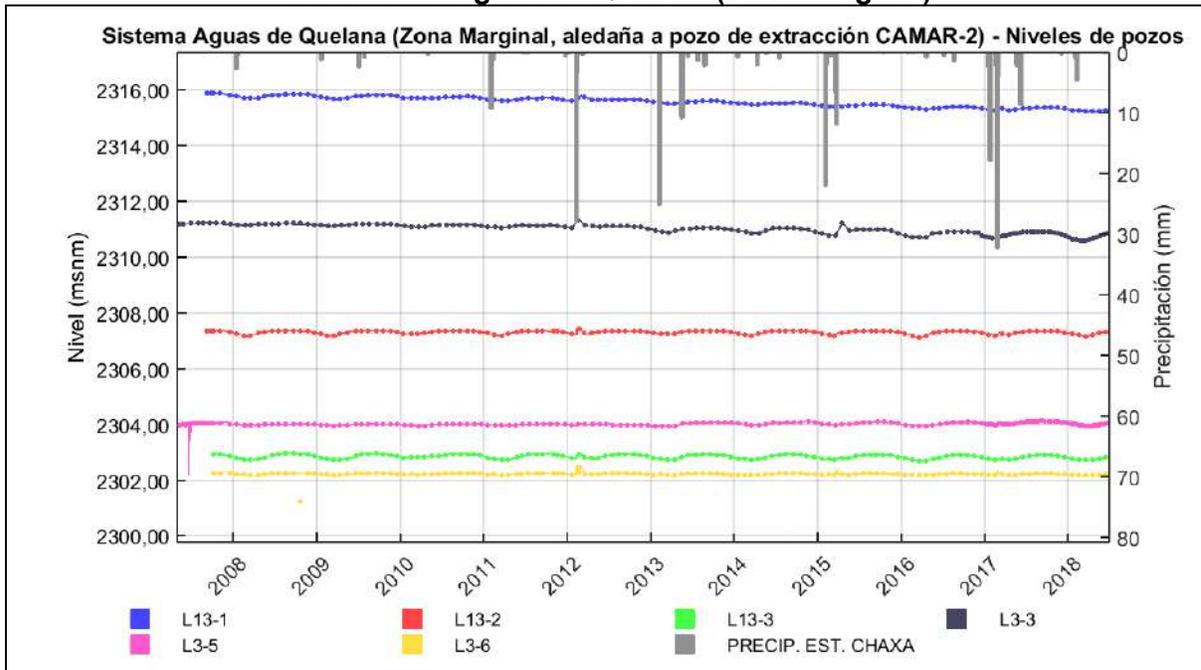
⁹⁸ Valor obtenido por regresión lineal sobre los niveles desde el I/2008 en adelante.

⁹⁹ El efecto de la evaporación puede evidenciarse directamente en el nivel de los flujos subterráneos en aquellos sectores que presentan niveles más someros, o como un efecto indirecto del descenso ocurrido en dichos sectores someros, en aquellos casos en que los niveles se encuentran a mayor profundidad

¹⁰⁰ Un análisis de Fourier sobre los niveles muestra que los pozos L3-5, L3-6, L13-2 y L13-3 tienen un período dominante cercano al año. Para los pozos L13-1 y L3-3, su segundo período dominante es el anual, mostrando que, si bien tienen una componente estacional, están principalmente regidos por alguna otra tendencia.

¹⁰¹ Valores obtenidos mediante regresión lineal sobre los niveles desde el I/2008 en adelante.

Figura 6-55: Niveles histórico de los pozos aledaños al Pozos de extracción CAMAR-2 del Sistema Aguas de Quelana (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Para el segundo grupo, se consideran los pozos L4-7, L4-8, L4-9, L5-3, L5-6, L5-7, L5-8, L14-1, L14-2, L14-3, L14-5, L14-6 y L14-7.

De manera similar al grupo de pozos anterior, los puntos de control de esta zona presentan oscilaciones anuales y descensos (Figura 6-56). Mientras que las oscilaciones se encontrarían condicionados a las variaciones estacionales climáticas, como la evaporación (efecto directo o indirecto), los descensos serían producto de extracciones efectuadas en Socaire-5B.

La correlación entre el descenso del nivel medio desde el I/2008 a la fecha y la distancia a Socaire-5B es de $r = 0,57$. Así, las extracciones en Socaire-5B influyen sólo sobre los pozos más cercanos, mostrando históricamente descensos sólo los pozos L14-1, L5-6 y L14-2 (con tasas de descenso de 8,5, 3,5 y 1,9 cm/año respectivamente¹⁰²).

Con respecto al comportamiento oscilatorio, el resto de los pozos está principalmente dominado por oscilaciones anuales, aunque su amplitud baja en cuanto el pozo se ubica más hacia el oeste. Esta baja en las amplitudes ocurre hasta el punto de perder el comportamiento oscilatorio, quedando sólo un nivel constante sin variaciones (esto ocurre para los pozos L14-6 y L14-7, los más alejados de la zona de bombeo de agua industrial). Con respecto a las precipitaciones, éstas no se reflejan en el nivel de los pozos: las correlaciones entre las variaciones del nivel medio o desde I/2008 a la fecha y las precipitaciones en estación Chaxa son de $r = -0,38$ a $0,23$.

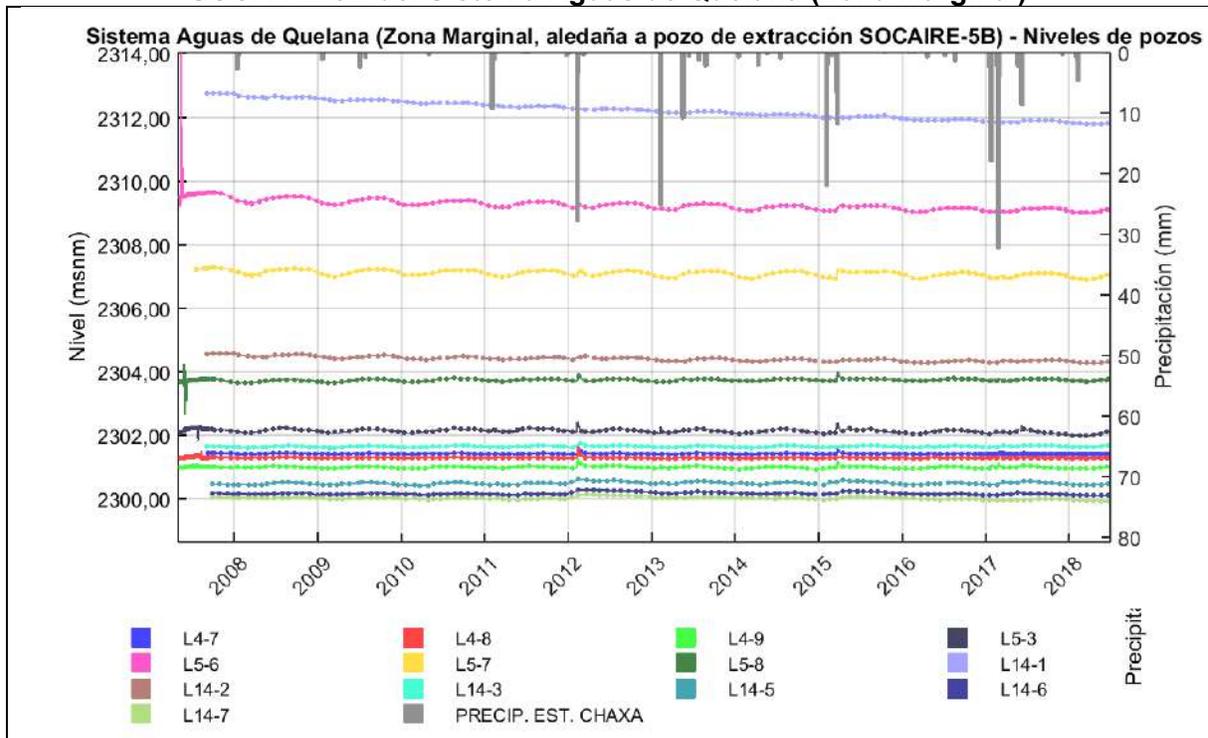
Con respecto al I/2018, se registraron descensos del nivel medio comparado con el semestre anterior. Este comportamiento es esperable dada las características oscilaciones ya comentadas. A lo anterior, se adiciona el hecho de que usualmente se han registrado

¹⁰² Valores obtenidos mediante regresiones lineales.

descensos durante los primeros semestres y ascensos durante los segundos semestres de cada año.

A modo de resumen, se tiene que sólo los niveles de los pozos contiguos a la zona aluvial descienden por las extracciones. El resto oscila anualmente, perdiéndose tal característica en la medida en que los pozos se localizan más al oeste, los que tampoco presentan un comportamiento de tendencia, mostrándose estables en el tiempo.

Figura 6-56: Niveles históricos de los pozos aledaños al Pozos de extracción SOCAIRE-5B del Sistema Aguas de Quelana (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Para el tercer grupo, se consideran los pozos L3-8, L3-9, L3-10, L3-11, L3-12, L3-13, L3-14, L13-5, L13-6 y L13-7.

Ubicados al margen oeste de las Lagunas Difusas y cercanos al pozo de extracción Camar-2, históricamente estos pozos han presentado una transición desde una respuesta oscilatoria a una dominada por eventos de precipitación (Figura 6-57). Así, sólo los pozos L3-14 y L13-7, más cercanos al núcleo del salar, reflejan una respuesta moderada ante las precipitaciones: estos presentan coeficientes de correlación entre el descenso semestral medio y las precipitaciones semestrales en Chaxa de $r = 0,39$ y $0,32$ respectivamente. Por otra parte, sólo los pozos L13-5 y L3-8 (localizados al extremo este), están dominados por oscilaciones estacionales¹⁰³. El resto de los pozos no presenta fuertes influencias de las precipitaciones ni está mayormente dominado por oscilaciones.

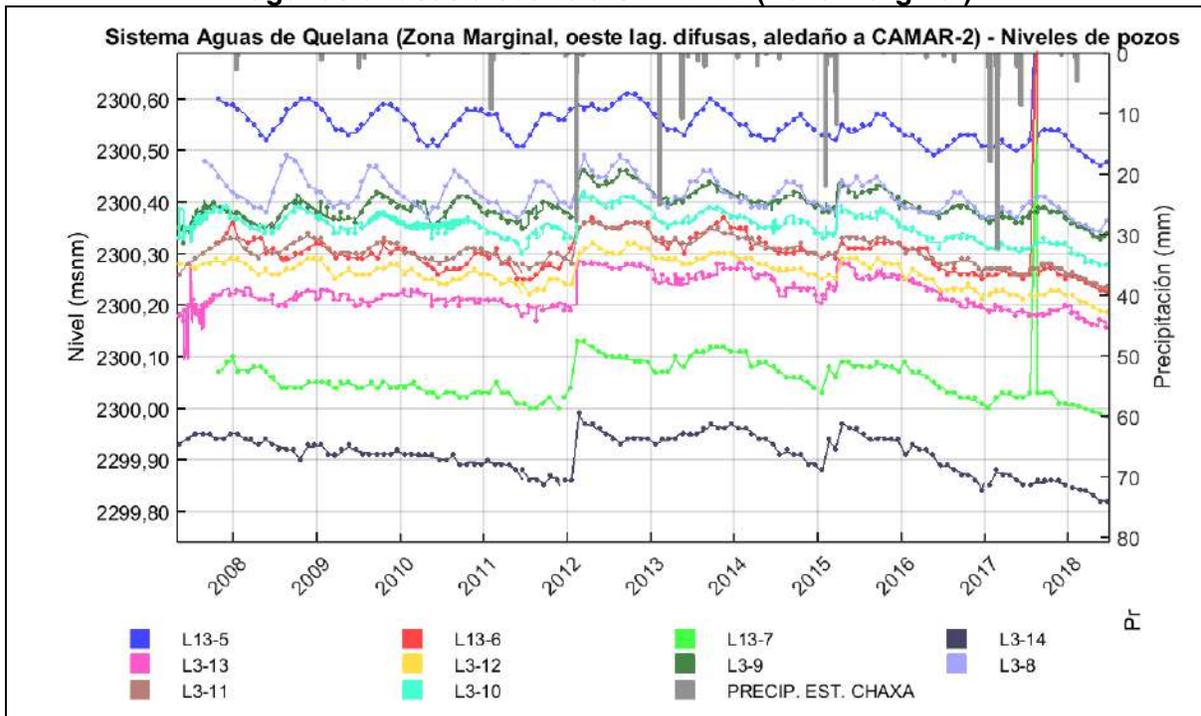
Con respecto al I/2018, en este semestre se observaron descensos del nivel medio de 2 a 5 cm respecto al nivel medio del II/2017. Todos estos descensos están dentro de las variaciones

¹⁰³ De acuerdo a un análisis de Fourier, los pozos L13-5 y L3-8 son los únicos dominados por períodos cercanos al año, siendo éste período en ambos casos 361 días.

semestrales medias observadas históricamente. Al I/2018, el pozo que más ha descendido su nivel medio es el denominado L3-14 (desde I/2008), sin embargo, este descenso se explicaría en parte por estar en el valle de la oscilación, es decir en el punto más bajo de la misma. Es relevante considerar que las tasas de descenso históricas¹⁰⁴ son casi nulas en todos los casos. La mayor tasa de descenso la presenta el pozo L13-5, siendo ésta de 0,5 cm/año.

A modo de resumen, los pozos de esta zona presentan una transición desde un comportamiento periódico anual a uno dominado por precipitaciones (transición de este a oeste), sin existir una tendencia marcada al descenso en el largo plazo.

Figura 6-57: Niveles histórico del Sistema Aguas de Quelana, margen Oeste de lagunas difusas aledaño a CAMAR-2 (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Para el cuarto grupo, se consideran los pozos L4-5¹⁰⁵, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14, L4-15, L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15 y GD-02.

Dado el comportamiento de los pozos de este sector, se dividirá el análisis en dos partes: uno considerando la dirección este-oeste y la otra considerando la dirección norte-sur.

En la dirección este-oeste, históricamente, los pozos de este grupo han presentado una transición en su comportamiento: han pasado desde una respuesta dominada por oscilaciones (en el este) a otra principalmente dominado por eventos de precipitación (en el oeste, Figura 6-58). De este modo, la influencia de las precipitaciones en los niveles es esperable para los pozos del oeste, dada su cercanía al núcleo del salar. Sin embargo, su influencia sobre los niveles observados es moderada, siendo los pozos GD-02 y L5-15 los que responden en mayor grado a éstas: el coeficiente de correlación entre la variación media semestral del nivel

¹⁰⁴ Tasas obtenidas mediante regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

¹⁰⁵ El pozo L4-5 contiene un dato *outlier* durante el 27/10/2010. Tal dato se eliminó del análisis, siendo de 2305,83 msnm.

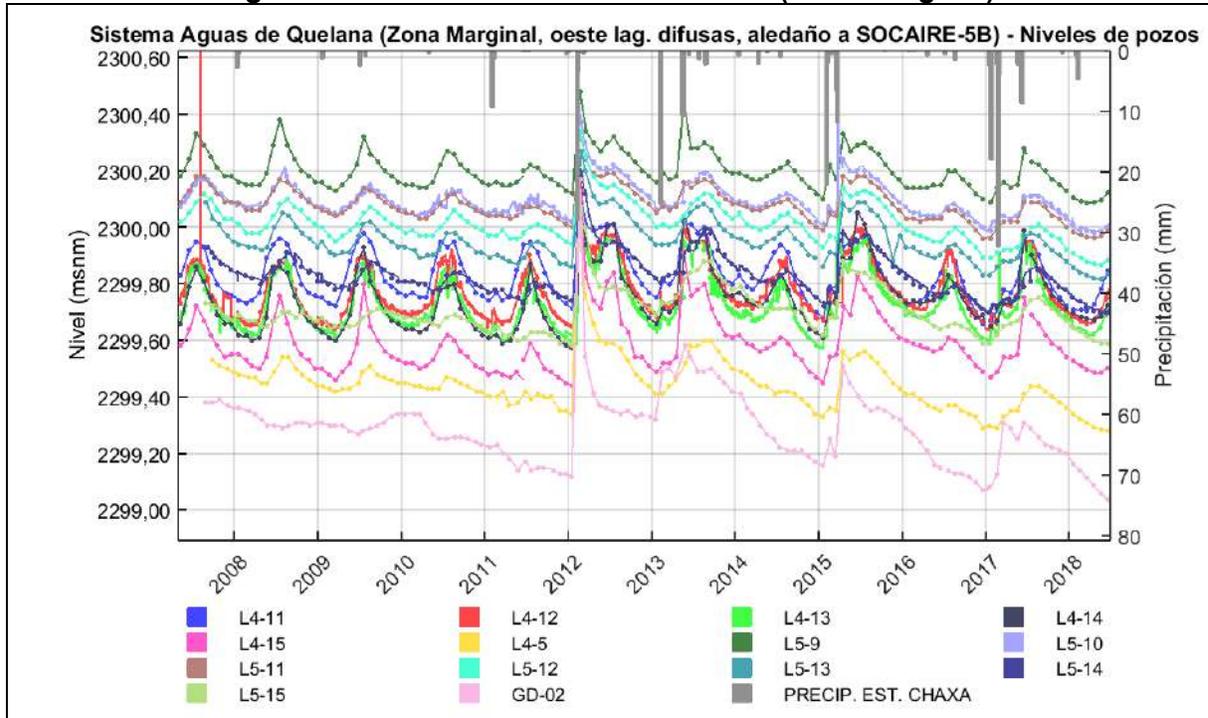
y las precipitaciones en estación Chaxa es de $r = 0,61$ y $0,34$ para GD-02 y L5-15, respectivamente.

Desde una perspectiva norte-sur, es posible señalar que en los pozos del sur (L5-9, L5-10, L5-11, L5-12, L5-13, L5-14, L5-15 y GD-02), si bien es visible la transición este-oeste ya comentada, los niveles están dominados principalmente por las precipitaciones: el único pozo con oscilaciones anuales predominantes es el L5-9 (pozo del extremo este). Para los pozos del norte (L4-5, L4-11, L4-12, L4-13, L4-14 y L4-15), aunque existe una transición este-oeste, los niveles están mayormente dominados por oscilaciones, excepto el pozo L4-5¹⁰⁶.

Al I/2018, las mayores tasas de descenso se han observado en los pozos L4-5 y GD-02, siendo éstas de $1,1$ cm/año. El resto de los pozos ha mantenido una tasa cercana a nula (o nula) de descenso en el largo plazo¹⁰⁷. Los pozos L4-5 y GD-02 son los más cercanos al salar, por lo que su descenso podría entenderse por las extracciones de salmuera efectuadas en el núcleo.

Como análisis consolidado para esta zona, se tiene que los niveles de sus pozos cruzan por una transición espacial: estos pasan de ser influenciados principalmente por oscilaciones anuales (este), a ser regidos por las precipitaciones (oeste). Adicionalmente, la mayor parte de los pozos no muestran un comportamiento de tendencia en el largo plazo, manifestándose estables. No obstante, lo anterior, los pozos del oeste comienzan a mostrar signos de descenso que podrían responder a la influencia de las extracciones de salmuera del núcleo.

Figura 6-58: Niveles históricos del Sistema Aguas de Quelana, margen oeste de lagunas difusas aledaño a SOCAIRE 5B (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

¹⁰⁶ Según un análisis de Fourier, todos presentan períodos dominantes cercanos al año, excepto el pozo L4-5.

¹⁰⁷ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

6.2.2.1.3 Pozos en el sector del núcleo

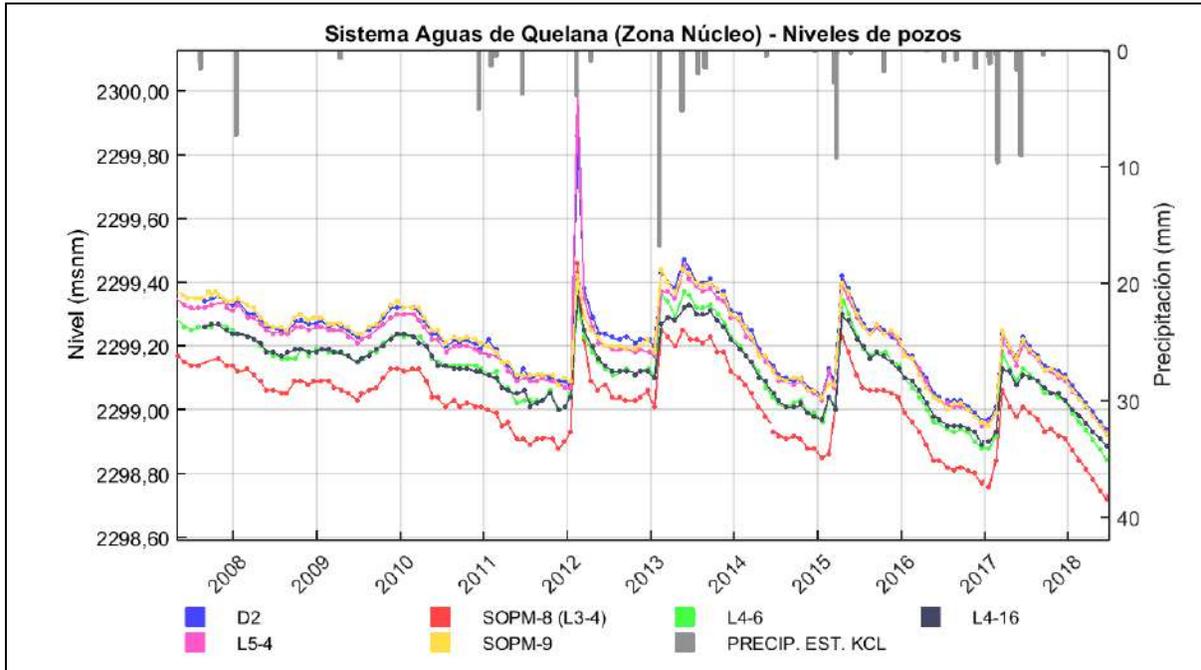
En este sector se consideran los puntos de control denominados D2, SOPM-08 (L3-4), SOPM-09, L4-6, L4-16 y L5-4.

Históricamente, y conforme a lo esperado, este sector ha presentado una tendencia al descenso (Figura 6-59). Todos los pozos han mostrado una tasa de descenso similar, siendo ésta aproximadamente de 2 cm/año¹⁰⁸. El descenso observado se asociaría a las extracciones de salmuera. Adicionalmente, los niveles muestran una alta respuesta ante las precipitaciones, con un coeficiente de correlación entre el nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales en la estación KCL de $r = 0,62$ a $0,71$.

Con respecto al I/2018, durante este semestre se observaron descensos del nivel medio en relación al semestre anterior. Tales descensos están dentro del rango histórico de descensos semestrales, con valores de 12-15 cm. Cabe destacar que el comportamiento del I/2018 es similar al de otros semestres con bajas precipitaciones. Por ejemplo, los dos semestres del año 2014 y el I/2016 (semestres de baja precipitación) muestran descensos del nivel medio semestral similares a los del I/2018¹⁰⁹. Adicionalmente los descensos actuales responderían a un proceso esperado, iniciado a consecuencia del aumento de nivel generado con motivo de los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017, los que no se han registrado en forma posterior.

A modo de resumen, se tiene que los pozos del sector presentan una tendencia de descenso influenciada por las extracciones de salmuera y responden fuertemente a los eventos de precipitación.

Figura 6-59: Niveles y descensos históricos de los pozos núcleo Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

¹⁰⁸ Valor obtenido por regresión lineal desde I/2008.

¹⁰⁹ La diferencia porcentual media de los descensos medios semestrales del I/2018 con los del I/2014, II/2014 y II/2016 es de 17%, 12% y 3% respectivamente.

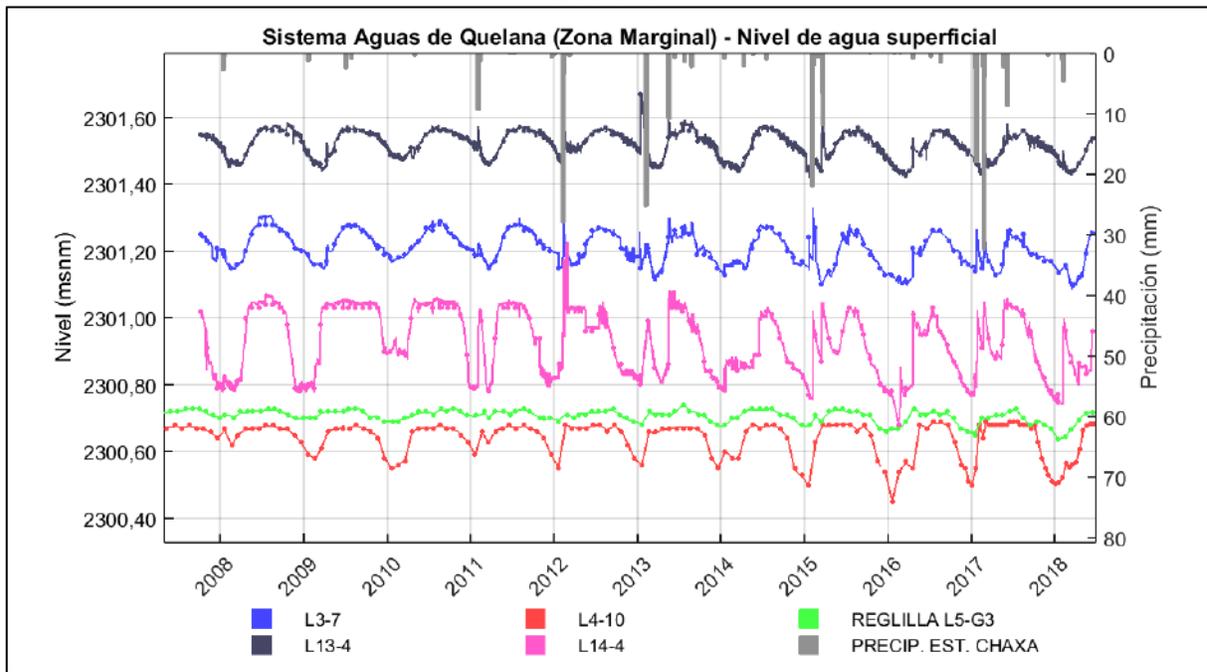
6.2.2.1.4 Niveles de agua superficial

Los niveles de agua superficial del Sistema Aguas de Quelana se monitorean mediante los puntos reglilla L5-G3, L3-7, L4-10, L13-4 y L14-4.

Históricamente, estos puntos han mostrado oscilaciones anuales en sus niveles¹¹⁰, sin un claro comportamiento de tendencia, manifestándose estables en el largo plazo.

Con respecto al I/2018, se observaron descensos del nivel medio semestral con respecto al nivel medio del II/2017. Tales descensos estuvieron entre 1-6 cm, lo que se encuentra en el rango histórico registrado. Los descensos se explican por la periodicidad de las series: en general, en todos los puntos se han observado descensos del nivel medio durante los primeros semestres y ascensos durante los segundos semestres. De este modo, se esperaría una recuperación de los niveles medios para el II/2018.

Figura 6-60: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.1.5 Nivel en pozos de bombeo de agua industrial

En la Figura 6-60 se pueden observar los descensos de nivel de los pozos de extracción de agua industrial ubicados en la zona aluvial del Sistema Aguas de Quelana. Estos pozos corresponden a Camar-2 y Socaire 5B, y tienen un caudal autorizado de 60 y 65 L/s respectivamente (para mayor detalle de las extracciones efectuadas ver sección 6.2.2.2).

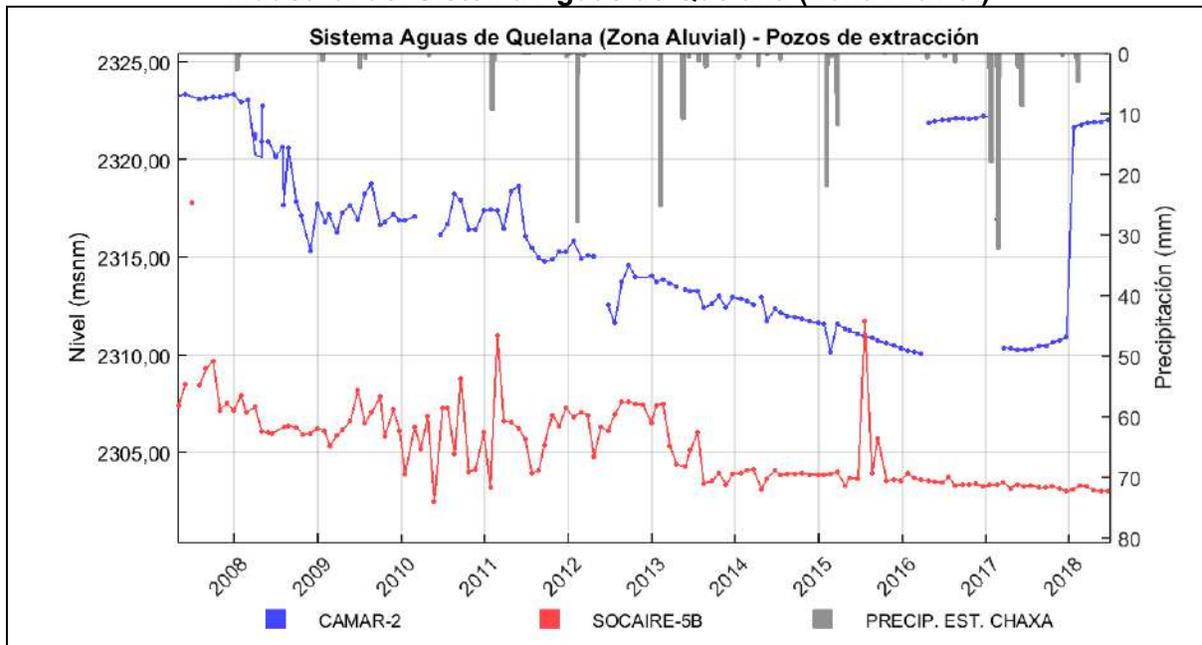
El pozo de extracción Camar-2, muestra una recuperación del nivel entre el año 2016-2017 y el I/2018, a consecuencia de la detención (temporal) de la explotación del pozo. Por su parte, el pozo Socaire-5B muestra una tendencia a la estabilización de sus niveles.

¹¹⁰ Un análisis de Fourier muestra para todos los puntos al período anual como el dominante.

Al I/2018, Socaire-5B presenta un descenso del nivel medio de 3,6 m comparado con el nivel medio del I/2008, mientras que Camar-2 muestra un incremento del nivel medio de 22 cm comparado con el nivel medio del I/2008.

Con respecto al periodo del presente informe, Camar-2 presentó un incremento de nivel de 11,26 m con respecto al nivel medio del II/2017 (incremento debido a la detención temporal de las extracciones¹¹¹); mientras que Socaire-5B registró un descenso de 6 cm del nivel medio comparado con el del II/2017.

Figura 6-61: Niveles dinámicos históricos de los pozos de extracción de agua industrial del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



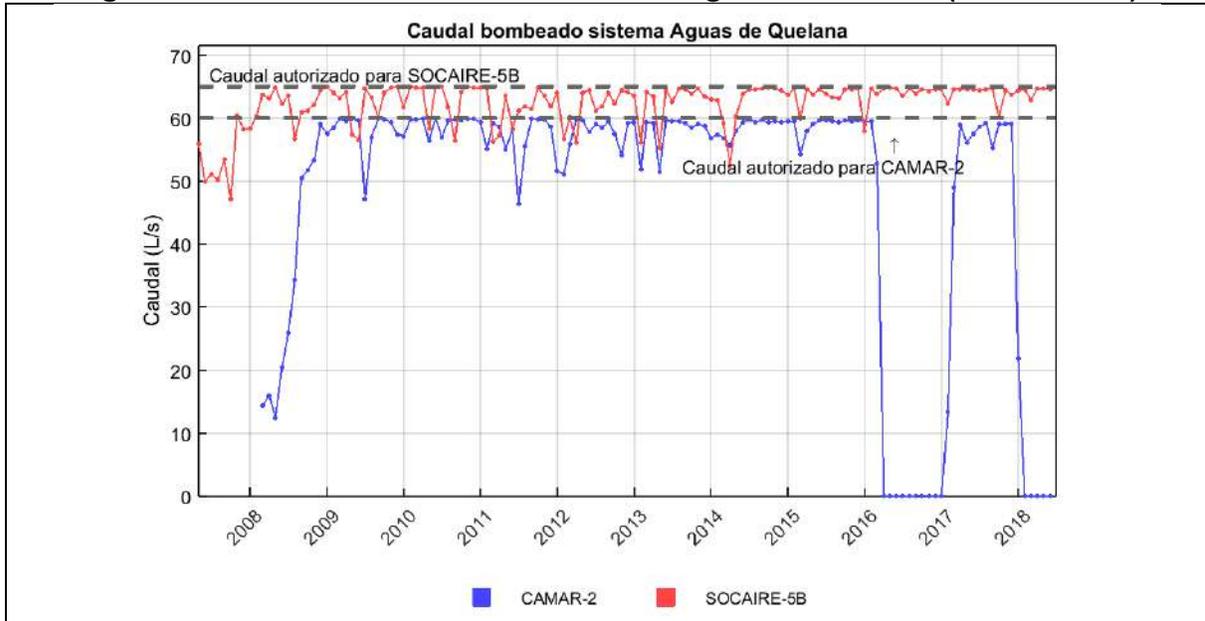
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.2 Caudal bombeado

En la Figura 6-62 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 respectivamente 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.

¹¹¹ Detención temporal comprometido en acción N°9 del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N°24/ROL F-041-2016 de fecha 07 de enero de 2019.

Figura 6-62: Caudal Bombeado del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado entre enero y junio de 2018 en el agua superficial y subterránea del Sistema Aguas de Quelana, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en el Capítulo 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.

En general, la gran mayoría de los parámetros medidos el año 2018 en este sistema se encuentran dentro del rango histórico y no presentan tendencias temporales.

6.2.2.3.1 Calidad del agua en pozos y reglillas de monitoreo

Los registros históricos de calidad del agua en los pozos y reglillas de monitoreo del sistema Aguas de Quelana se presentan en la Figura 6-63, Figura 6-64, Figura 6-65, Figura 6-66, Figura 6-67, Figura 6-68 y Figura 6-69 (L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3 y Reglilla L4-10, respectivamente)¹¹².

En la mayoría de los pozos de monitoreo las mediciones realizadas el año 2018 se encuentran dentro de lo esperado, presentándose en el rango registrado históricamente en ellos. Sólo hay tres excepciones puntuales: la concentración de ST medida en enero en el pozo L5-3 y la CE registrada en enero y abril en el pozo L4-3. La concentración de ST en el pozo L5-3 se encuentra un 18% sobre el máximo registrado anteriormente, pero, dado que no hay tendencias temporales en este parámetro y el resto de ellos se encuentra dentro del rango histórico, es probable que corresponda a una fluctuación natural del sistema. Por otra parte, las mediciones de CE realizadas en el pozo L4-3 se encuentran entre 1% y 3% por debajo de

¹¹² En el informe N°5 del PSAH se detectaron algunos errores en las mediciones de la conductividad eléctrica y sólidos disueltos de las muestras de aguas subterráneas reportadas por el Laboratorio ALS Environmental con anterioridad a julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental.

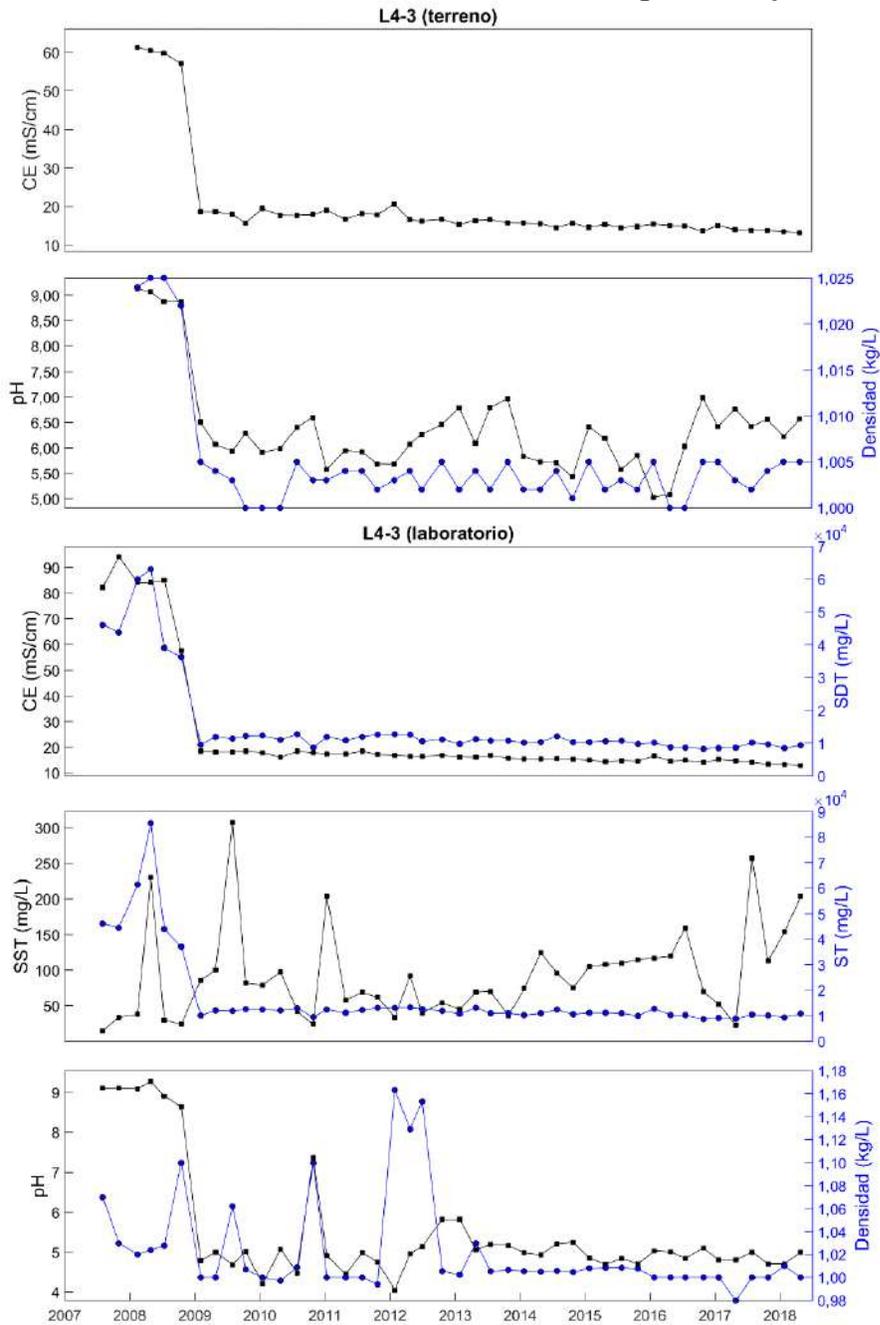
los valores mínimos registrados, situación que podría relacionarse con el incremento de nivel observados en dicho punto de control a partir del año 2014.

Respecto a la Reglilla L4-10, la mayoría de los parámetros medidos el año 2018 se encuentran dentro del rango de registro. Las excepciones corresponden a mediciones realizadas en enero y son las siguientes: alcalinidad bicarbonato (13% sobre el máximo), K (11%) y SDT (25%), situación que se revierte en la medición de abril en todos los casos. En general, los parámetros que exceden los máximos siempre han presentado valores elevados en verano, y no presentan tendencias temporales, por lo que lo observado podría corresponder a una fluctuación natural del sistema.

En cuanto al comportamiento histórico general de este sistema, tanto los pozos de monitoreo de agua subterránea como la Reglilla L4-10 presentan valores de pH de neutro a alcalino (entre 7,2 y 8,1 promedio) a excepción del pozo L4-3 que presenta un pH promedio de 6,1. Los pozos L4-6, L4-12, la Reglilla L4-10, y los pozos L4-9 y L4-8 presentan altos valores de CE, los cuales decrecen a medida que se avanza desde el núcleo hacia la zona marginal, de acuerdo a lo esperado (231, 161, 115, 111 y 87,2 mS/cm, respectivamente). Cabe notar que el agua superficial en la Reglilla L4-10 presenta características muy similares a las del pozo de agua subterránea más cercano (L4-9). Por su parte, el pozo L4-3, ubicado en la zona aluvial, presenta un valor comparativamente menor de CE, como es de esperar (promedio del periodo 2009-2018: 16,2 mS/cm).

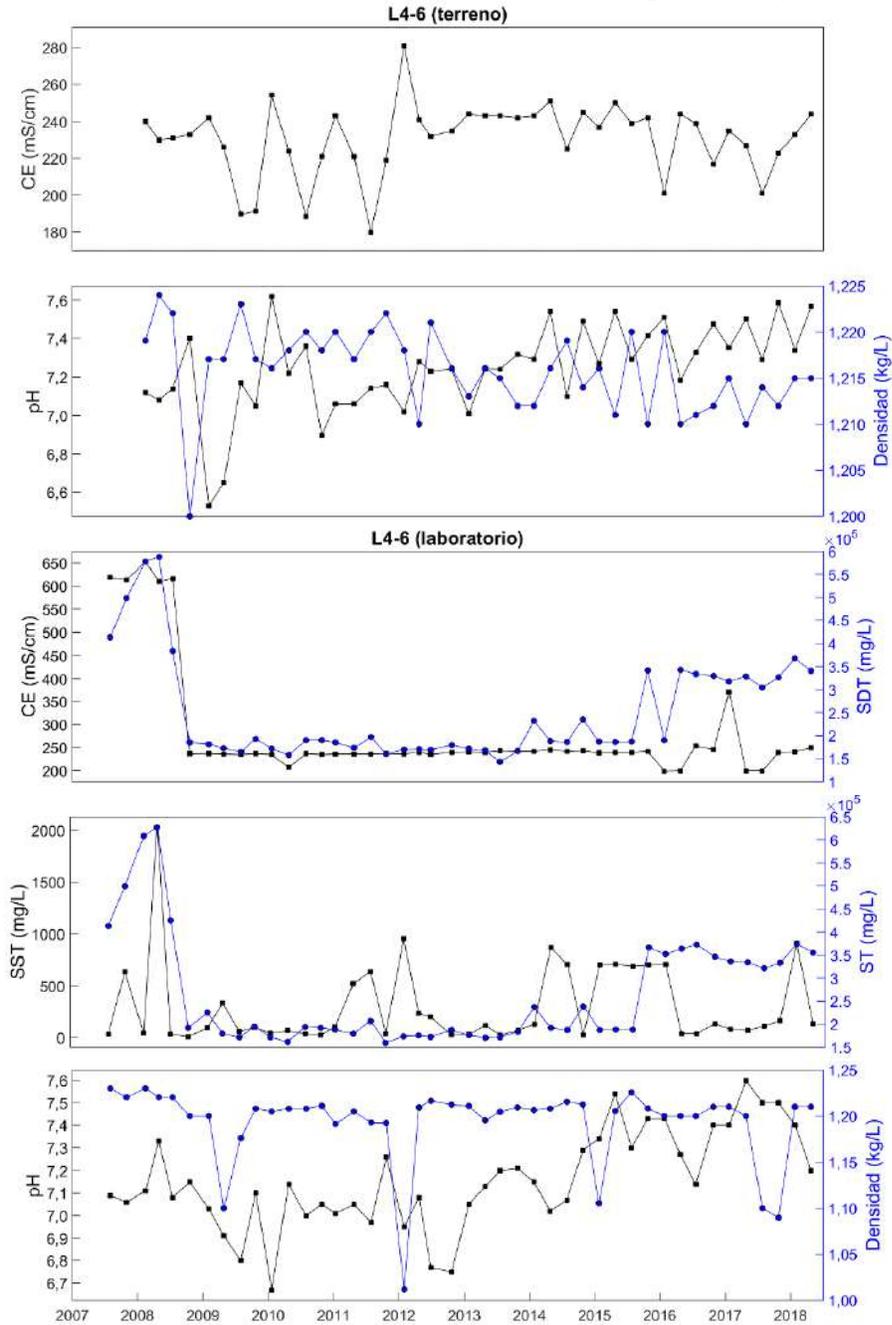
En relación a la evolución temporal, en la mayoría de los pozos de monitoreo así como en la Reglilla L4-10, no se observan tendencias evidentes al alza o a la baja en los parámetros monitoreados, con oscilaciones que responderían a variaciones naturales del sistema, como la dinámica de los afloramiento difusos existentes en el sector.

Figura 6-63: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3



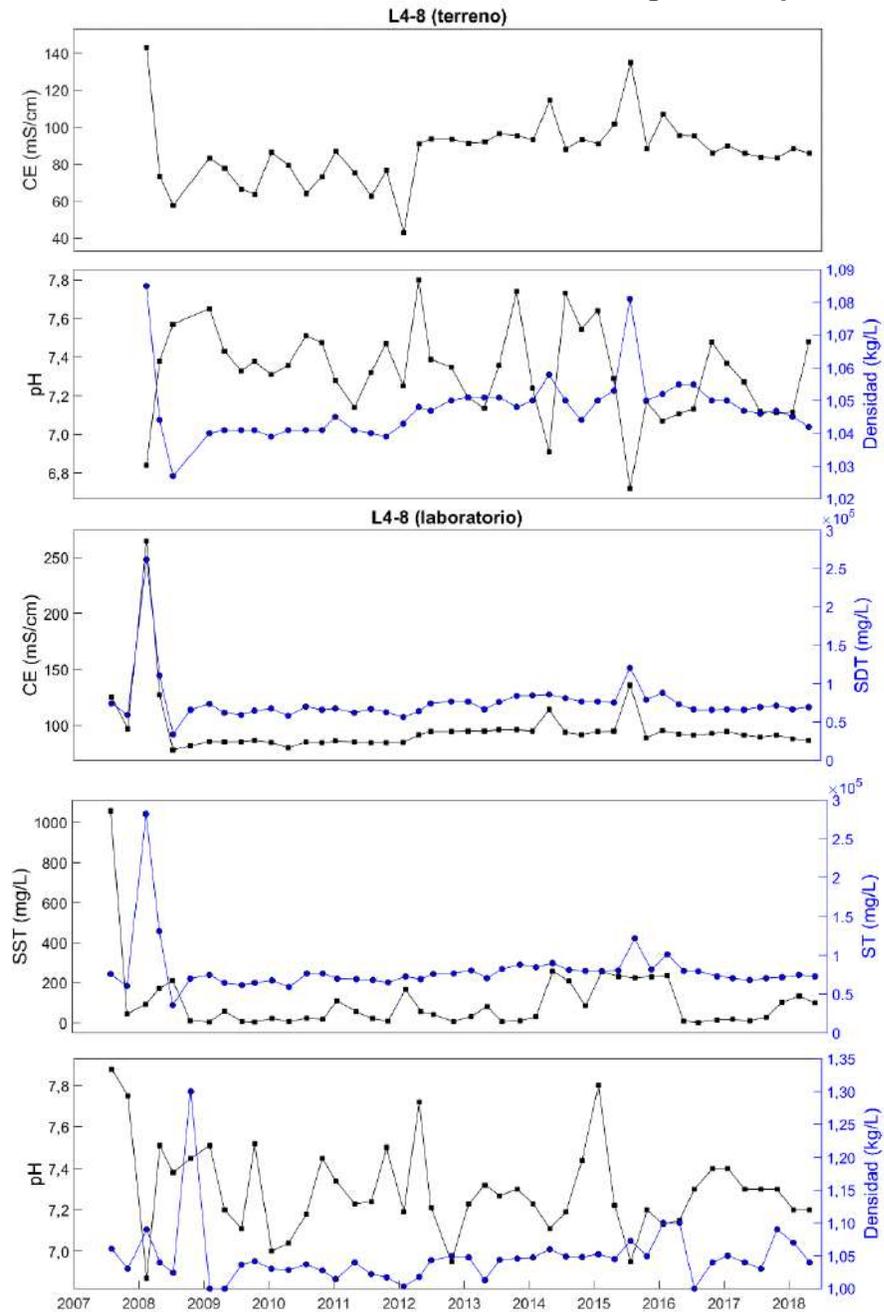
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-64: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6



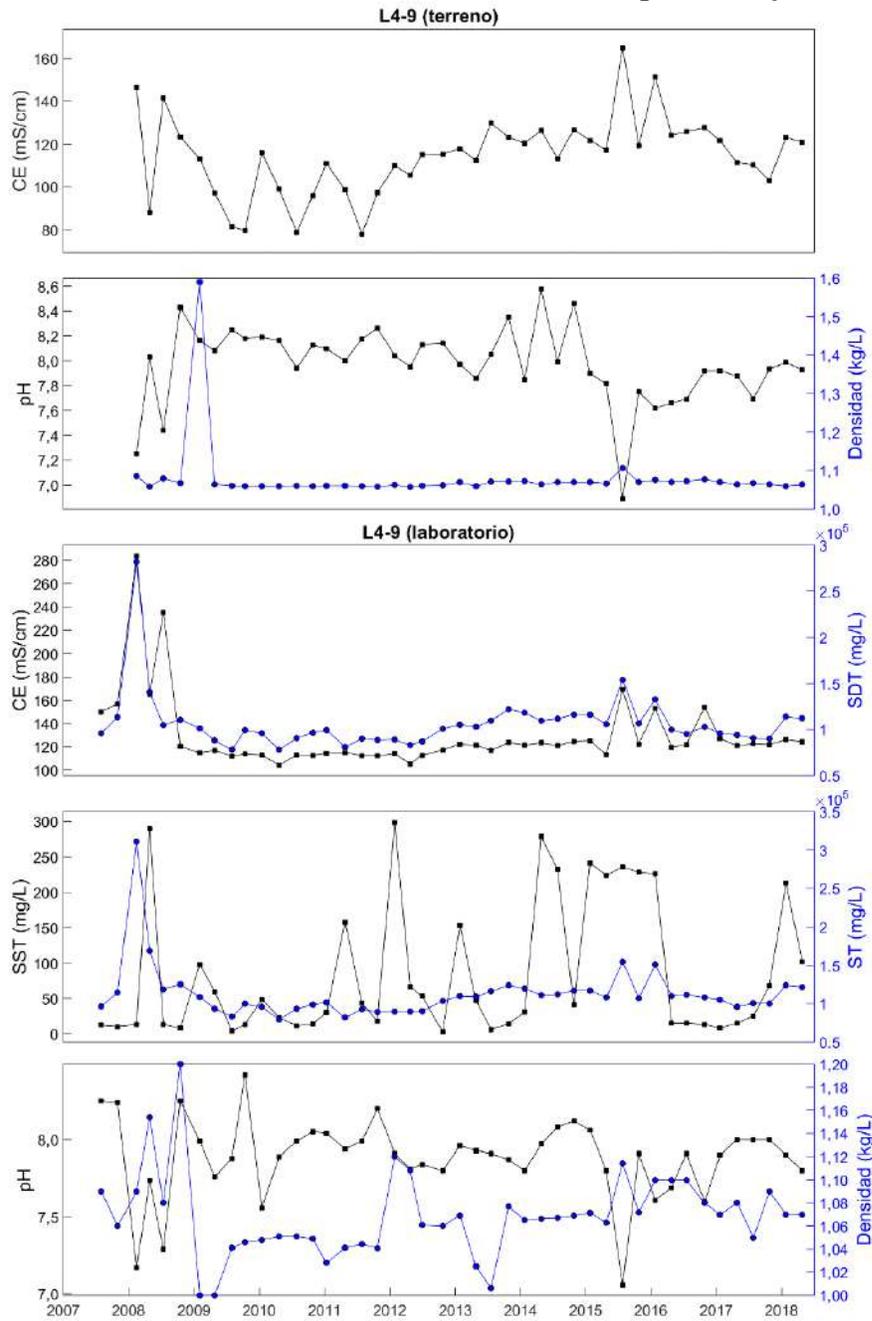
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-65: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8



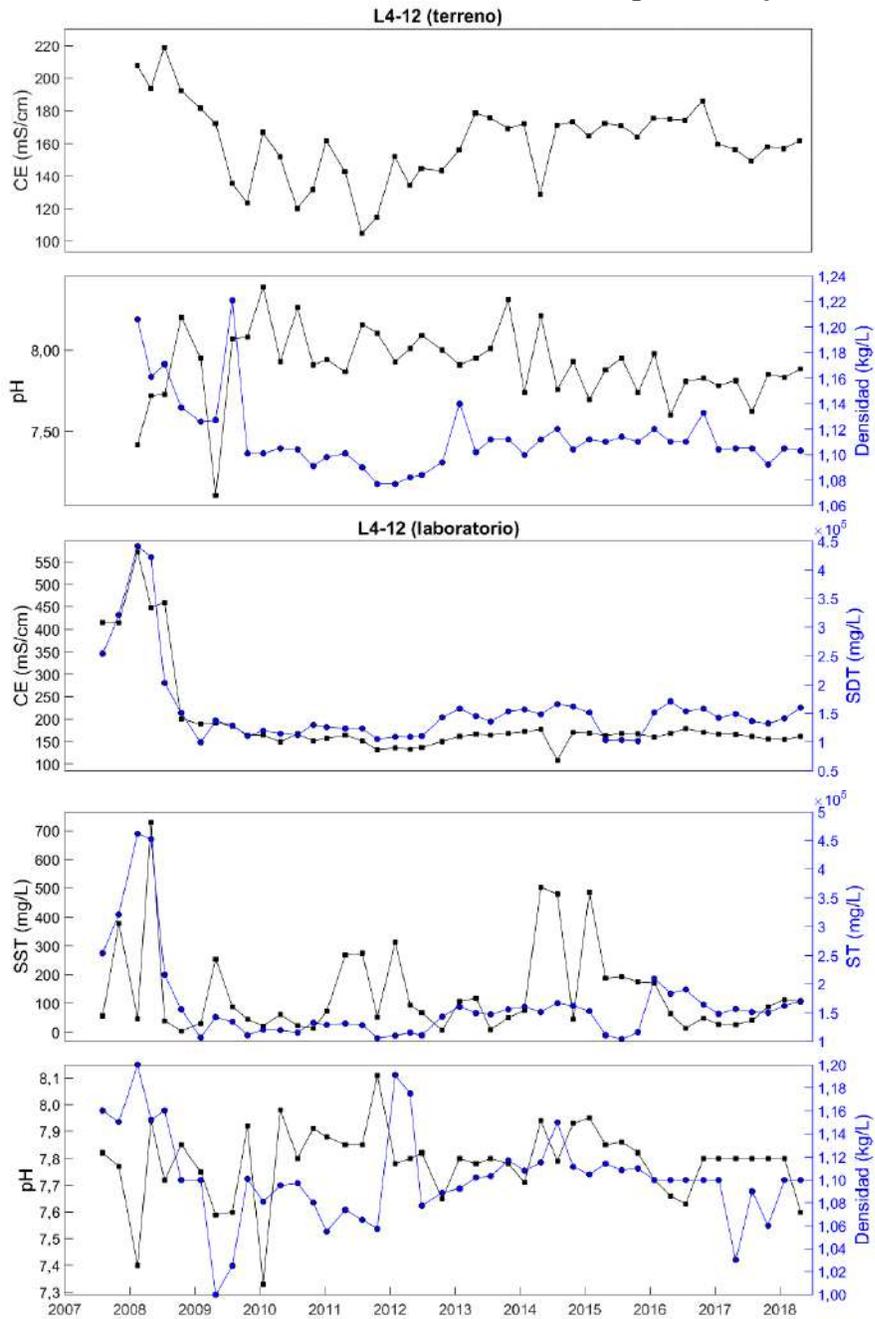
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-66: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9



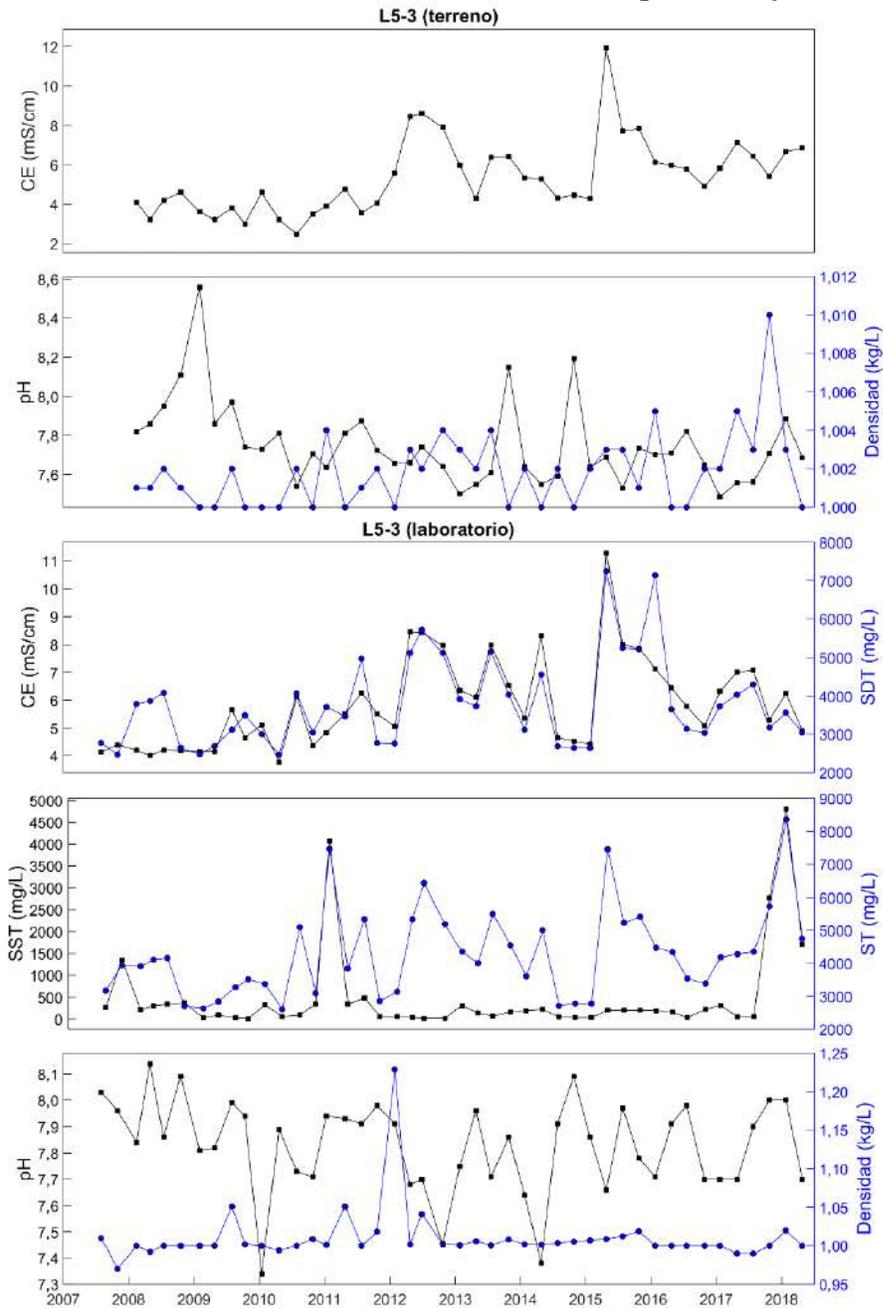
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-67: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12



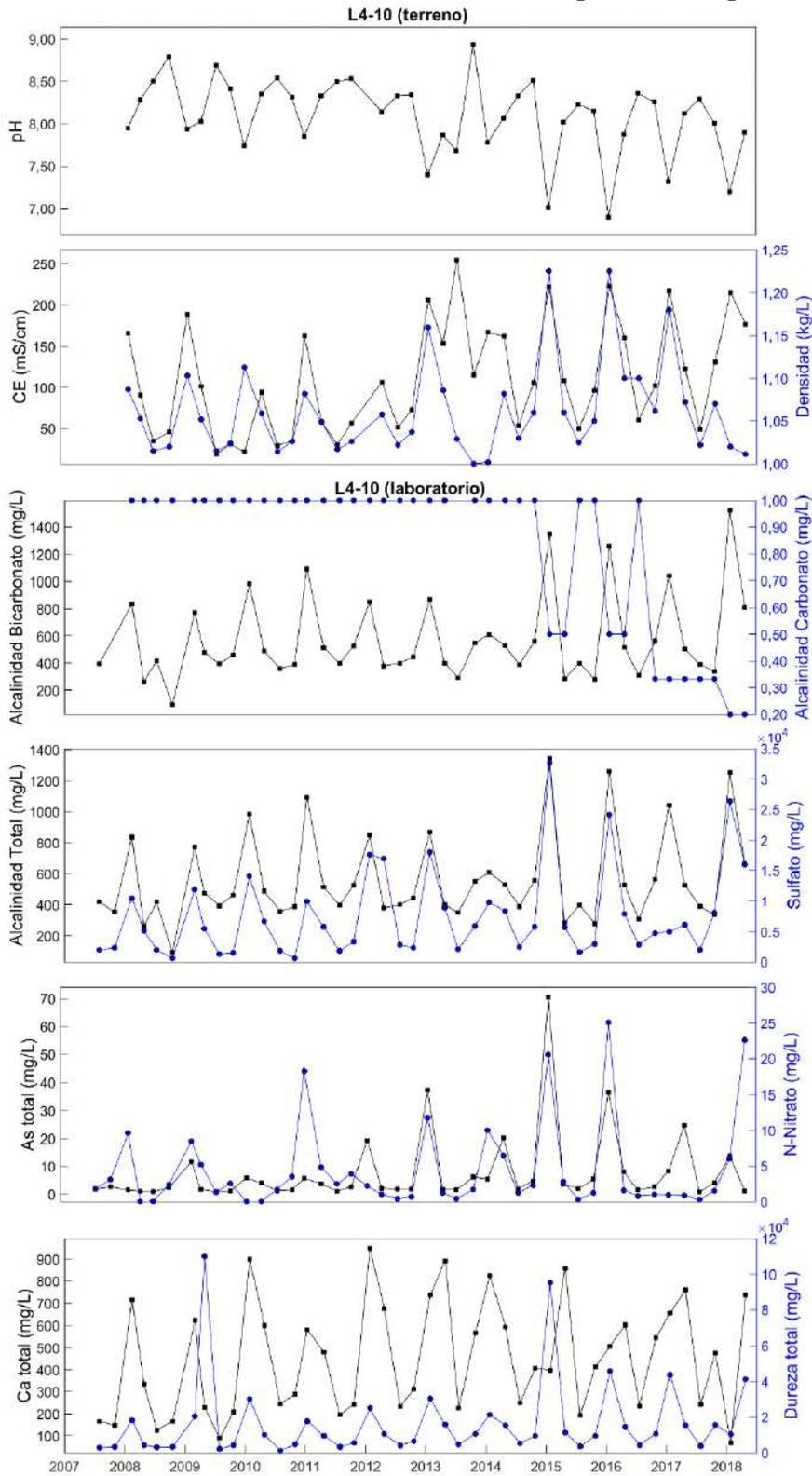
Fuente: Elaboración propia.

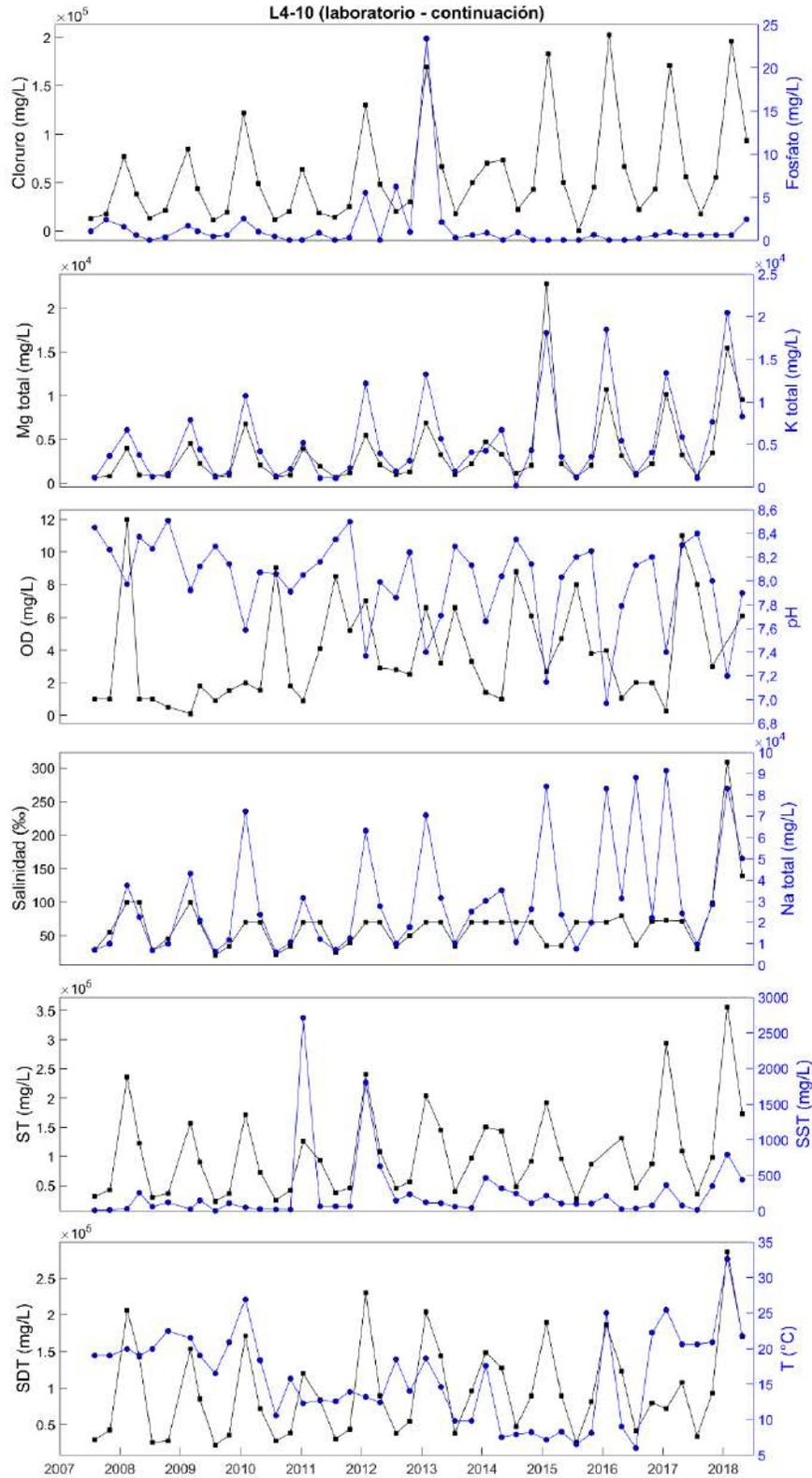
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10





Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, no se presenta la alcalinidad de carbonato registrada en agosto de 2007 y julio de 2013 (22 y 60 mg/L), tampoco se presenta la concentración de ST registrada en enero de 2016 (449,8 g/L). Los valores < LD y > LM (salinidad), se presentan como = LD.

6.2.2.3.2 Calidad del agua en pozos de agua industrial

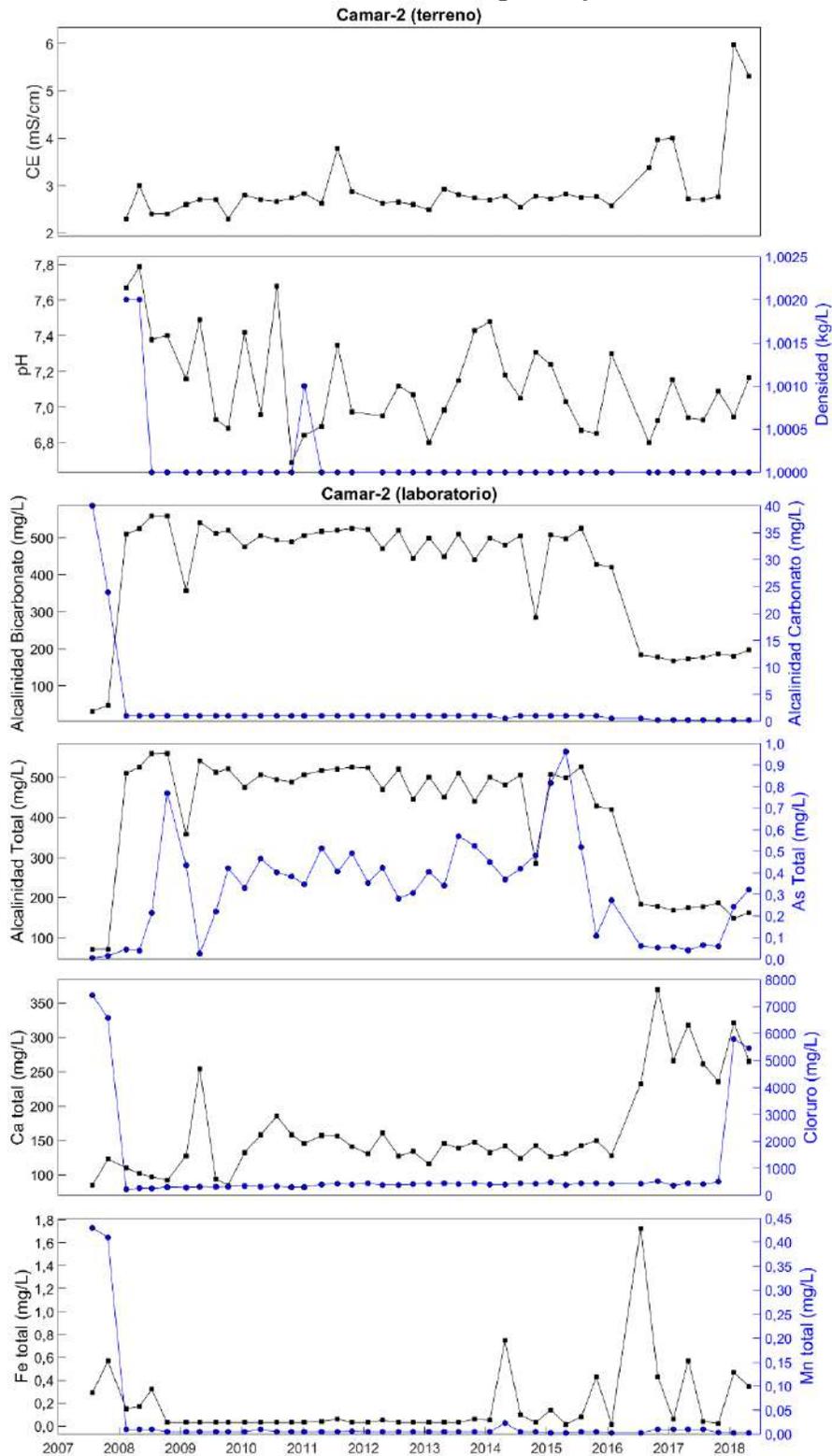
La evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B se presenta en la Figura 6-70 y la Figura 6-71, respectivamente.

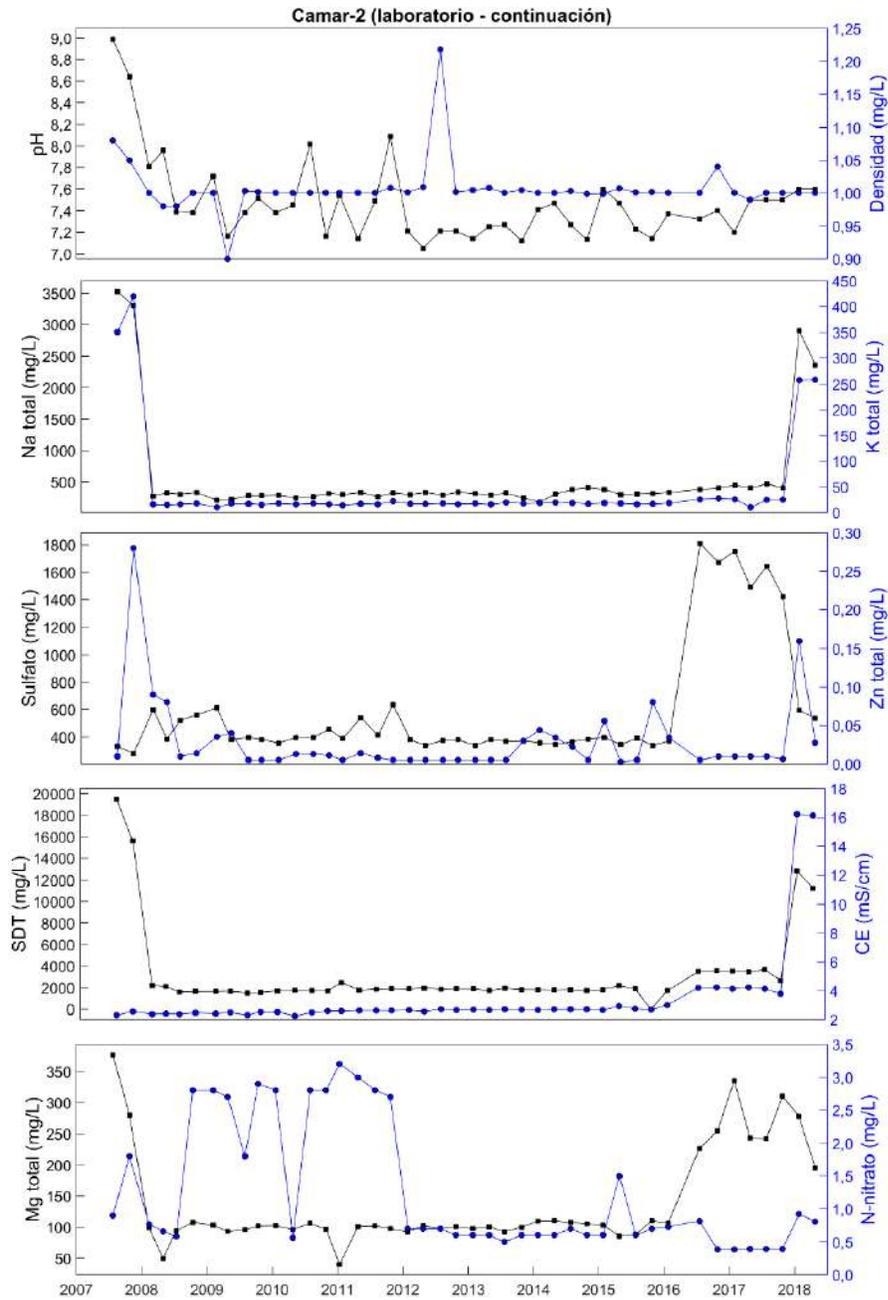
En la Figura 6-70 puede observarse que las mediciones realizadas en Camar-2 el año 2018 se encuentran, en su mayoría, dentro del rango histórico. Sólo la CE, tanto en la medición realizada en enero como en abril, excede el máximo histórico. Cabe notar que la concentración de SDT y la de la mayoría de los cationes y aniones (cloruro, Ca, Na, K y Mg) se encuentran cercanos a los máximos observados. A pesar de esto, no se distinguen tendencias sostenidas a largo plazo en estos parámetros, por lo que lo observado puede deberse a una respuesta motivada por la detención temporal del pozo efectuada a partir del mes de enero de 2018 (la cual se ha mantenido desde entonces). Por otra parte, ningún parámetro evidencia una tendencia temporal sostenida en el largo plazo en este pozo. De todas formas, se observa que la alcalinidad total y de bicarbonato presentaron una baja el año 2016 manteniéndose en dichas concentraciones desde entonces. Lo mismo ocurre con la concentración de Ca y Mg, experimentándose un aumento ese mismo año y se ha mantenido en los niveles alcanzados.

En la Figura 6-71 se observa que las mediciones realizadas en el periodo enero-junio de 2018 en el pozo Socaire-5B se encontraron en su totalidad dentro del rango histórico. Además, no se observan tendencias temporales en ningún parámetro monitoreado (sólo una leve tendencia a la baja en la CE), presentando la mayoría de ellos un comportamiento oscilante.

En cuanto al comportamiento histórico general, tanto Camar-2 como Socaire-5B presentan un pH neutro (promedio 7,1 y 7, respectivamente), y una CE y concentración de SDT similares (promedio de 2,9 y 3,1 mS/cm y de 3,2 y 2,1 g SDT/L, respectivamente) y menores a las observadas en los pozos y reglillas de la zona marginal y núcleo de este sistema, en concordancia con su disposición en la zona aluvial.

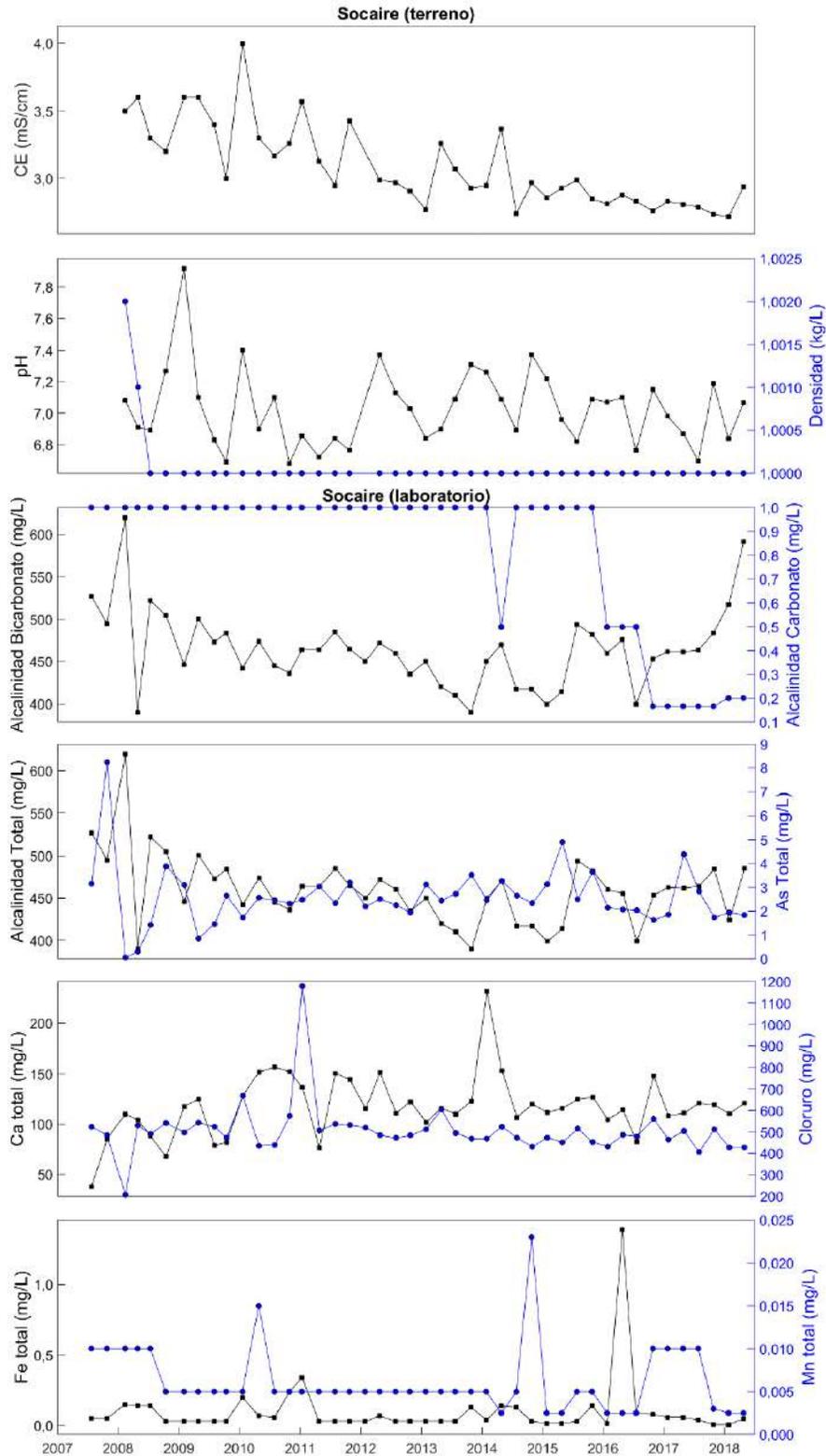
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Camar-2

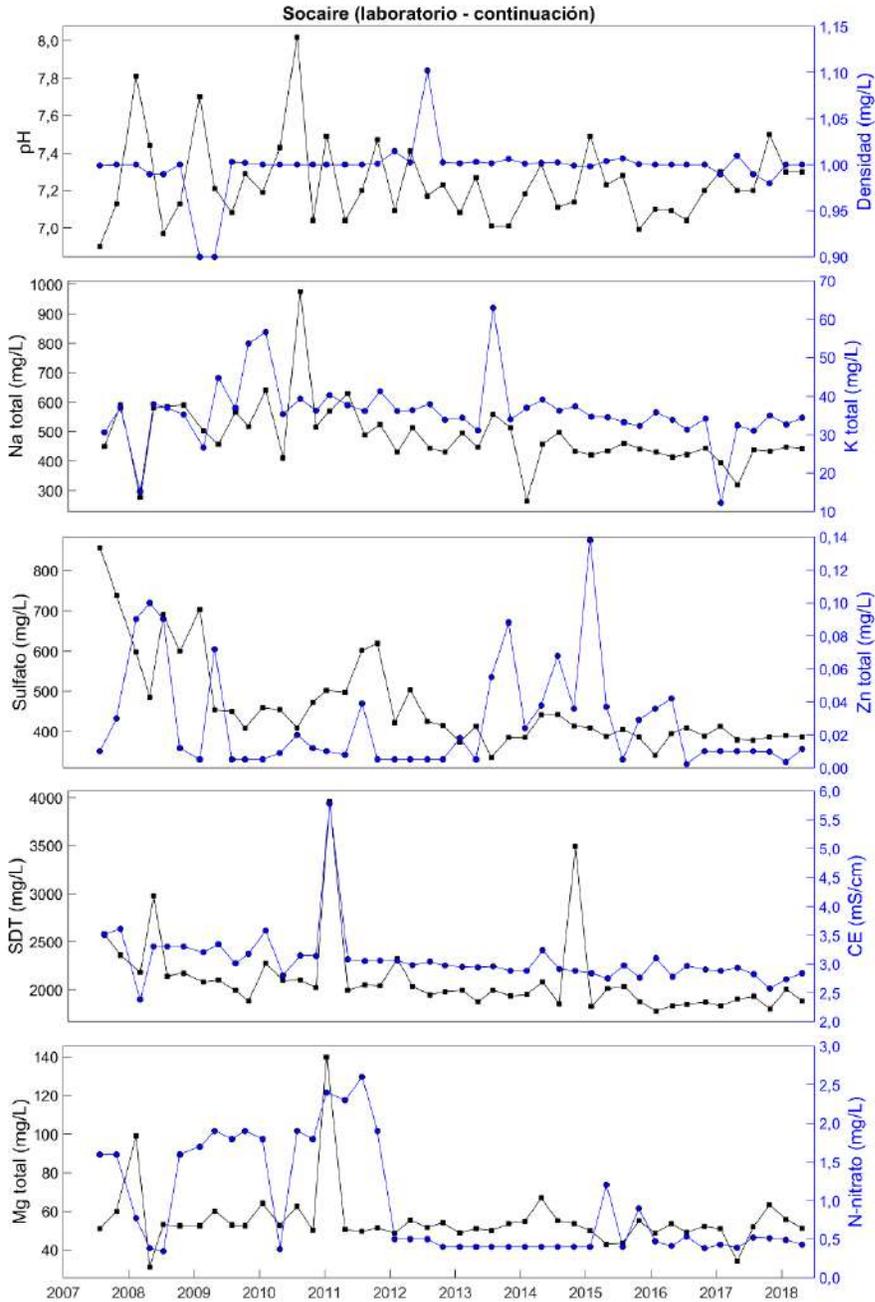




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD.

Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B





Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD.

6.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

A continuación se analiza el comportamiento de los niveles pertenecientes al Sistema Borde Este. Cabe señalar que los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 son analizados en el Sistema Soncor, mientras que los pozos L4-3, L3-3, L3-5 y la reglilla L4-10 son analizados en el Sistema Aguas de Quelana, por lo que no se incluyen en la presente sección.

6.2.3.1 Niveles de agua subterránea

6.2.3.1.1 Pozos en zona aluvial

Los pozos de la zona aluvial del Sistema Borde Este se analizarán separadamente en función de su cercanía al punto de extracción de agua industrial del proyecto.

Los pozos aledaños al pozo de bombeo P2 y su posterior reemplazo CA-2015 se denominan L9-1 y L9-2. Históricamente estos pozos han presentado oscilaciones estacionales¹¹³, teniendo ambos un comportamiento muy similar (Figura 6-72). Tal similitud se explicaría por su cercanía, dado que la distancia entre ambos es menor a 400 metros. Si bien desde el I/2008 al I/2018 se ha registrado un descenso acumulado del nivel medio semestral de 8 y 7 cm para L9-1 y L9-2 respectivamente, este descenso es producto de la oscilación anual, no significando un descenso sostenido en el tiempo. Tal descenso puede ser explicado en gran medida por el descenso del nivel medio semestral ocurrido durante el I/2018 (con respecto al II/2017), el que fue de 5 y 7 cm para L9-1 y L9-2 respectivamente. Cabe señalar que el pozo P2 comenzó su extracción en forma previa al 2007, por lo que posiblemente los niveles subterráneos en los pozos cercanos ya se encontraban estabilizados al inicio del periodo de monitoreo del presente proyecto.

Por su parte, los puntos de control que no se encuentran aledaños al pozo de bombeo CA-2015 son L2-26, L3-16, L7-13 y L7-15, los que han mostrado, de acuerdo a lo esperado tendencias al descenso. De estos, los pozos L3-16 y L7-15 han descendido a una tasa de ~12,3 cm/año, mientras que los pozos L2-26 y L7-13 lo han hecho a una tasa menor, de 5,2 cm/año¹¹⁴. Las mayores tasas de descenso en L7-15 y L3-16 se deben a su proximidad con los pozos de bombeo industrial Mully-1 y Camar-2 respectivamente.

Al observar los pozos más cercanos a las extracciones, se tiene que el nivel de L7-15, luego de los descensos observados al inicio del periodo de registro, ha iniciado un periodo de estabilización. Así, al I/2018 el nivel se presenta en fase de estabilización¹¹⁵. En cuanto al pozo L3-16, éste también ha mostrado un descenso convergiendo a la estabilización. Desde el 2016 en adelante ha mostrado fases temporales de ascenso, las que responderían a detenciones en las extracciones en Camar-2 durante abril/2016 a enero/2017 y enero/2018 a junio/2018¹¹⁶. Por esta razón también, en el pozo L3-16 se ha observado un ascenso del nivel medio semestral de 41 cm con respecto al nivel medio semestral del II/2017. El nivel de los pozos en este sector no se ven influenciados ni por variaciones estacionales¹¹⁷ ni por

¹¹³ Un análisis de Fourier muestra en ambos un período dominante aproximadamente de un año.

¹¹⁴ Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

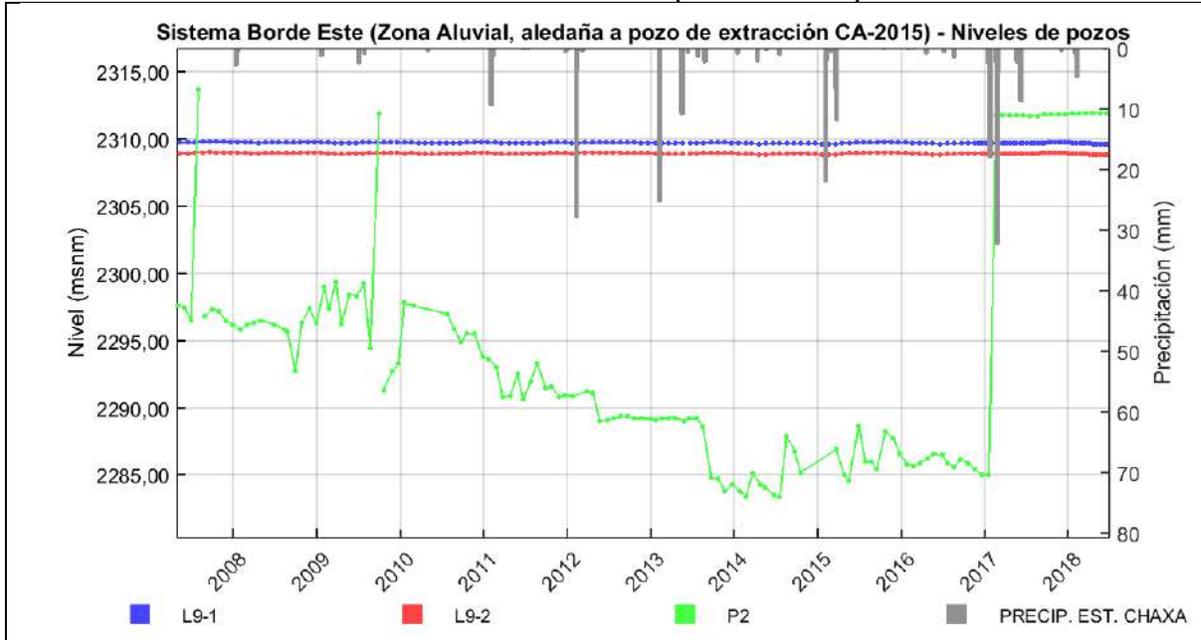
¹¹⁵ Si bien se ha indicado que la tasa de descenso para el pozo L7-15 es de 12 cm/año, esta tasa corresponde a la pendiente de una recta obtenida por regresión lineal sobre los niveles desde el I/2008. Así, una regresión lineal no permite observar variaciones anuales de la tasa de descenso. Al observar en detalle las variaciones del descenso de manera semestral, se tiene que la tasa de descenso ha tenido los siguientes valores desde el I/2010 al I/2018: 31,1 cm/año, 29,1 cm/año, 16,5 cm/año, 5,3 cm/año, 7,9 cm/año, 14,5 cm/año, 0,3 cm/año, 10,9 cm/año, 9,3 cm/año, 11,6 cm/año, 12,9 cm/año, 1,7 cm/año, 9,9 cm/año, 7,3 cm/año, 8,3 cm/año, 8,6 cm/año y 0,3 cm/año.

¹¹⁶ Las extracciones en estos meses fueron nulas, excepto en septiembre de 2016, octubre de 2016, enero de 2017 y abril de 2018. En estos meses la extracción fue baja, con caudales medios mensuales de 0,09, 0,13, 0,05 y 0,04 L/s respectivamente.

¹¹⁷ El período anual no se muestra como dominante para ningún pozo según un análisis de Fourier.

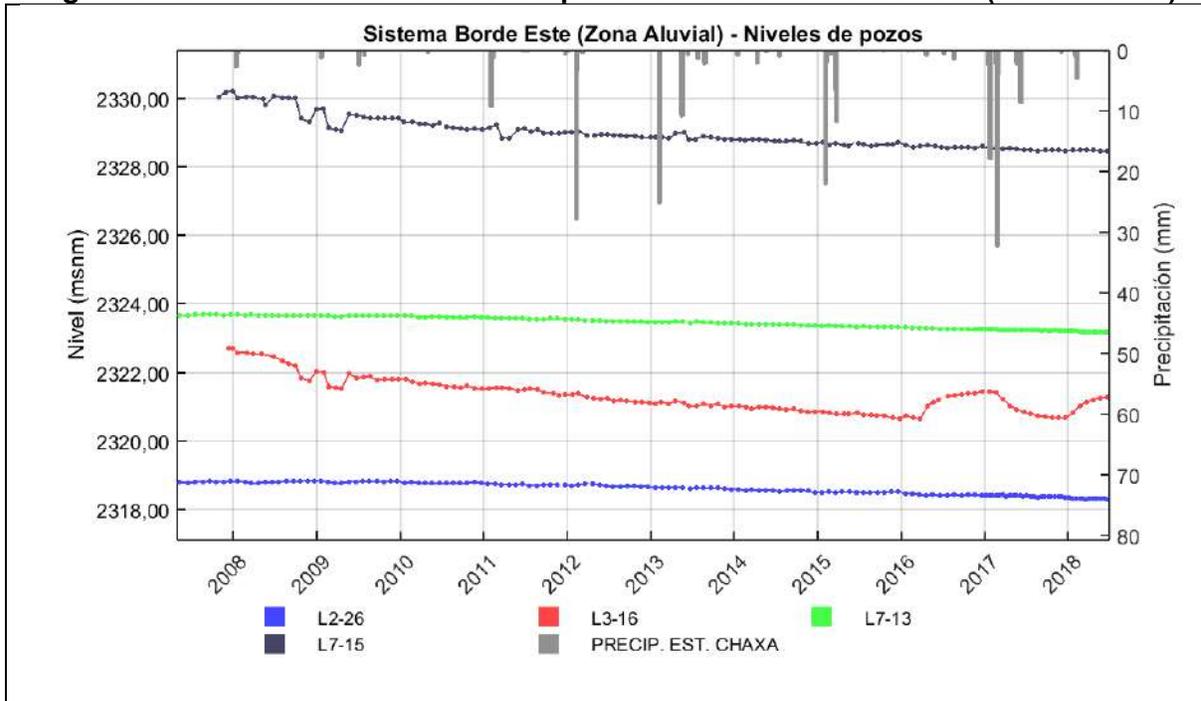
precipitaciones. Los coeficientes de correlación entre los descensos semestrales y las precipitaciones semestrales en estación Chaxa son despreciables ($r = -0,04$ a $0,17$).

Figura 6-72: Niveles históricos de los pozos del Sistema Bordo Este aledaño al pozo de extracción CA-2015 (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-73: Niveles históricos de los pozos del Sistema Bordo Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Como análisis consolidado, los pozos cercanos a las extracciones desde Mullay-1 y Camar-2 responden a la dinámica de bombeo. Por el contrario, los pozos cercanos a CA-2015 muestran bajas tendencias al descenso, encontrándose en estabilización.

6.2.3.1.2 Pozos en zona marginal

Dentro de la zona marginal, se consideran los pozos L1-17, L2-25, L2-27, L2-28, L3-15, L4-17 y L7-14.

Históricamente el comportamiento de estos pozos se encuentra marcado por dos componentes: una componente oscilatoria y otra descendente (Figura 6-74). Cada una de estas componentes se evidencia en mayor o menor grado dependiendo del pozo. Los pozos cuya componente principal es la oscilatoria, es decir, que sus niveles se explican principalmente por variables de oscilación anual (e.g. evaporación ya sea como efecto directo o indirecto¹¹⁸), son los pozos L1-17 y L2-27¹¹⁹.

En cuanto al comportamiento de largo plazo, los tres pozos de mayor tasa de descenso son L3-15, L2-28 y L4-17, con valores de 7,2, 5,8 y 1,9 cm/año¹²⁰ respectivamente, mientras que el pozo L2-25 se presenta estable. Estos pozos son los más cercanos a la zona de extracción de agua industrial (principalmente a Camar-2 y a Socaire-5B). Así, los descensos en el área podrían relacionarse a dichas extracciones.

Con respecto al I/2018, se registraron descensos del nivel medio semestral comparado con el nivel medio del II/2017. Este comportamiento está dentro de lo esperado, puesto que generalmente se han observado descensos del nivel medio durante los primeros semestres y ascensos durante los segundos semestres.

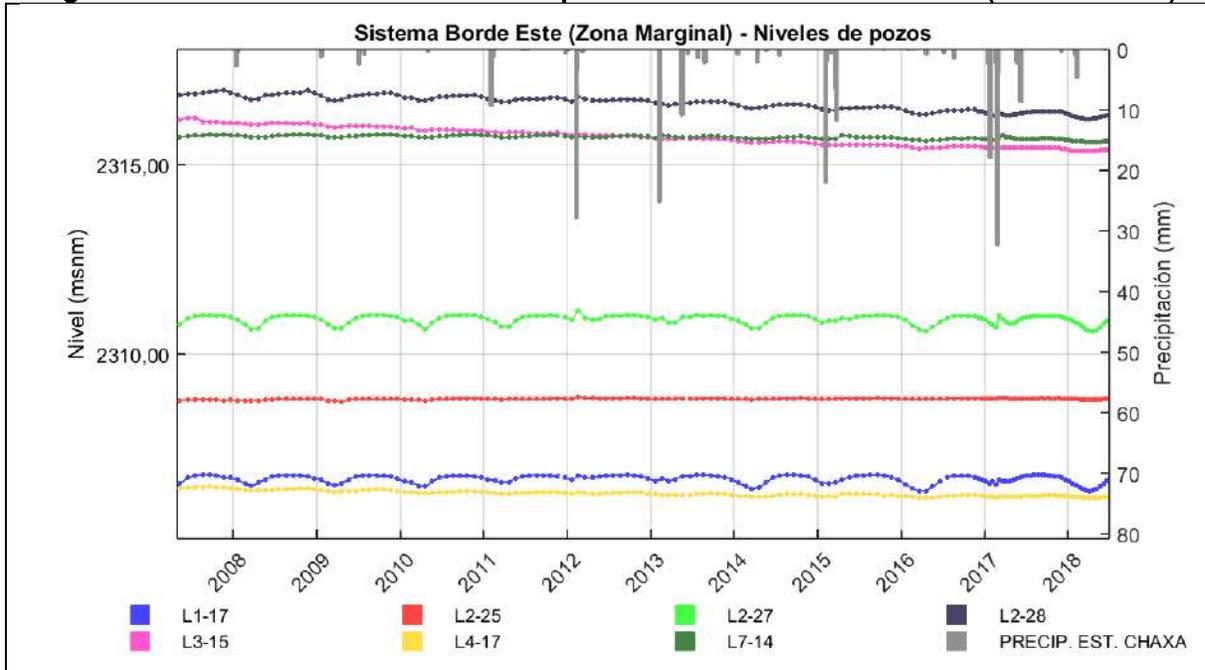
A modo de conclusión, en general se tiene que los pozos de la zona presentan tanto oscilaciones estacionales como descensos debido a las extracciones de agua industrial.

¹¹⁸ El efecto de la evaporación puede evidenciarse directamente en el nivel de los flujos subterráneos en aquellos sectores que presentan niveles más someros, o como un efecto indirecto del descenso ocurrido en dichos sectores someros, en aquellos casos en que los niveles se encuentran a mayor profundidad

¹¹⁹ Un análisis de Fourier muestra que los pozos L1-17 y L2-27 son los únicos que presentan un período anual como período principal. En general, el resto de los pozos también muestra al período anual como parte importante de su espectro de frecuencias, aunque con una relevancia secundaria.

¹²⁰ Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

Figura 6-74: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial)



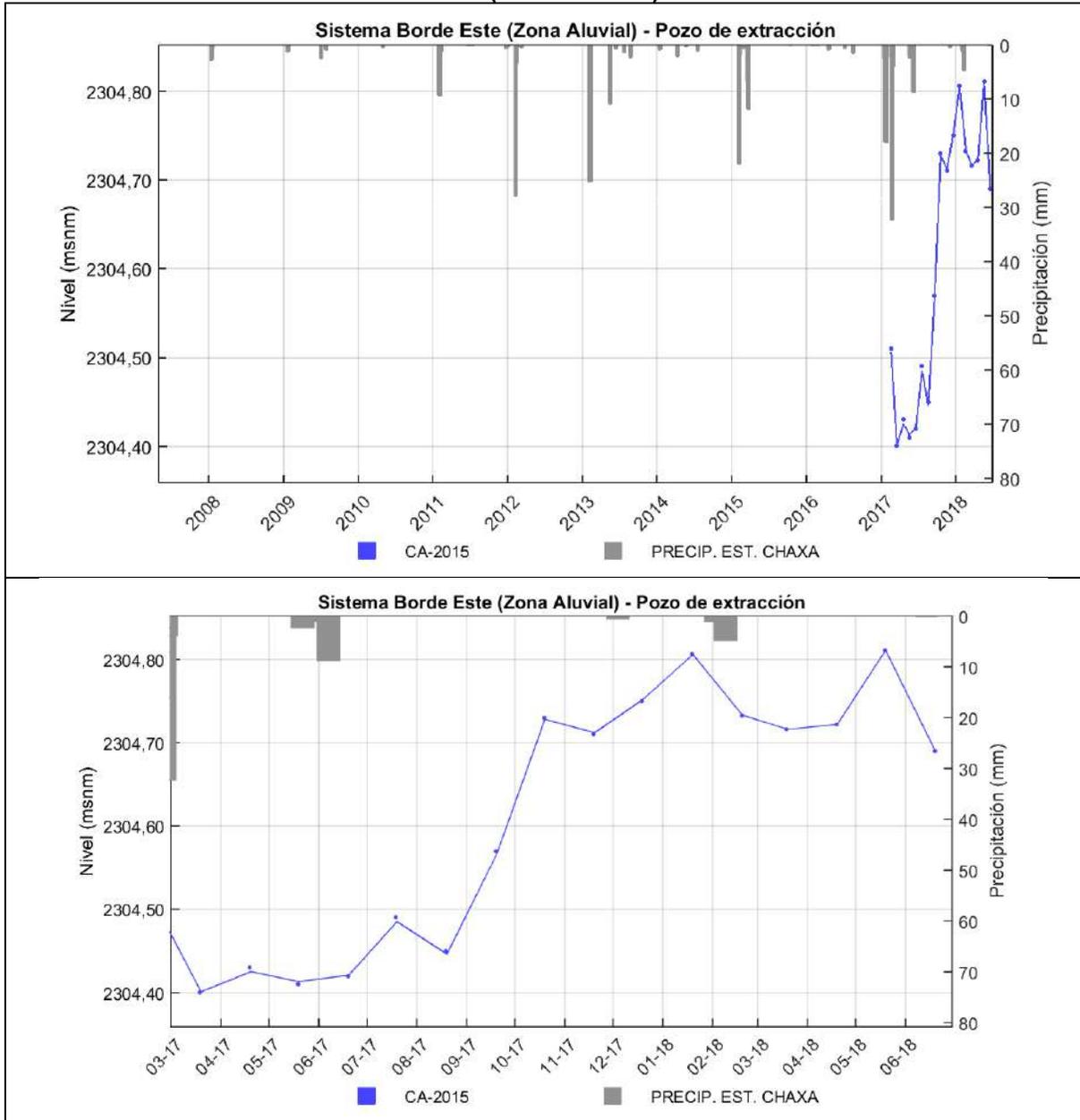
Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.1.3 Nivel en pozo de bombeo de agua industrial

El sistema vegetación Borde Este tiene un pozo de agua industrial actualmente denominado CA-2015. Cabe señalar que, a partir de febrero de 2017, el pozo de agua industrial P2 fue reemplazado por el CA-2015, según Res. 296/2016 de la DGA, el cual ha bombeado caudales bajo los 35 L/s.

En la Figura 6-75 se puede observar el nivel de los pozos P2 y CA-2015. El pozo P2 muestra una recuperación de los niveles luego de su reemplazo por CA-2015. Con respecto al periodo del presente informe, CA-2015 registra un aumento de nivel medio de 13 cm con respecto al nivel medio del II/2017.

Figura 6-75: Niveles dinámicos históricos de los pozos de extracción Sistema Borde Este (Zona Aluvial)

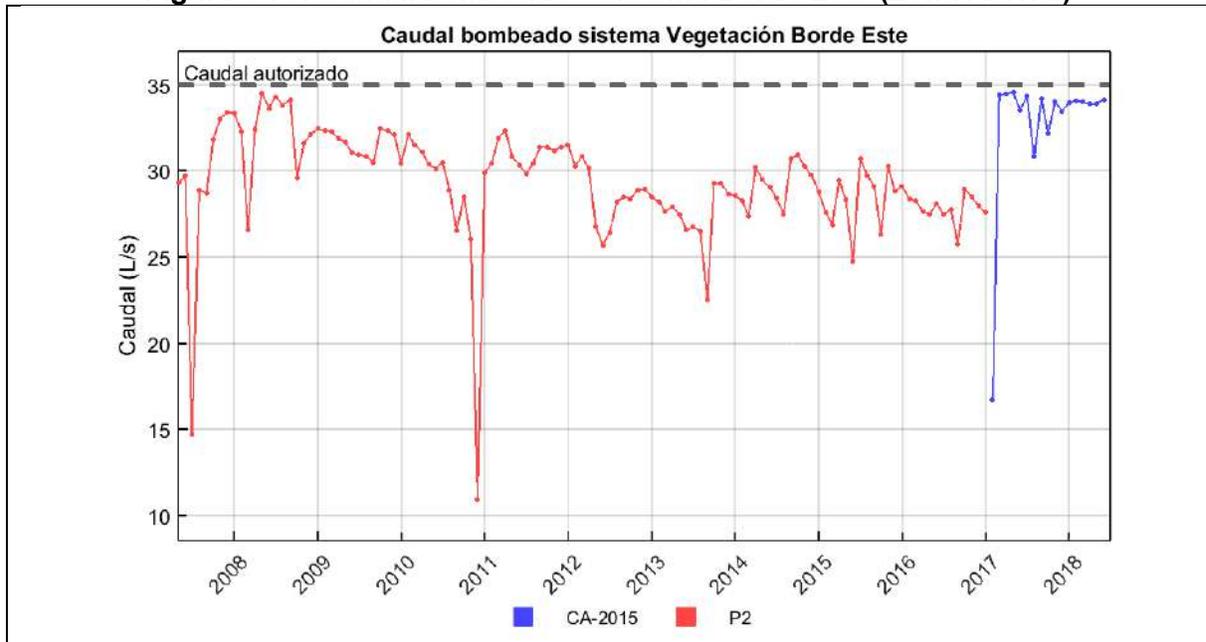


Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.2 Caudal Bombeado

En la Figura 6-76 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. Los caudales bombeados durante el I/2018 son cercanos a los bombeados durante el semestre anterior (menores a 35 L/s).

Figura 6-76: Caudal bombeado - Sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.3 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado entre enero y junio de 2018 en el agua subterránea del Sistema Vegetación Borde Este, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en el Capítulo 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.

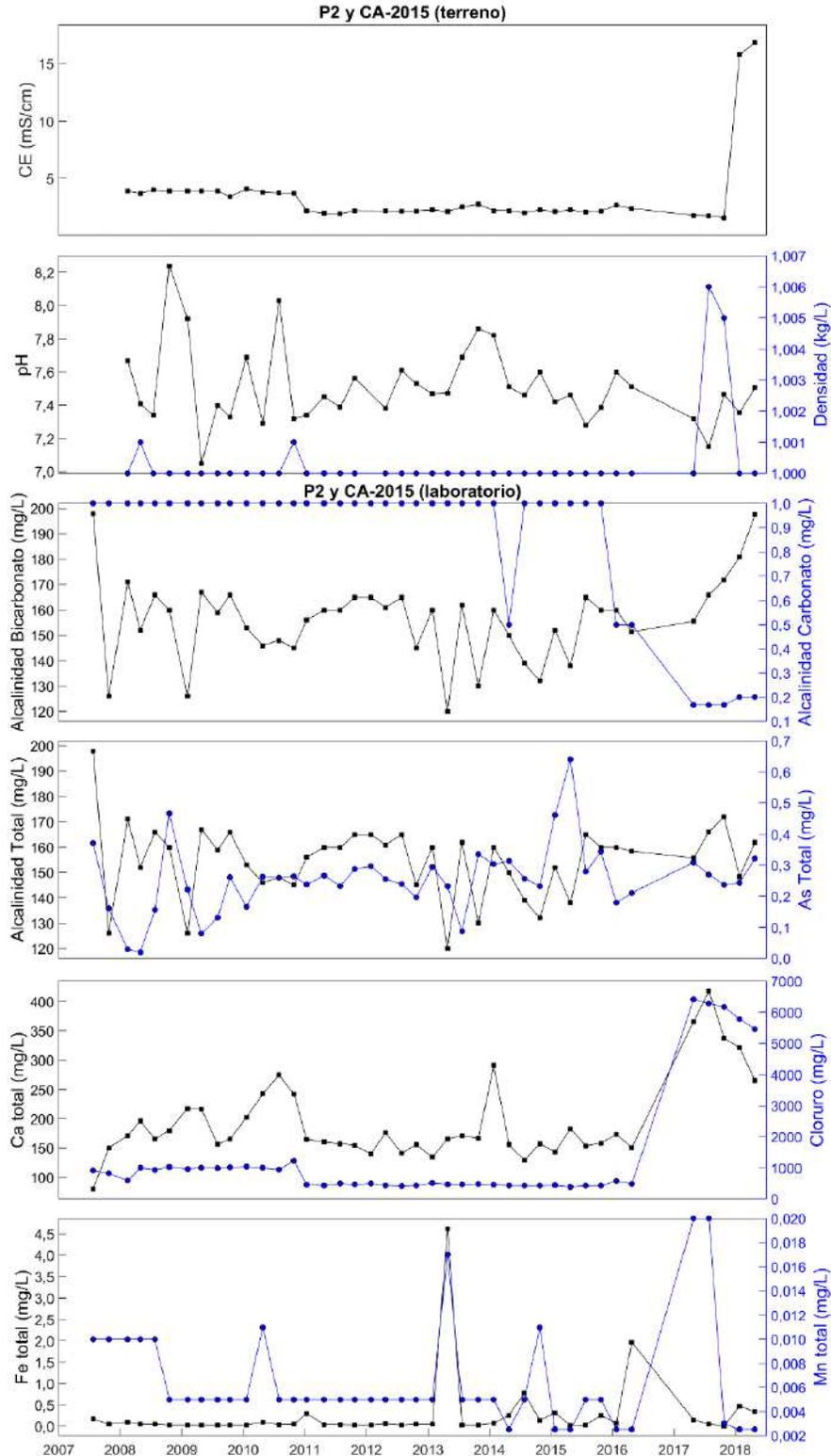
El monitoreo de este sistema se realiza en los pozos L2-4, L4-3, L7-3 y en el pozo de extracción de agua industrial P2 (actual CA-2015¹²¹). Los tres pozos de monitoreo de agua subterránea (L2-4, L4-3, L7-3) corresponden también a puntos de monitoreo de otros sistemas y fueron presentados en secciones anteriores (ver pozos L2-4 y L7-3 en sección 6.2.1.5.1 y pozo L4-3 en sección 6.2.2.3.1). 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 6-77).

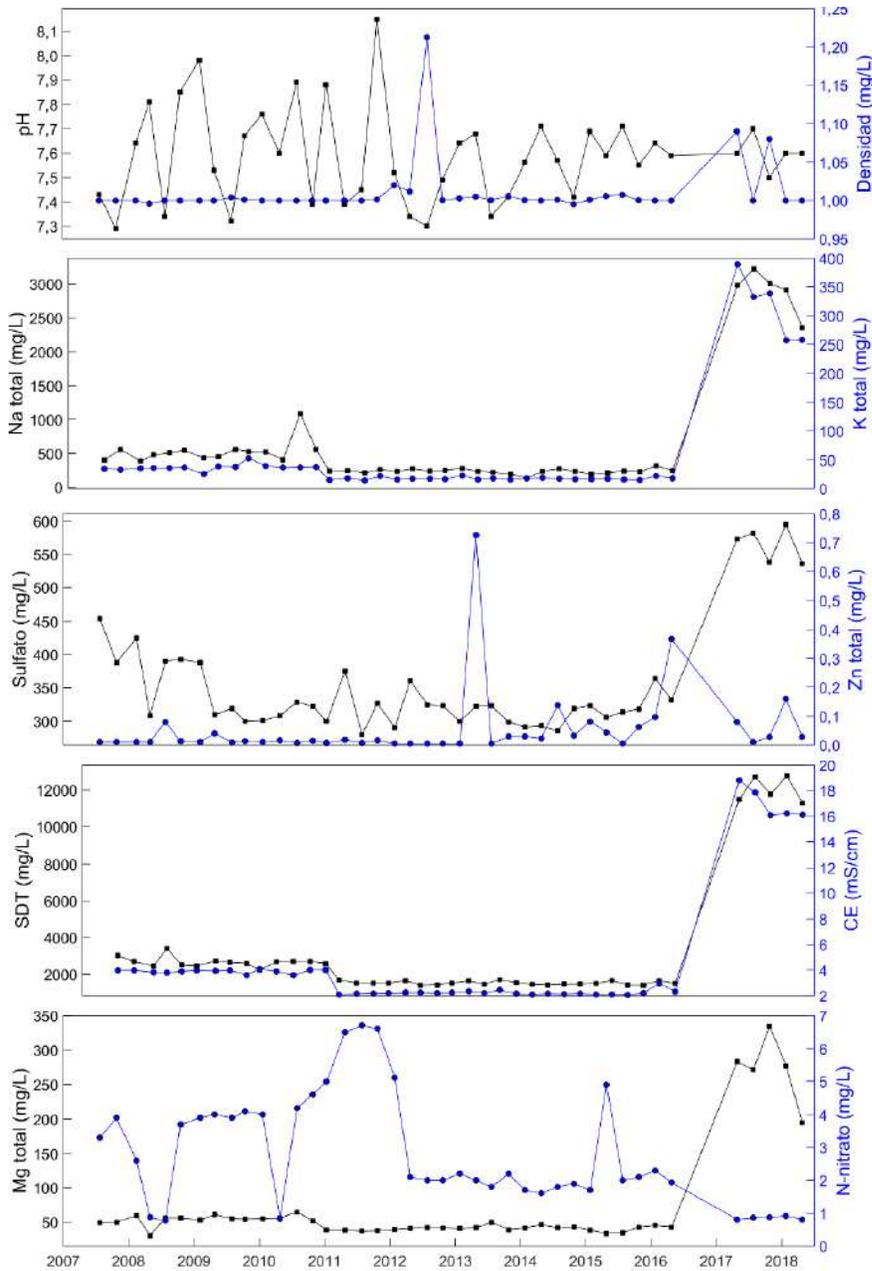
Como puede observarse en la Figura 6-77, todos los parámetros medidos el año 2018 se encuentran en el rango histórico, a excepción de la CE. Sin embargo, es probable que esto se deba a que los monitoreos realizados el año 2017 presenten algún tipo de error. Esto último, debido a que se ha registrado una alta concentración de aniones, cationes y SDT en todos los monitoreos realizados los años 2017 y 2018 (11,5 – 12,8 g/L), la que no se relaciona con los valores de CE reportados en dicho periodo de control. Respecto a tendencias temporales, no se observa un cambio en el comportamiento del pozo CA-2015 durante los dos años de monitoreo. El cambio observado del año 2016 al 2017 se debe a que el pozo fue cambiado de ubicación, por lo que no son mediciones estrictamente comparables. En

¹²¹ 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 esta manera, las últimas cinco mediciones (años 2017 y 2018) se han realizado en este último pozo.

comparación con el pozo original (P2), el pozo CA-2015 presenta una mayor concentración de SDT, Ca, cloruro, Na, K, sulfato y Mg, correspondiendo a un agua de mayor salinidad.

Figura 6-77: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (las últimas cinco mediciones corresponden al pozo CA-2015)





Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD.

6.2.4 Sistema Peine

A continuación, se analiza el comportamiento de los niveles observados en los pozos 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.

El Sistema Peine está compuesto por dos zonas. La primera zona es la marginal y muestra un comportamiento de niveles mixto, con recargas de la zona aluvial y efectos de descenso

producto del bombeo de salmuera del núcleo. La segunda zona es el núcleo, en donde los niveles presentan descensos y rápidos ascensos producto de las precipitaciones.

6.2.4.1 Niveles de agua subterránea y superficial

6.2.4.1.1 Pozos en zona marginal

A esta zona pertenecen los pozos L10-1, L10-2, L10-3, L10-4, L10-9, L10-10 y L10-15. Puesto que el pozo L10-1 presenta un comportamiento distinto al del resto, se analizará de manera separada.

Históricamente, los niveles de los pozos L10-2, L10-3, L10-4, L10-9, L10-10 y L10-15 presentan una respuesta marcada por la presencia de precipitaciones (Figura 6-78). Los pozos que responden en mayor grado ante estos eventos son L10-3, L10-15 y L10-4, en donde el coeficiente de correlación entre su nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales registradas en la estación Chaxa es de $r = 0,65$ a $0,67$. Es importante notar que durante marzo a agosto de 2017 no se logró medir en los pozos L10-2, L10-9, L10-10 debido a que la Comunidad de Peine no permitió el acceso a los sectores donde se emplazan estos puntos (ver informes PSAH N°21 y 22). Adicionalmente, algunos pozos han mostrado leves descensos en el largo plazo (L10-4, L10-9, L10-5 y L10-10), con tasas de descenso entre $0,5$ a $1,4$ cm/año.

Con respecto al I/2018, y de acuerdo a lo esperado en base a la fluctuación anual de niveles, se han registrado descensos del nivel medio semestral comparado con el nivel medio del II/2017. Dada la alta influencia de las precipitaciones sobre los niveles freáticos de la zona, los descensos del I/2018 pueden entenderse como un proceso de estabilización iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017 que produjeron un incremento de los mismos. El comportamiento observado durante el I/2018 es similar a aquel visto durante otros semestres de bajas precipitaciones¹²².

Con respecto al pozo L10-1, históricamente éste ha presentado un comportamiento compuesto por un ascenso del nivel y por oscilaciones anuales (Figura 6-79)¹²³. El ascenso es dominante por sobre las oscilaciones, en donde estas últimas tienen un período anual¹²⁴. El nivel del pozo no presenta una respuesta ante las precipitaciones, siendo nula la correlación entre los descensos del nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales medidas en la estación Chaxa ($r = 0$).

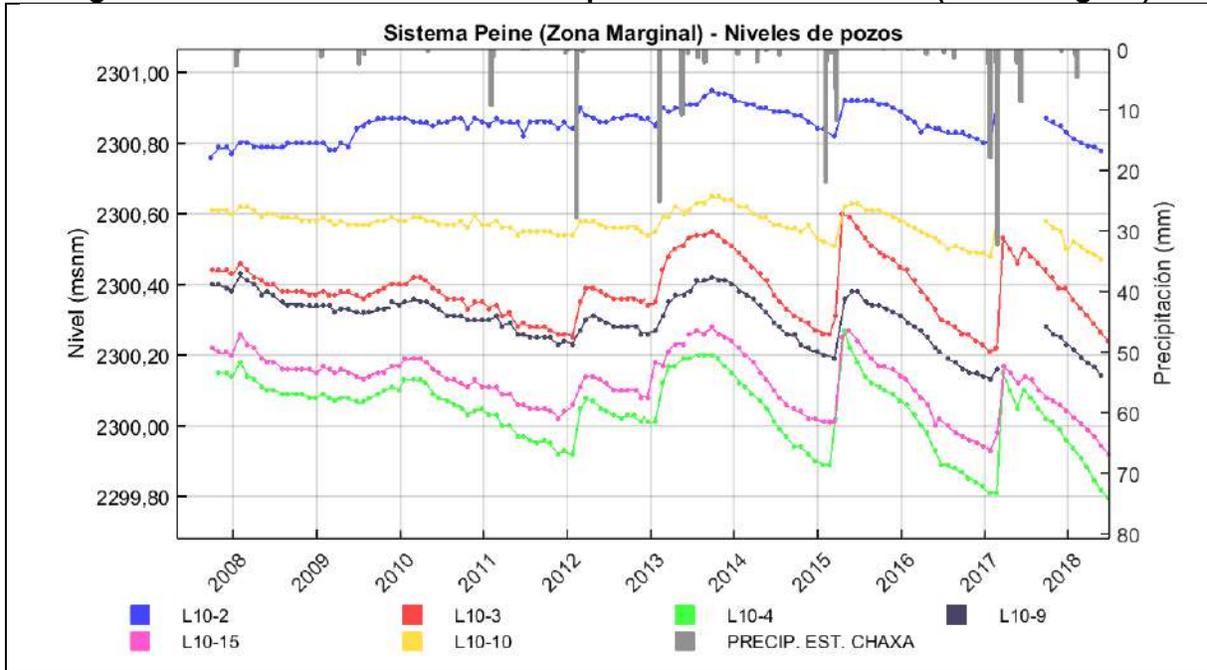
Con respecto al I/2018, se ha observado un descenso del nivel medio semestral de 2 cm comparado con el nivel medio del II/2017. Este comportamiento está dentro del rango histórico, en donde generalmente han existido mayores niveles medios durante los segundos semestres.

¹²² Los descensos del nivel medio semestral observados el I/2018 (con respecto al nivel medio del II/2017) y el del I/2016 (con respecto al nivel medio del II/2015) tienen una diferencia media porcentual de sólo el $6,8\%$. Ambos semestres presentan bajas precipitaciones.

¹²³ Cabe señalar que a comienzos del año 2009 se efectuó un muestreo prolongado en el pozo L10-1 mediante sistema de bombeo de bajo caudal, el cual originó el descenso puntual observado en dicha fecha.

¹²⁴ Un análisis de Fourier sobre los niveles del pozo L10-1 no muestra como dominante al período anual. Sin embargo, al remover su tendencia, sí se observan oscilaciones con un período cercano al año.

Figura 6-78: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-79: Nivel histórico del pozo del Sistema Peine sector este de Laguna Salada (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen para los pozos de la zona marginal, se tienen que algunos de ellos descienden levemente, respondiendo fuertemente a las precipitaciones. La excepción a este comportamiento es el pozo L10-1, cuyo nivel asciende de manera oscilante.

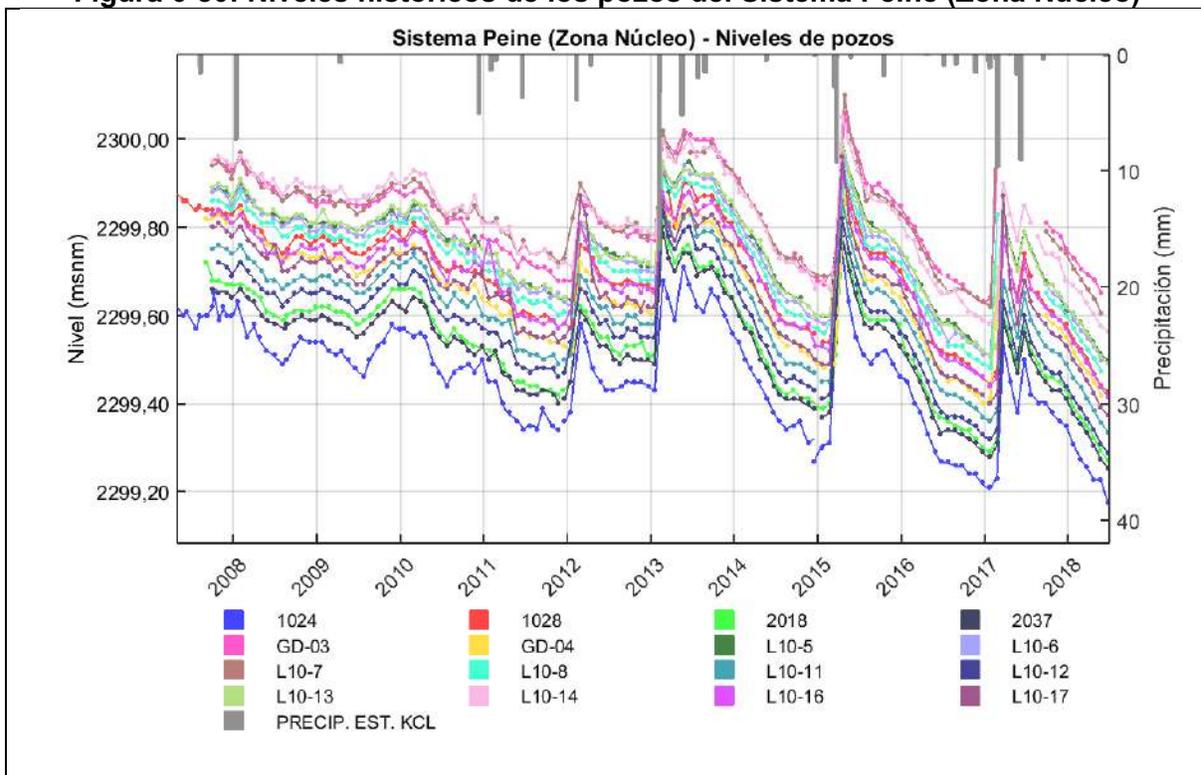
6.2.4.1.2 Pozos en zona núcleo

Los pozos pertenecientes a esta zona son L10-5, L10-6, 1024, 1028, 2018, 2037, GD-03, GD-04, L10-11, L10-12, L10-13, L10-14, L10-16, L10-17, L10-7 y L10-8.

En el periodo de registro los pozos han presentado una alta reacción ante eventos de precipitaciones acompañada de tendencias al descenso posteriores, relacionadas con una estabilización posterior a los incrementos generados (Figura 6-80). La tasa de descenso en todos los pozos ha sido cercana a 2 cm/año¹²⁵. La alta influencia de las precipitaciones queda cuantificada mediante un coeficiente de correlación entre los niveles medios semestrales y las precipitaciones semestrales en la estación KCL de $r = 0,74$ a $0,85$. El promedio de este coeficiente de correlación entre todos los pozos es de $r = 0,77$. El descenso en la zona se debería, de acuerdo a lo esperado, a las extracciones de salmuera.

Con respecto al I/2018, durante este período se observaron descensos en los niveles medios respecto al II/2017. Estos descensos van de 9 a 14 cm, estando dentro del rango histórico de descensos semestrales. Adicional al efecto de las extracciones de salmuera, los descensos del I/2018 pueden entenderse también por las bajas precipitaciones de los últimos dos semestres: los descensos del nivel medio semestral son similares a los observados durante otros semestres de bajas precipitaciones¹²⁶.

Figura 6-80: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Núcleo)



Fuente: Elaboración propia.

¹²⁵ Valor obtenido mediante regresión lineal.

¹²⁶ Los descensos del nivel medio semestral del I/2018 (con respecto al nivel medio del II/2017) son similares a aquellos observados durante los períodos I/2014, II/2014 y I/2016 (todos respecto al nivel medio de su semestre anterior). Así, las diferencias porcentuales medias del descenso medio entre el I/2018 y los semestres I/2014, II/2014 y I/2016 son del 17,5%, 11,8% y 10,6% respectivamente.

Como análisis consolidado del sector, se tiene que el nivel de los pozos en la zona desciende por las extracciones de salmuera, siendo altamente dependiente de las precipitaciones.

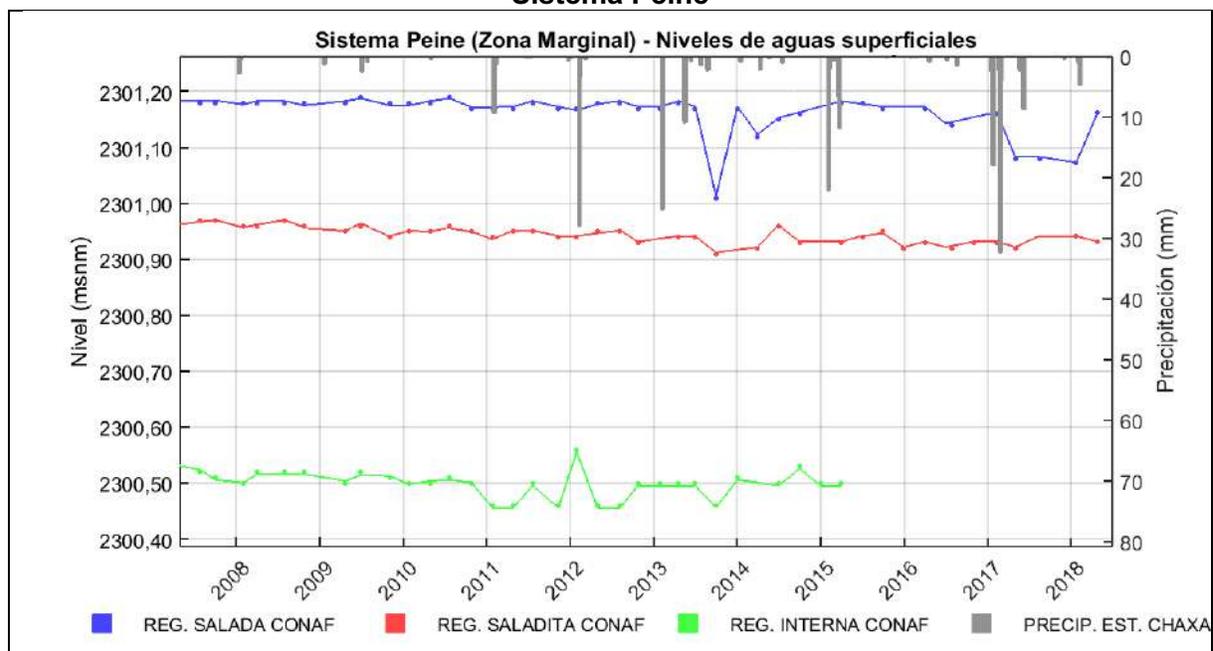
6.2.4.1.3 Nivel de agua superficial y lacustre

Para monitorear el nivel de la superficie de las lagunas del Sistema, se observan los registros de las reglillas Salada, Saladita e Interna, todas obtenidas a través del convenio con CONAF.

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 2007 y 2013, con niveles estables a partir de esa fecha (Figura 6-81).

Desde el año 2016, la reglilla Interna no ha mostrado niveles puesto que el área de descarga no ha cubierto la ubicación de ese punto. Cabe señalar que la laguna Interna es muy variable en su morfología de un año a otro, como fue previsto en la evaluación ambiental del proyecto, por encontrarse en la zona terminal o de descarga de las lagunas Salada y Saladita, por lo que pueden aparecer y desaparecer nuevas zonas inundadas de un año a otro.

Figura 6-81: Niveles de agua superficial de las Lagunas Salada, Saladita e Interna Sistema Peine



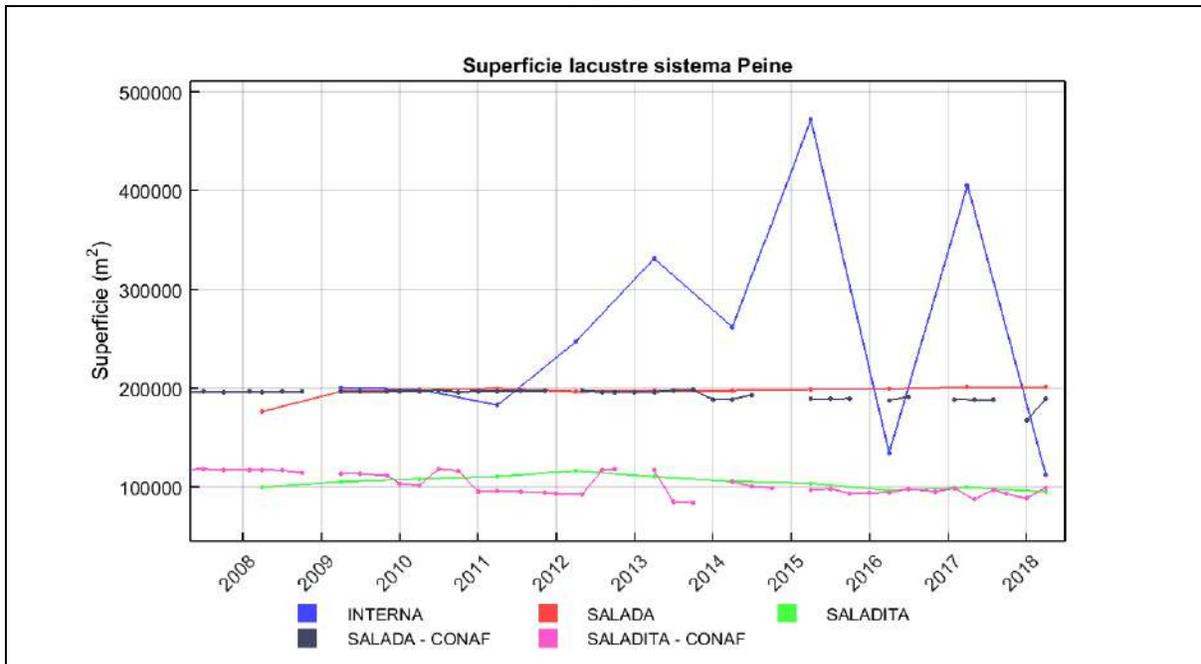
Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.1.4 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 6-82 se muestra el nivel histórico de la superficie lacustre de este sistema, mientras que en el Anexo 13 se incluyen las imágenes satelitales. 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 y 2017 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.

Figura 6-82: Superficie lacustre de las Lagunas Salada, Saladita e Interna, Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6-2: Superficie total de los sistemas lacustres de Peine con imágenes satelitales

Fecha	Salada (m ²)	Saladita (m ²)	Interna (m ²)
abr-2008	176.126	99.665	-
abr-2009	196.616	105.274	199.968
abr-2010	198.178	108.022	198.838
abr-2011	199.521	110.394	182.616
abr-2012	196.398	116.315	246.828
abr-2013	197.314	110.227	331.075
abr-2014	197.427	105.522	261.763
abr-2015	198.429	103.638	472.172
abr-2016	198.928	96.262	134.054
abr-2017	200.958	99.410	405.302
abr-2018	200.710	95.010	112.523
Promedio	196.419	104.522	254.514

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.2 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado entre enero y junio de 2018 en el agua superficial y subterránea del sistema Peine, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en el Capítulo 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base).

Esta sección se divide en dos subsecciones que agrupan los puntos de monitoreo de acuerdo a su tipo: (i) pozos de monitoreo y (ii) sistemas lacustres.

En general, la gran mayoría de los parámetros monitoreados el año 2018 se encontraron dentro del rango histórico, con pocas excepciones que no sugieren un comportamiento anómalo del sistema ni reflejan un comportamiento de tendencia, observándose en algunos puntos un comportamiento estacional, con aumentos en la concentración en verano y disminución en invierno, ratificando el efecto que tendría la evaporación sobre los cuerpos de agua de este sistema (lagunas Salada, Saladita e Interna).

6.2.4.2.1 Calidad del agua en pozos de monitoreo

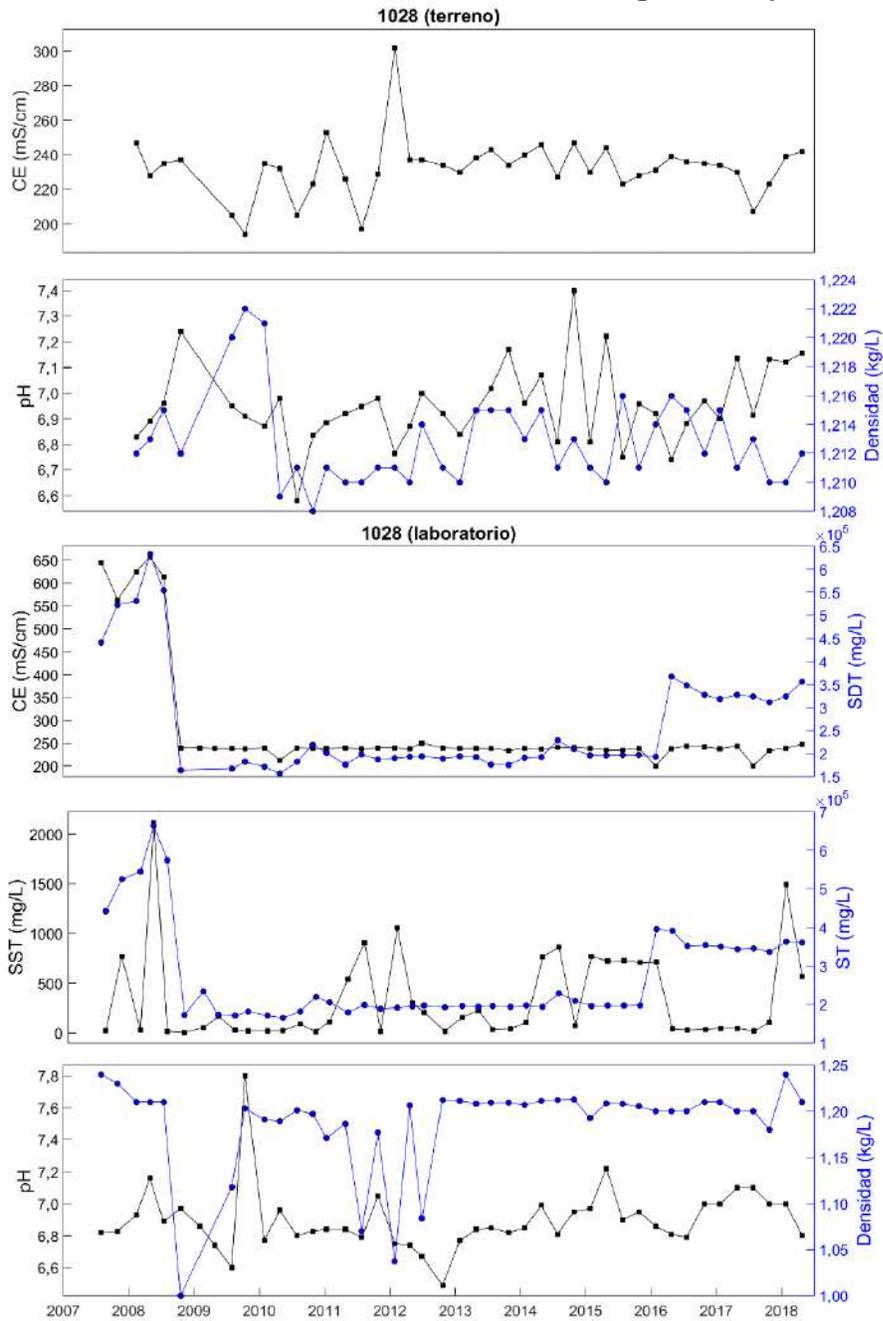
La calidad química del agua subterránea en el sistema Peine es monitoreada en los pozos 1028, L10-1 y L10-4. La Figura 6-83, Figura 6-84 y Figura 6-85¹²⁷ presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos. Como puede observarse, el monitoreo realizado el año 2018 se encuentra dentro del rango registrado históricamente en la mayoría de los pozos y parámetros cuantificados.

En cuanto al comportamiento histórico general en este sistema, se observa que los tres pozos presentan distintas características. El pozo 1028 presenta un pH menor (~6,9), mayor CE y mayor concentración de SDT (~230 mS/cm y ~260 g/L, respectivamente); característico de aguas de salmueras. En contraste, el pozo L10-1 presenta la menor CE y concentración de SDT (~16 mS/cm y ~11,8 g/L, respectivamente) y el mayor pH (~8,1). El pozo L10-4, por su parte, presenta un comportamiento intermedio, aunque más cercano al del pozo 1028 (CE~160 mS/cm; SDT~137 g/L y pH~7,3). Este comportamiento es esperable dada la ubicación de los tres puntos de control: el pozo 1028 se ubica en la zona núcleo, el pozo L10-1 en la zona marginal y el pozo L10-4 también en la zona marginal, aunque más cerca del núcleo del salar.

Respecto a la evolución temporal, no se evidencian tendencias al alza o a la baja en los distintos parámetros monitoreados. Todos los parámetros presentan una tendencia oscilante en el tiempo.

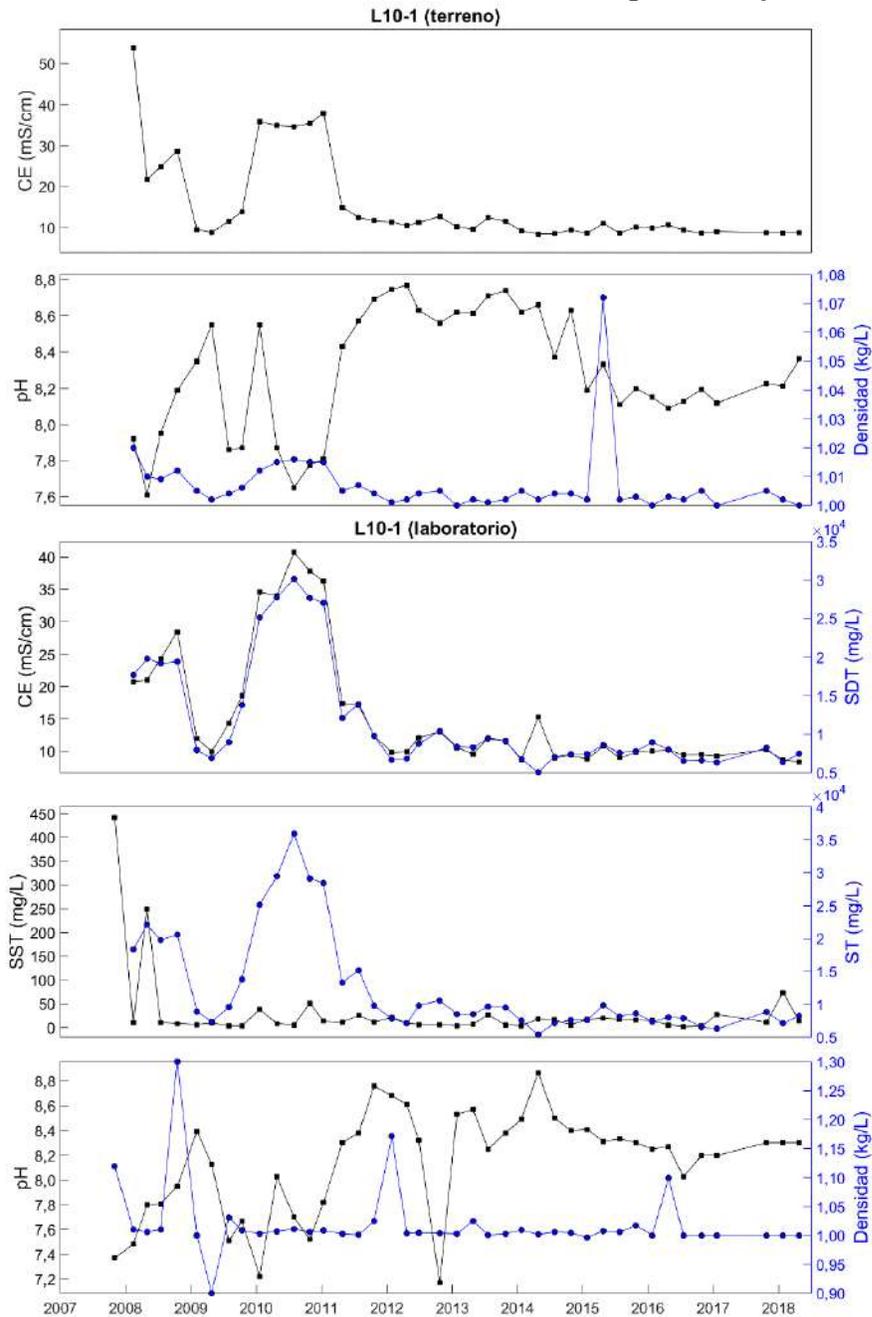
¹²⁷ En el informe N°5 del PSAH se detectaron algunos errores en las mediciones de la conductividad eléctrica y sólidos disueltos de las muestras de aguas subterráneas reportadas por el Laboratorio ALS Environmental con anterioridad a julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental.

Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028



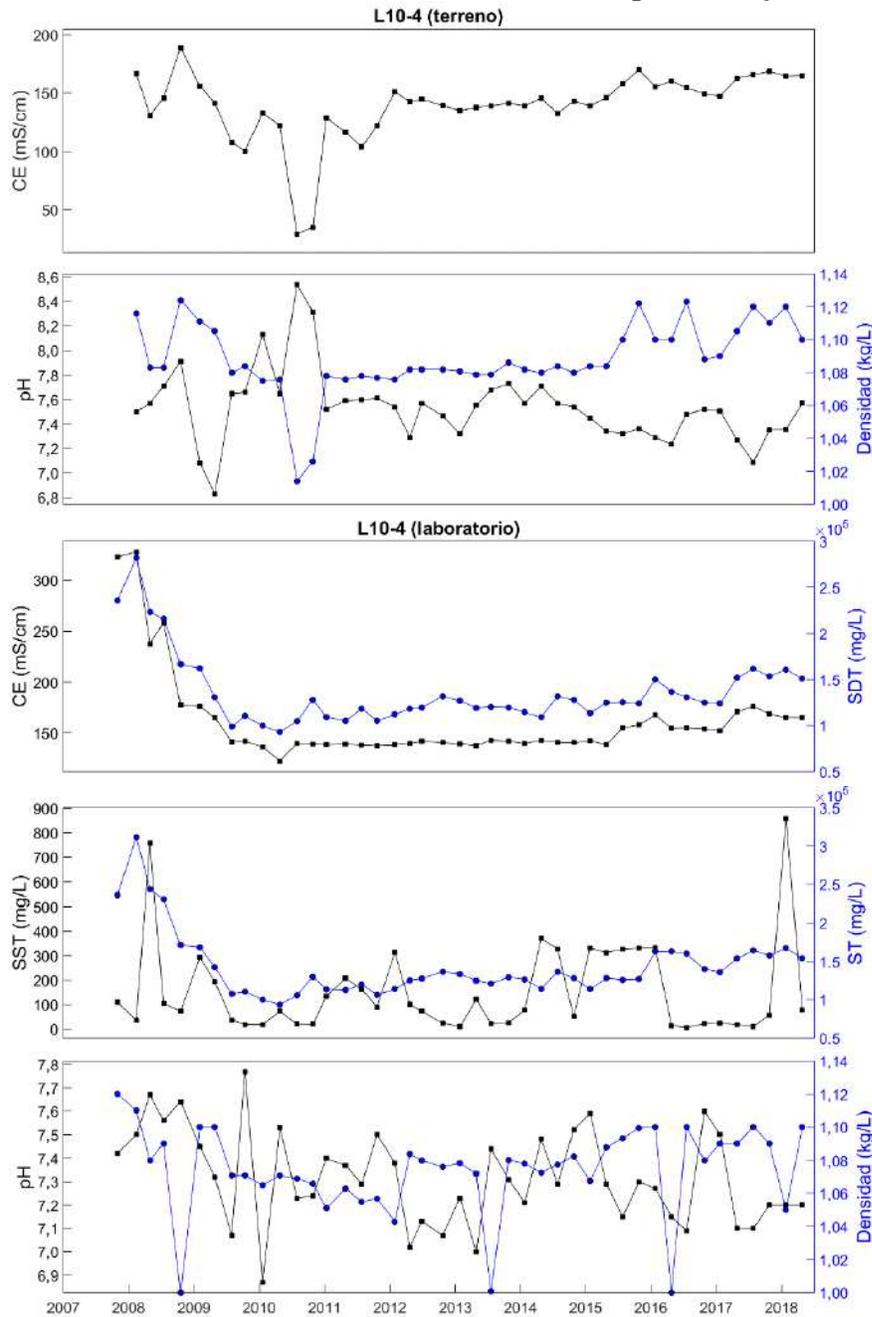
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1



Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, no se presentan los valores de CE, SDT y ST registrados en octubre de 2007 (313 mS/cm, 244.000 mg/L y 244.800 mg/L).

Figura 6-85: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4



Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.2.2 Calidad del agua en sistemas lacustres

La evolución temporal de los parámetros medidos en el agua de las lagunas Salada, Saladita e Interna se presenta en la Figura 6-86, Figura 6-87 y Figura 6-88, respectivamente.

En general, las lagunas presentan características similares durante todo el periodo monitoreado. Como es de esperar, poseen una alta concentración de SDT (~40 g/L), pH levemente básico (~8), alta dureza (~6-7 g/L), alta concentración de cationes y aniones (especialmente Na y cloruro) característico del agua de salmuera. Como análisis global, no se observan tendencias en ninguno de los parámetros monitoreados, los que presentan un comportamiento oscilante. Por otra parte, en su gran mayoría, los parámetros medidos el año

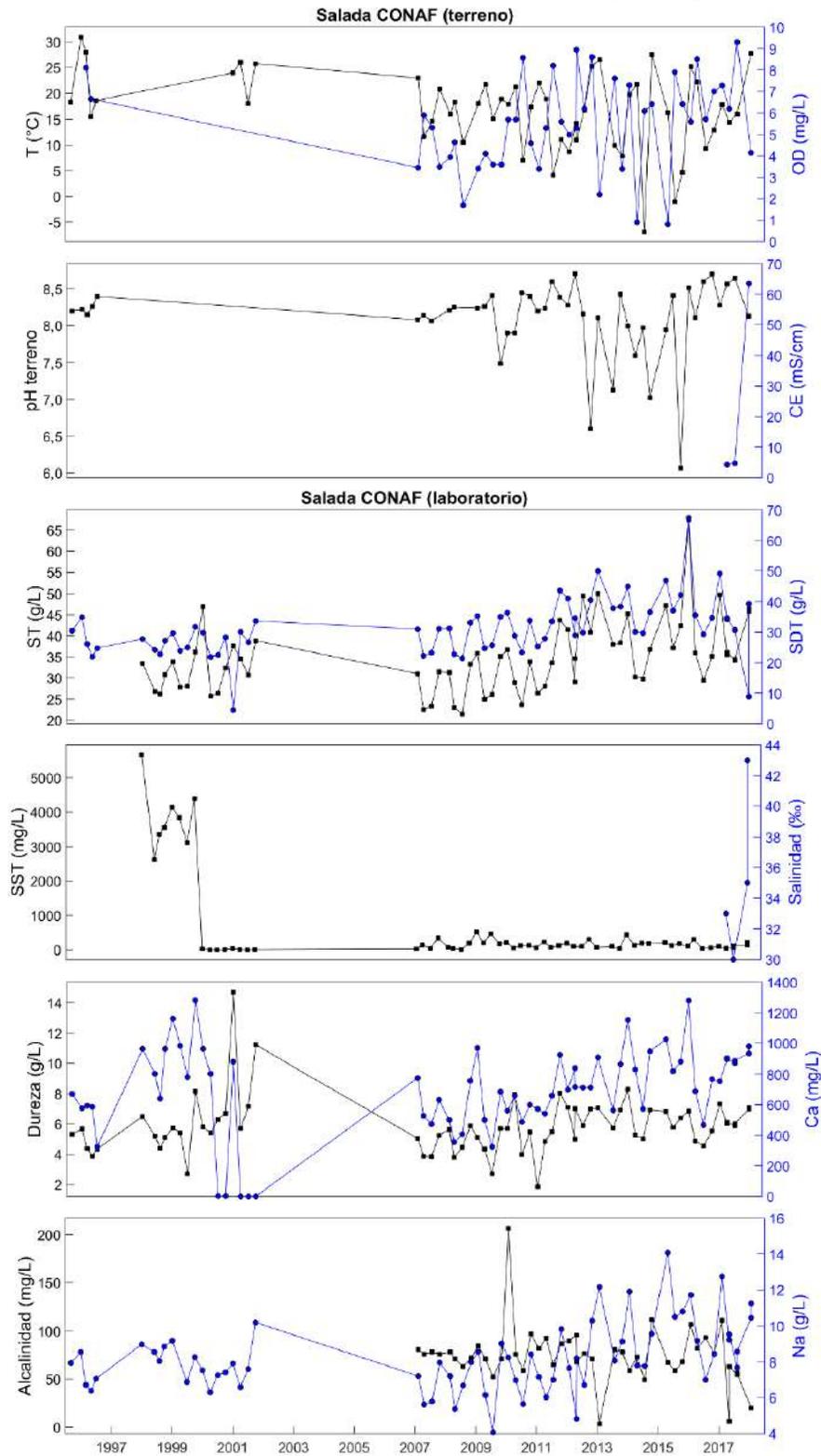
2018 se encontraron dentro del rango histórico. A continuación, se describe para cada laguna la evolución temporal de los parámetros y la comparación de lo monitoreado el año 2018 con lo registrado históricamente.

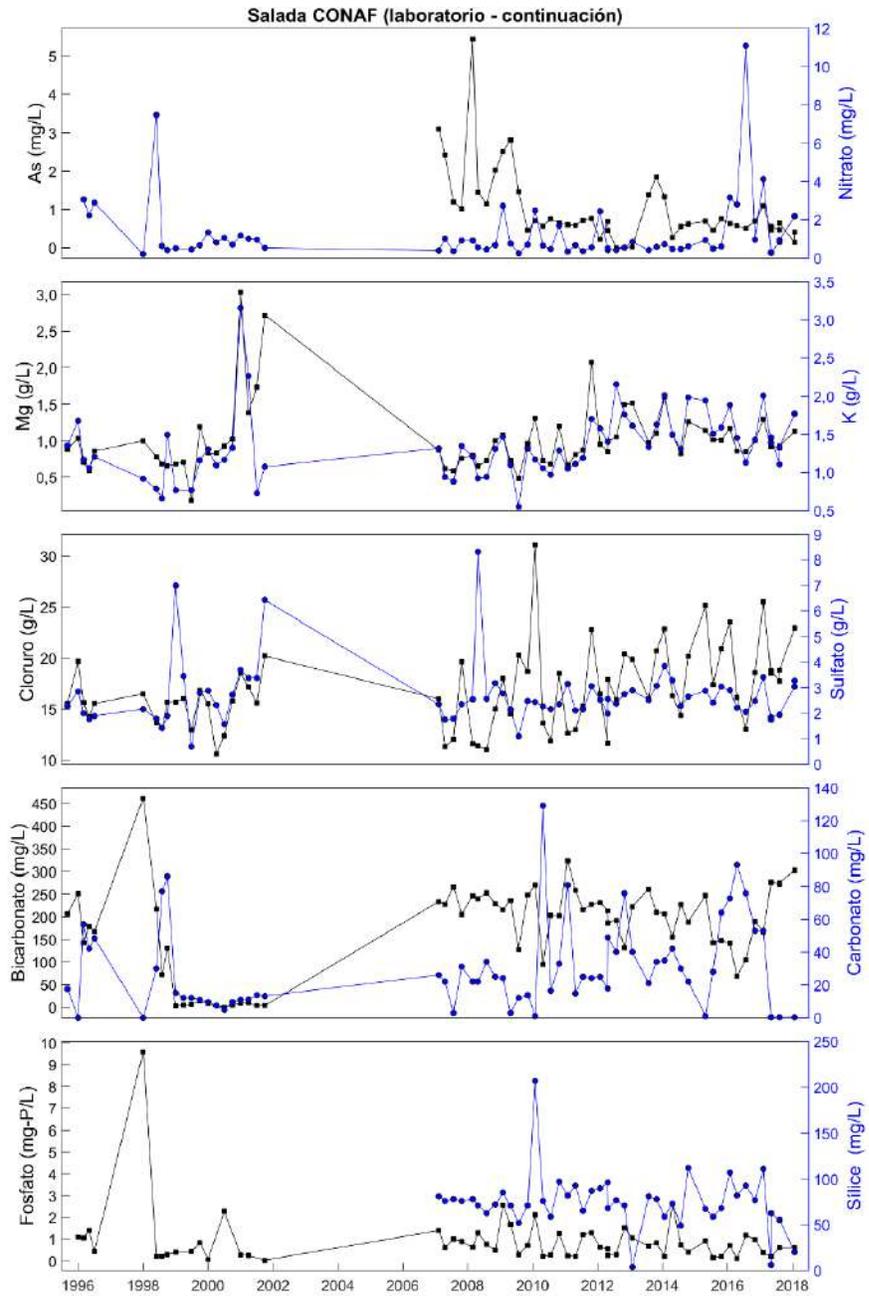
La calidad del agua de la laguna Salada presenta un comportamiento oscilante en el tiempo, sin tendencias al alza o a la baja. El monitoreo realizado el año 2018 se encuentra, en su gran mayoría dentro de los rangos históricos. La única excepción corresponde a la medición de CE realizada en enero (63,7 mS/cm), la cual excede lo registrado anteriormente (año 2017). De todas formas, este valor es esperable según la concentración histórica de aniones, cationes y SDT (4-67 g/L) de esta laguna. Es probable que, al igual que para algunas lagunas del sistema Soncor, las mediciones realizadas el año 2017 (4,2 y 4,7 mS/cm) presenten algún error. Estas últimas son muy bajas en comparación con el contenido de aniones, cationes y SDT que se reporta en esas mismas fechas (entre 30 y 34 g/L).

La calidad del agua de la laguna Saladita también presenta un comportamiento oscilante en el tiempo, sin tendencias al alza o a la baja. El monitoreo realizado el año 2018 se encuentra, en su gran mayoría dentro de los rangos históricos. Al igual que en la laguna Salada, la medición de CE realizada en enero (71,5 mS/cm) excede lo registrado anteriormente (año 2017). Este valor es esperable según la concentración histórica de aniones, cationes y SDT (8,8 – 66 g/L) en la laguna, y es probable que las mediciones realizadas el año 2017 (entre 4,71 y 6,02 mS/cm) presenten algún error. Ellas son muy bajas en comparación con el contenido de aniones, cationes y SDT que se reporta en esas mismas fechas (entre 30 y 52 g-SDT/L). La concentración de nitrato, por su parte, también se encontró por sobre el rango reportado anteriormente (16 mg/L) mientras que la dureza se encontró levemente bajo el mínimo histórico registrado (3,2 g/L).

Al igual que los cuerpos anteriores, la calidad del agua de la laguna Interna presenta un comportamiento oscilante en el tiempo, sin tendencias al alza o a la baja. El monitoreo realizado el año 2018 se encuentra, en general dentro de los rangos históricos. Las excepciones corresponden a SDT, ST y Na, que se encontraron levemente sobre el máximo observado. Al igual que las lagunas Salada y Saladita, la medición de CE realizada en enero se encontró elevada (94,6 mS/cm), lo que probablemente es un error en el reporte de las mediciones realizadas el año 2017, por razones equivalentes a las expuestas anteriormente.

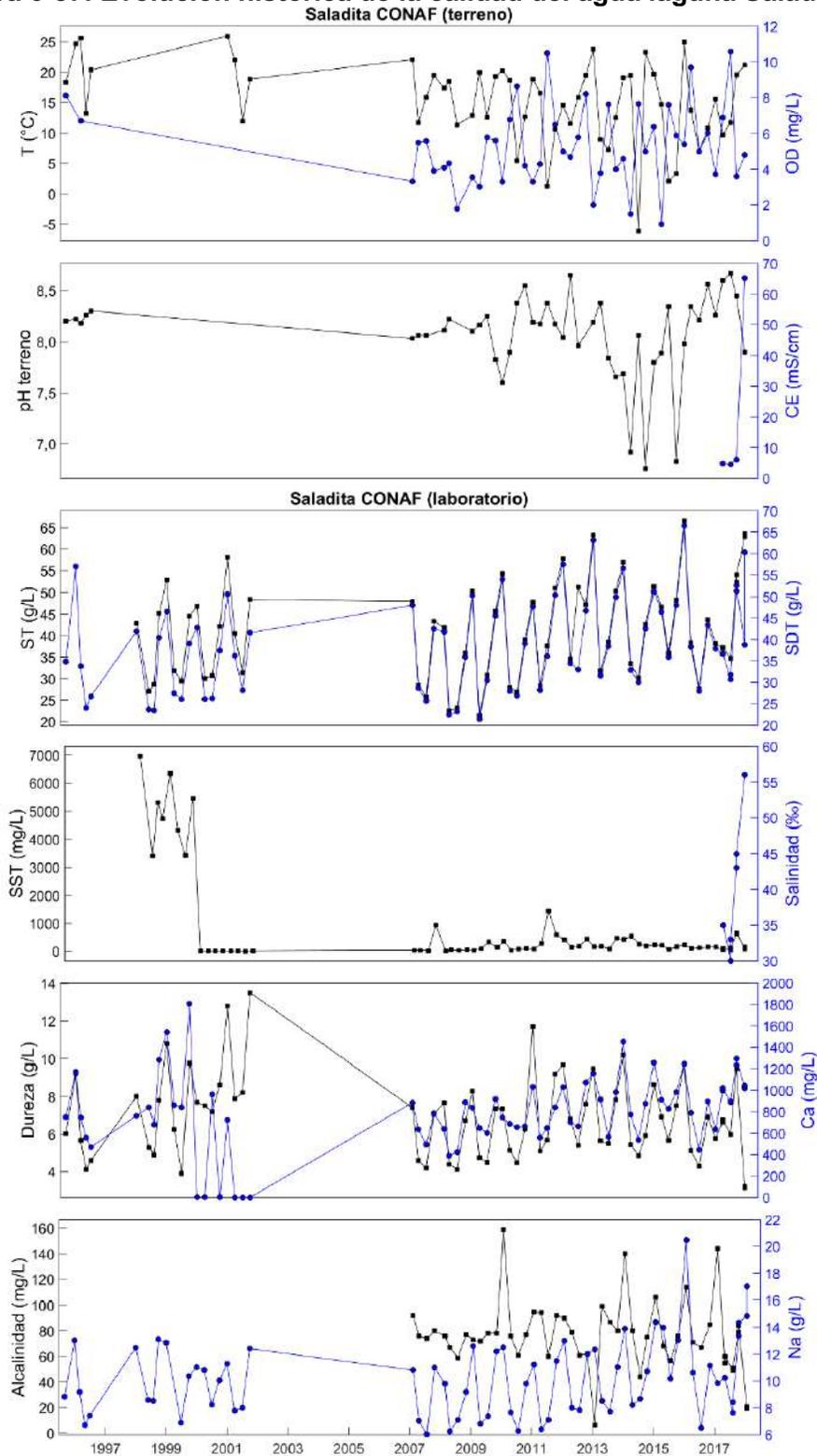
Figura 6-86: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Salada

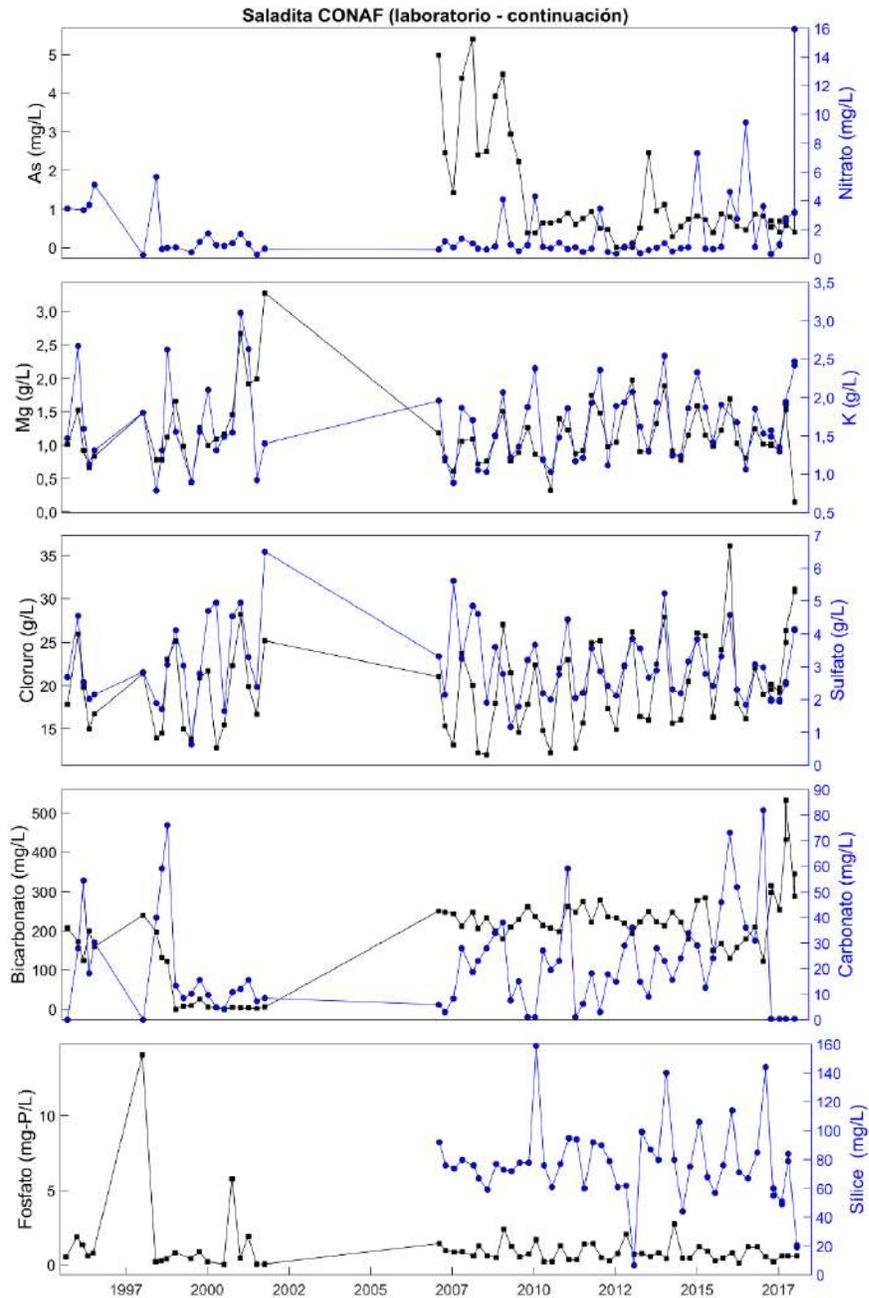




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD. Por motivos de escala no se presenta el pH registrado en abril de 2012 (2,6 unidades de pH).

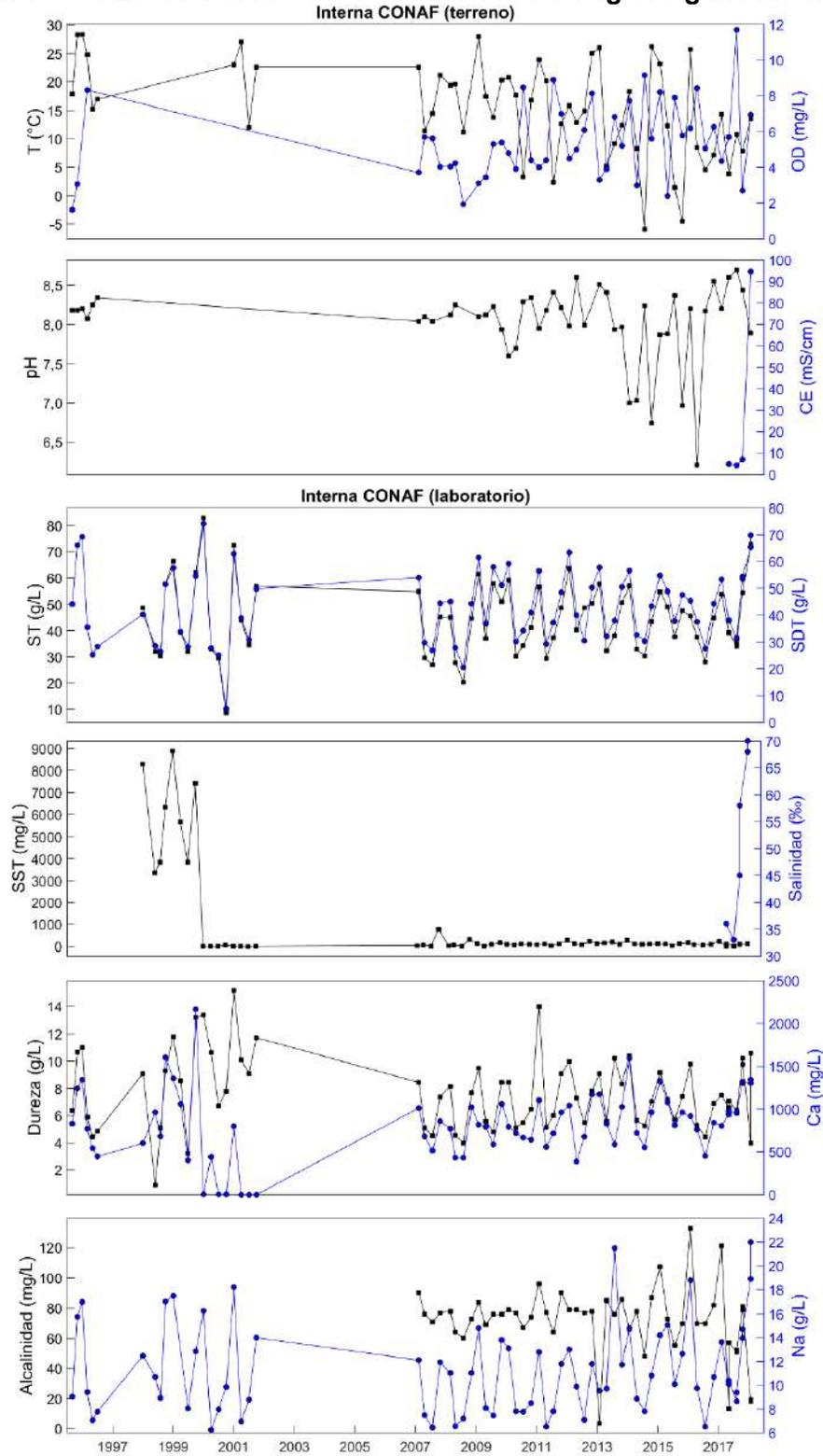
Figura 6-87: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Saladita

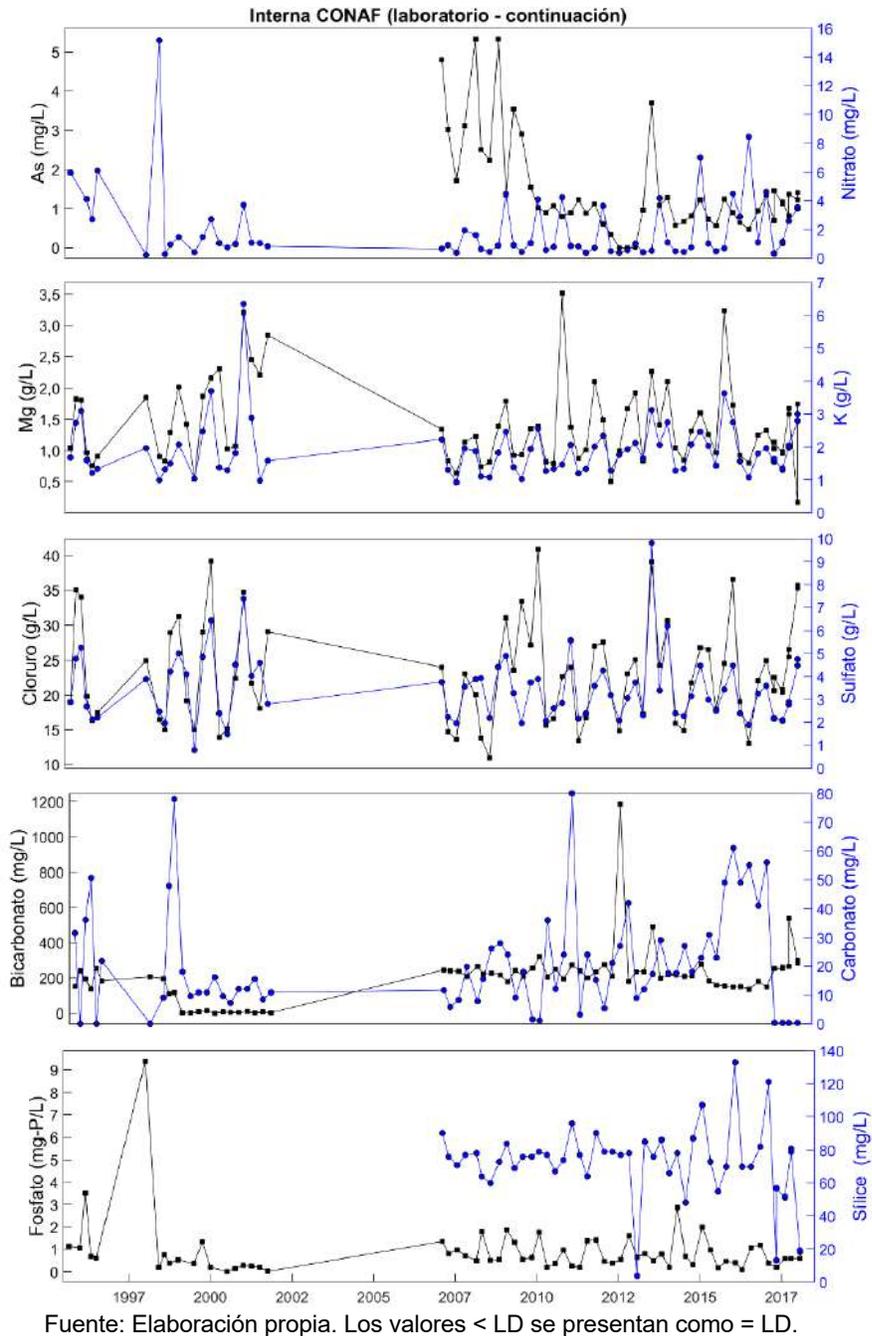




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD. Por motivos de escala no se presenta el pH registrado en octubre de 2012 (5,1 unidades) ni la concentración de potasio medida en enero de 2016 (27,7 g/L).

Figura 6-88: Evolución histórica de la calidad del agua laguna Interna





6.2.4.3 Aforos

El Sistema Peine está compuesto por los aforos Salada y Saladita.

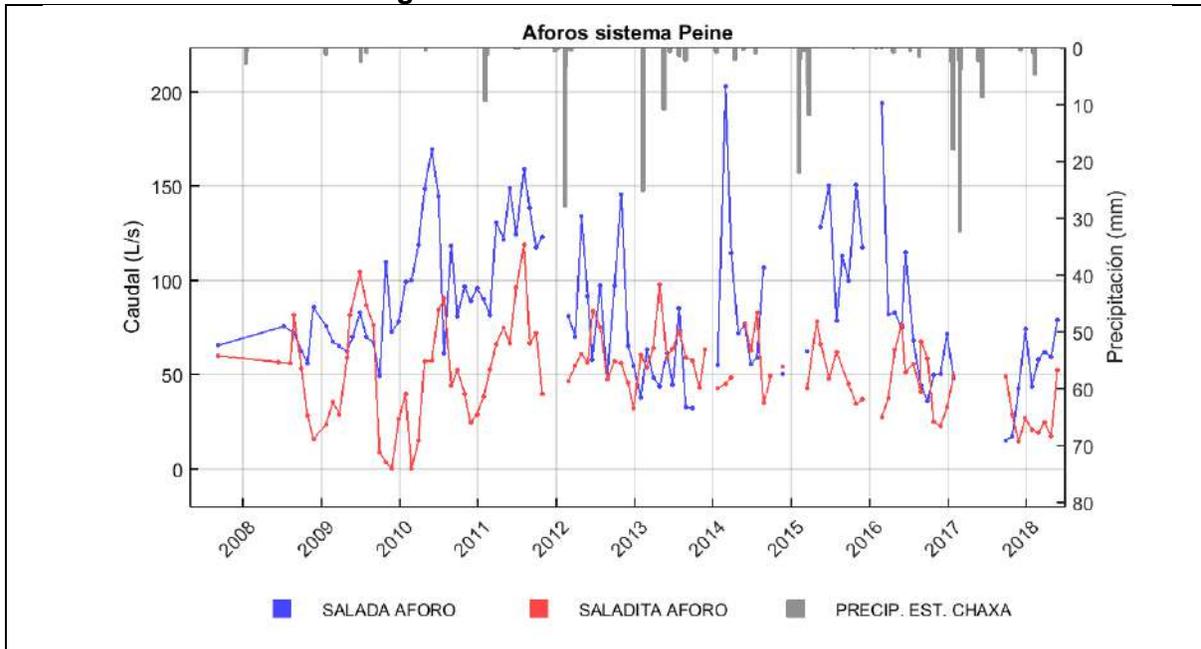
La Figura 6-89 muestra los caudales medidos en ambas lagunas. Se puede observar que los incrementos bruscos de caudal no están asociados a las precipitaciones registradas en la Estación Chaxa.

Se puede apreciar que el caudal de aforo de Salada registra un valor mínimo de 15,1 L/s en agosto 2017 y un valor máximo de 203,0 L/s en el mes de febrero de 2014. Los caudales mínimos en Saladita se registraron durante noviembre del 2009 y febrero del 2010, siendo éstos de 0 L/s. Por su parte el caudal máximo fue de 118,6 L/s, registrado en agosto del 2011.

Cabe destacar que, a partir de febrero de 2017 y hasta agosto del mismo año, no fue posible medir en estos puntos debido a la prohibición de acceso al sector por parte de la Comunidad de Peine (para mayor detalle ver informes N°21 y 22).

En relación al periodo del presente reporte, Saladita presentó un caudal máximo de 52 L/s y un mínimo de 17,2 L/s, mientras que Salada registro flujos máximos y mínimos de 79,8 L/s y 43,6 L/s respectivamente.

Figura 6-89: Aforos Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Sector Vegas de Tilopozo

Las observaciones que se realizan en este sistema tienen por objetivo monitorear el comportamiento de las vegas y bofedales del sector de Tilopozo.

6.2.5.1 Niveles de agua subterránea y superficial

6.2.5.1.1 Pozos en zona marginal

Los pozos pertenecientes a esta zona corresponden a los denominados como L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4.

Históricamente, el nivel del pozo L12-1 ha mostrado un comportamiento dependiente de las precipitaciones con tasa de descenso de 2cm/año (Figura 6-90). El coeficiente de correlación entre el nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales medidas en la estación KCL es de $r = 0,63$.

Por otra parte, el comportamiento de los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 ha sido oscilatorio, respondiendo a variaciones estacionales¹²⁸ con período anual (i.e. por evaporación ya sea como efecto directo o indirecto¹²⁹) y una leve tendencia al descenso (0,4 cm/año, Figura 6-90).

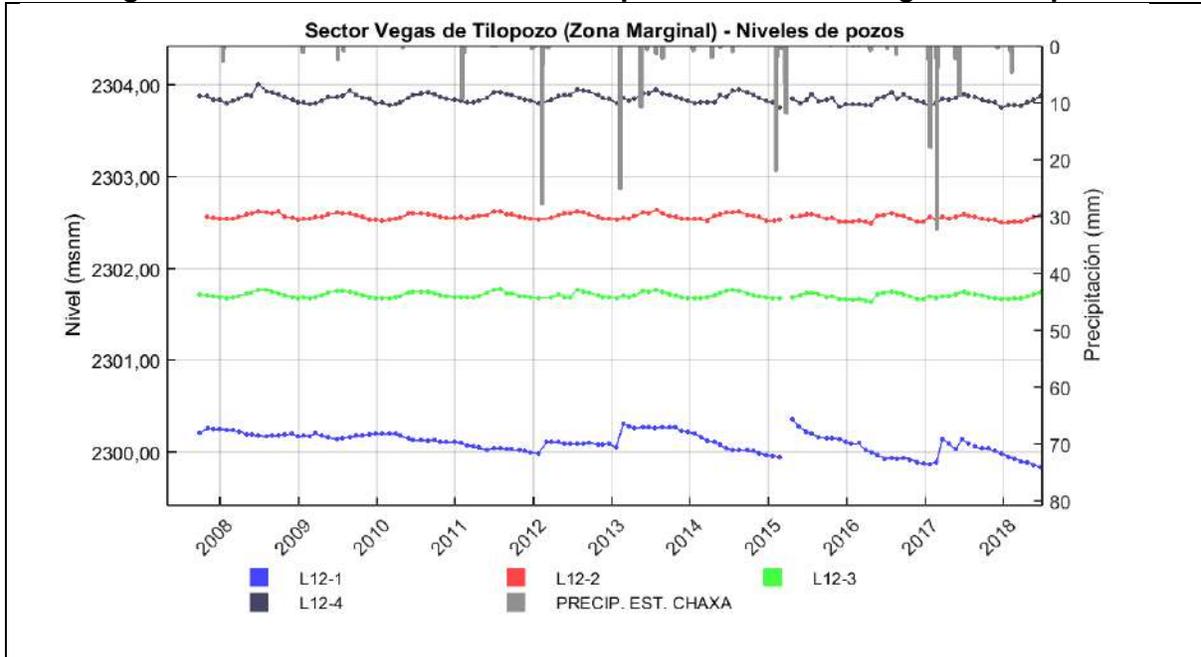
La diferencia en el comportamiento entre el pozo L12-1 y el resto se debería a que el primero se ubica en el borde del núcleo del salar. Así, su comportamiento se ajusta en parte a lo observado en otros pozos del núcleo ya analizados.

Con respecto al I/2018, los pozos L12-2 y L12-3 no registraron un descenso de su nivel medio semestral comparado con el nivel medio de II/2017. El pozo L12-4 sí registró descenso del nivel medio, siendo éste de 2 cm. Tal comportamiento se encuentra dentro del rango histórico. Debe considerarse también que, en este pozo, generalmente se han observado descensos del nivel medio durante los primeros semestres y ascensos durante los segundos semestres.

Durante el I/2018, el pozo L12-1 ha descendido su nivel medio semestral en 14 cm comparado con el nivel medio del II/2017, lo que se encuentra dentro del rango histórico. Si bien este descenso se explica por las extracciones salinas en el núcleo, también está dado por las bajas precipitaciones durante los últimos dos semestres. Un descenso de la misma magnitud fue observado durante el I/2014, semestre en que también se registraron bajas precipitaciones.

A modo de resumen, se tiene que los niveles de los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 oscilan estacionalmente, mientras que el pozo L12-1 se ve influenciado por las precipitaciones, con un descenso ocasionado por las extracciones de salmuera.

Figura 6-90: Niveles históricos de los pozos del Sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

¹²⁸ Un análisis de Fourier sobre los niveles de los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 muestra que su período dominante es cercano al año. No ocurre lo mismo con los niveles de los pozos L12-1.

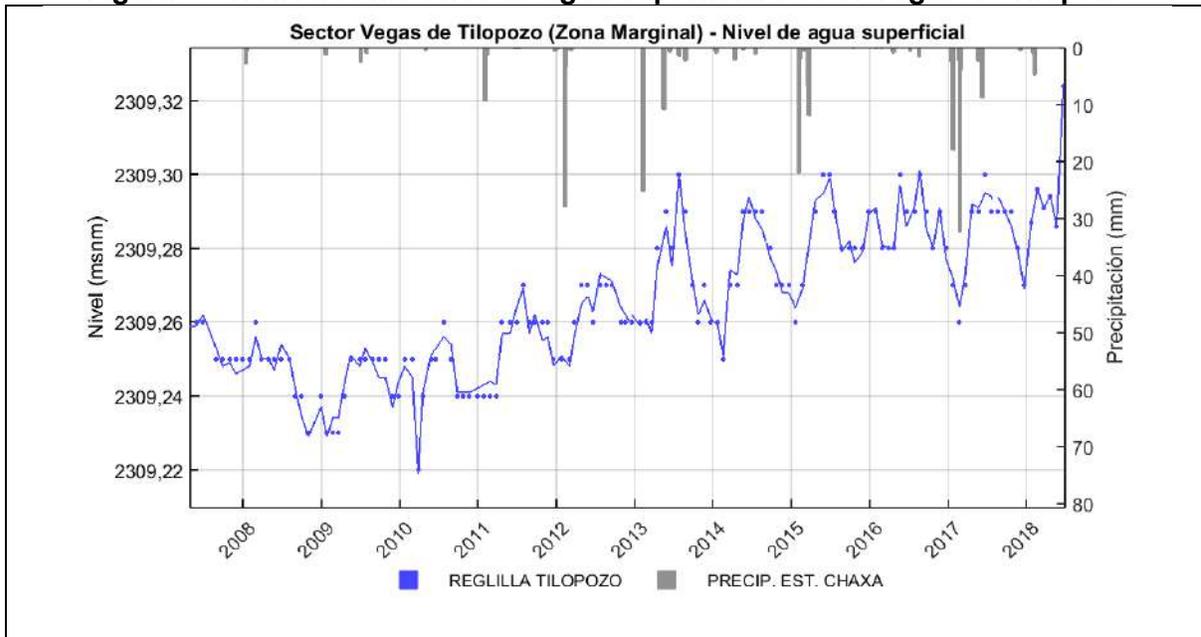
¹²⁹ El efecto de la evaporación puede evidenciarse directamente en el nivel de los flujos subterráneos en aquellos sectores que presentan niveles más someros, o como un efecto indirecto del descenso ocurrido en dichos sectores someros, en aquellos casos en que los niveles se encuentran a mayor profundidad

6.2.5.1.2 Nivel de agua superficial

Para monitorear el nivel del agua superficial en el sector, se ha utilizado la reglilla Tilopozo (Figura 6-91). En ella se ha observado que el nivel del agua superficial ha presentado una leve tasa de ascenso, de 0,5 cm/año. También se ha observado que ocurren pequeñas oscilaciones cíclicas del nivel¹³⁰, que responderían a las variaciones estacionales de la evaporación.

Durante el I/2018 ha existido un aumento del nivel medio semestral de 1 cm comparado con el nivel medio del II/2017. Tal magnitud coincide con lo observado históricamente.

Figura 6-91: Niveles histórico de agua superficial Sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

6.2.6 Núcleo del Salar de Atacama

6.2.6.1 Niveles de agua subterránea

Los pozos que se encuentran ubicados en el sector Núcleo del Salar de Atacama se han clasificado en tres grupos según su proximidad al campo de pozos productivos:

- Pozos alejados de la zona productiva.
- Pozos próximos a la zona productiva.
- Pozos al norte de la zona productiva.

Dentro de los pozos alejados a la zona productiva se encuentran: 1001, 2028, SOPE-6, SOPM-2, SOPM-4, SOPM-10, SOPM-11, SOPM-12C y SOPM-5.

Estos pozos han presentado tasas de descenso del rango 2,2-2,4 cm/año¹³¹, acompañados por una alta reacción ante la presencia de precipitaciones (Figura 6-92). La alta influencia de las precipitaciones queda cuantificada mediante un coeficiente de correlación entre el nivel

¹³⁰ Un análisis de Fourier muestra que el período anual es importante, aunque con una dominancia secundaria.

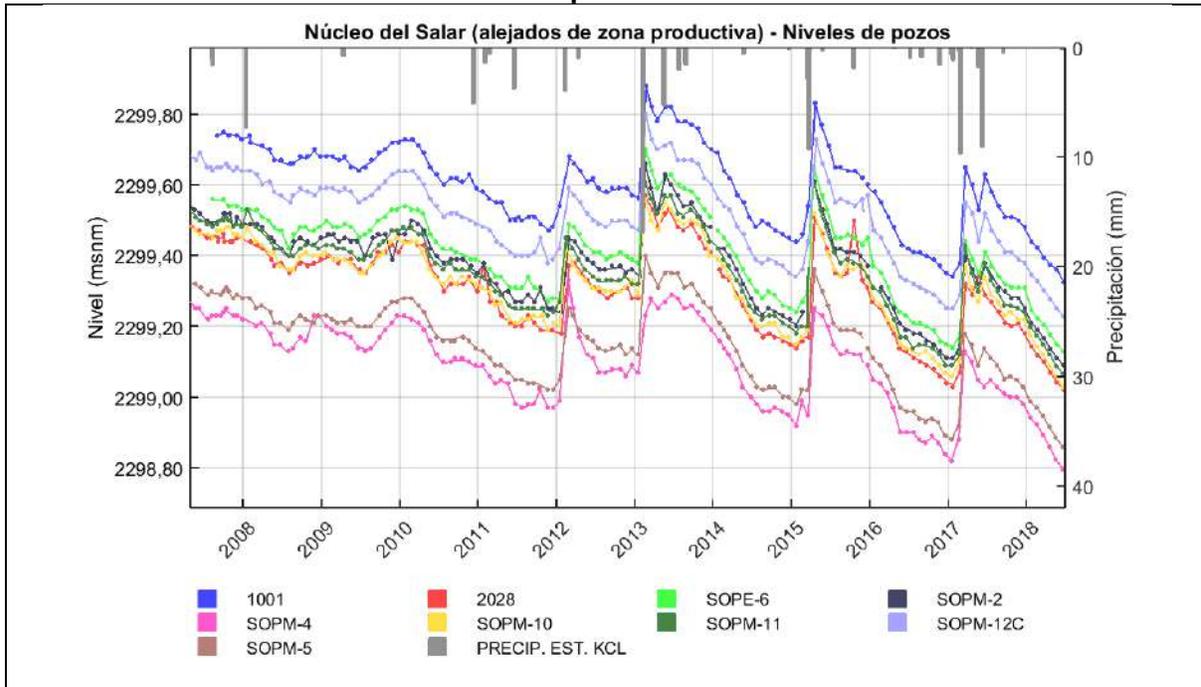
¹³¹ Valor obtenido mediante regresión lineal desde el I/2008.

medio semestral y las precipitaciones semestrales en la estación KCL de $r = 0,66$ a $0,75$. Conforme a lo esperado, el descenso en la zona se debería a las extracciones de salmuera.

Con respecto al I/2018, durante este período se observaron descensos en los niveles medios con respecto al II/2017. Estos descensos van de 13 a 14 cm, estando dentro del rango histórico de descensos semestrales. Adicional al efecto de las extracciones de salmuera, los descensos del I/2018 pueden entenderse también como un proceso de estabilización posterior al incremento de niveles generado con motivo de las precipitaciones registradas el 2017 en conjunto con las bajas precipitaciones de los últimos dos semestres: los descensos del nivel medio semestral son similares a los observados durante otros semestres de bajas precipitaciones¹³².

Como análisis consolidado, se tiene que el nivel de los pozos en la zona descende por las extracciones de salmuera, siendo altamente dependiente de las precipitaciones.

Figura 6-92: Niveles histórico de los pozos del Núcleo Salar de Atacama lejano a la zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

En el sector próximo a la zona productiva se agrupan a los pozos 2040, E-101, E-324, M1-C, M2-C, M7, SAMPLE-4 y ZAR-C-S.

Históricamente, estos pozos han presentado una tendencia de descenso, aunque con un comportamiento disímil los unos de los otros (Figura 6-93). Así, los niveles de los pozos 2040 y M1-C presentan una respuesta a las precipitaciones (el coeficiente de correlación entre el nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales de la estación KCL es de $r = 0,62$ y

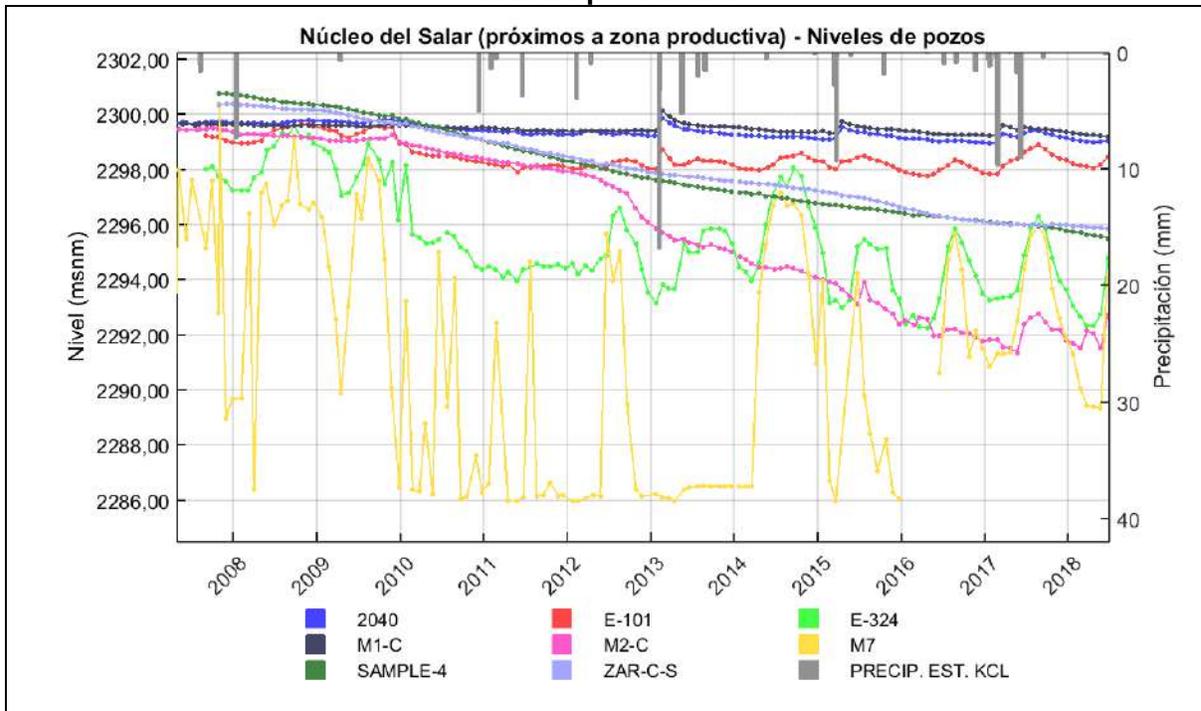
¹³² Por ejemplo, el I/2014 (período de bajas precipitaciones) presenta variaciones del nivel medio semestral (en relación al nivel medio del I/2013) dentro del rango 15 a 16 cm. Aunque para esta fecha todos los pozos presentan en promedio un descenso superior en 1,7 cm a los descensos medios del I/2018, ambos períodos presentan un comportamiento muy similar.

0,8, para 2014 y M1-C respectivamente), mientras que tal dependencia es despreciable en el resto de los pozos.

Con respecto a las tasas de descenso, éstas también presentan una alta variabilidad, tanto espacial como temporal. Las tasas medias se encuentran en el rango de 3 a 90 cm/año¹³³, en donde el pozo M2-C es el que muestra la tasa superior hasta mediados del año 2017, observándose un incremento en los niveles a partir de entonces. La variabilidad temporal de los descensos registrados en algunos pozos podría deberse a que sus niveles se ven influenciados por las operaciones dinámicas de extracción salina. La variabilidad temporal es evidente en los pozos M7 y E-324 (Figura 6-93). La variabilidad espacial de las tasas de descenso podría ser un reflejo del radio de influencia de las extracciones: los pozos más alejados de la zona productiva presentan un descenso constante, en donde la mayor distancia a la zona de operaciones amortigua las variaciones repentinas del nivel.

Como resumen para esta zona, se tiene que todos los pozos muestran descensos en sus niveles, aunque algunos con tasas de descenso fluctuantes influidos por los niveles dinámicos locales.

Figura 6-93: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama cercanos a la zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los pozos que están al norte de la zona productiva se encuentran los denominados como C4-B, EIA-5 y 1906.

Históricamente, estos pozos han mostrado un comportamiento influenciado por eventos de precipitación, evidenciándose adicionalmente una leve tasa de descenso, con máximos de 1,2 cm/año¹³⁴ en el pozo EIA-5, lo que se debería a que este pozo se encuentra más cercano a la zona de extracciones salinas que el resto. De todos modos, la influencia de las extracciones

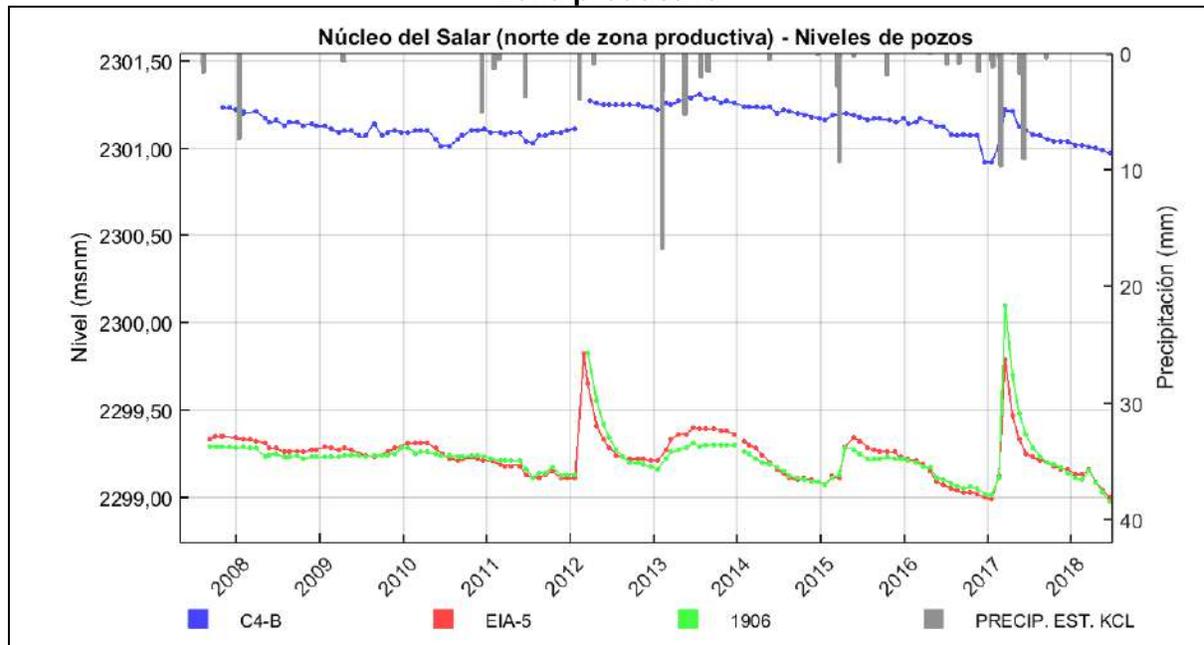
¹³³ Valores obtenidos por regresión lineal desde el 1/2008.

¹³⁴ Valor obtenido por regresión lineal desde 1/2008.

del núcleo es menor aquí que la observada en los pozos cercanos a la zona productiva. Las precipitaciones también juegan un rol relevante en el nivel de los pozos. Los coeficientes de correlación entre el nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales medidas en la estación Chaxa van de $r = 0,58$ a $0,8$. Los pozos que responden en mayor medida a las precipitaciones son EIA-5 y 1906, los que a su vez son los más cercanos al núcleo.

Como conclusión, se tiene que los pozos responden a las precipitaciones y a las extracciones salinas, aunque en menor medida que los pozos cercanos a la zona productiva.

Figura 6-94: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama al norte de la zona productiva



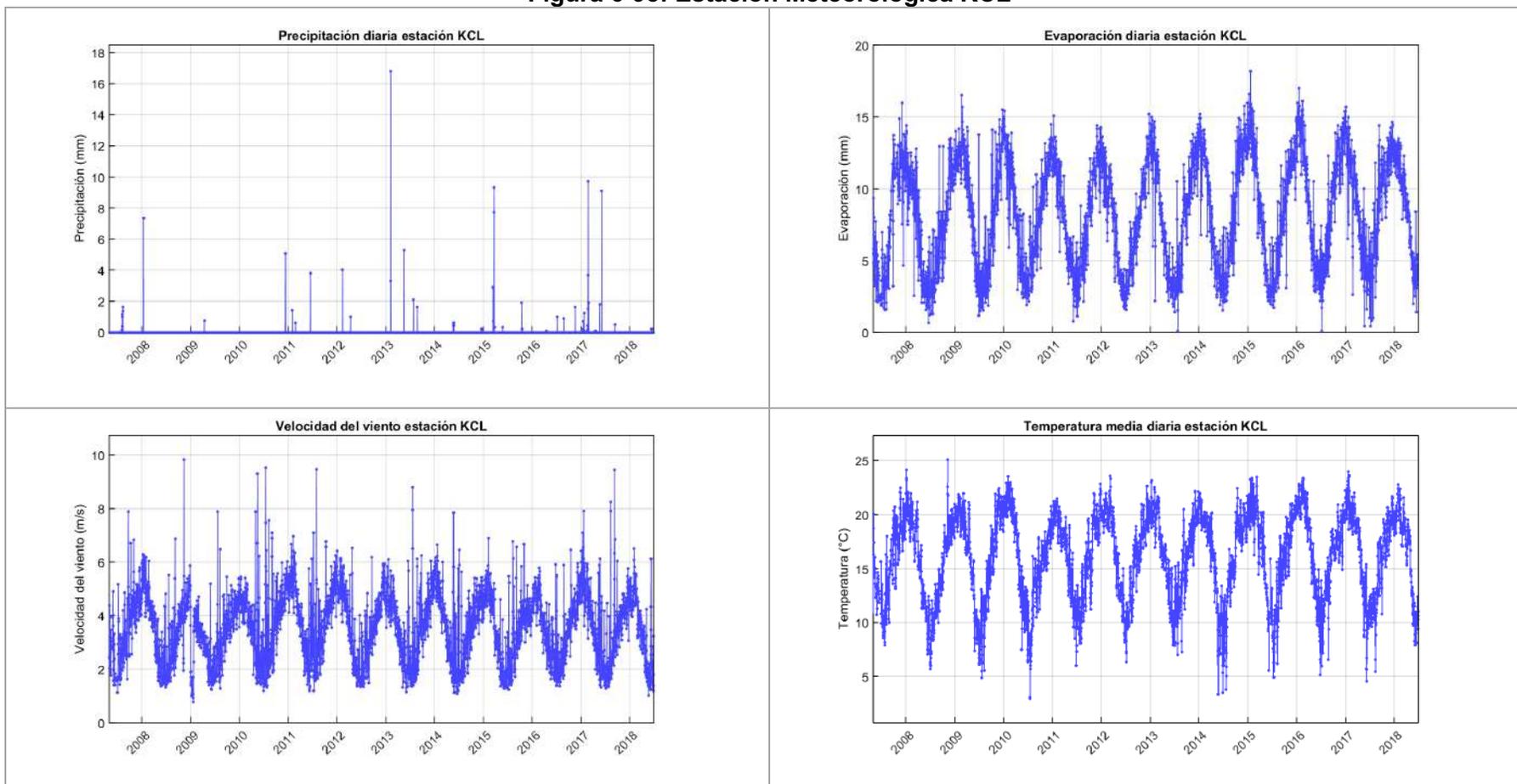
Fuente: Elaboración propia.

6.2.6.2 Meteorología

El análisis histórico de meteorología de la Estación KCL considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, desde el inicio del proyecto (Figura 6-34). Cabe señalar que la precipitación, evaporación y temperatura son variables que condicionan el comportamiento de los niveles de los pozos asociado al sistema del PSAH.

La precipitación histórica 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 precipitación 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, alcanzando un máximo histórico de 16,8 mm el día 7 de febrero 2013. Durante el periodo a reportar se ha registrado sólo un evento de precipitación, de 0,2 mm el día 14 de junio 2018, por lo que se puede considerar que actualmente se encuentra en un semestre seco.

Figura 6-95: Estación Meteorológica KCL



Fuente: Elaboración propia.

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos de evaporación y temperatura en el segundo semestre de cada año. Durante el periodo a reportar, se puede indicar que la zona se encuentra influenciada por la época de invierno propia del sector, presentando menor temperatura y evaporación.

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.

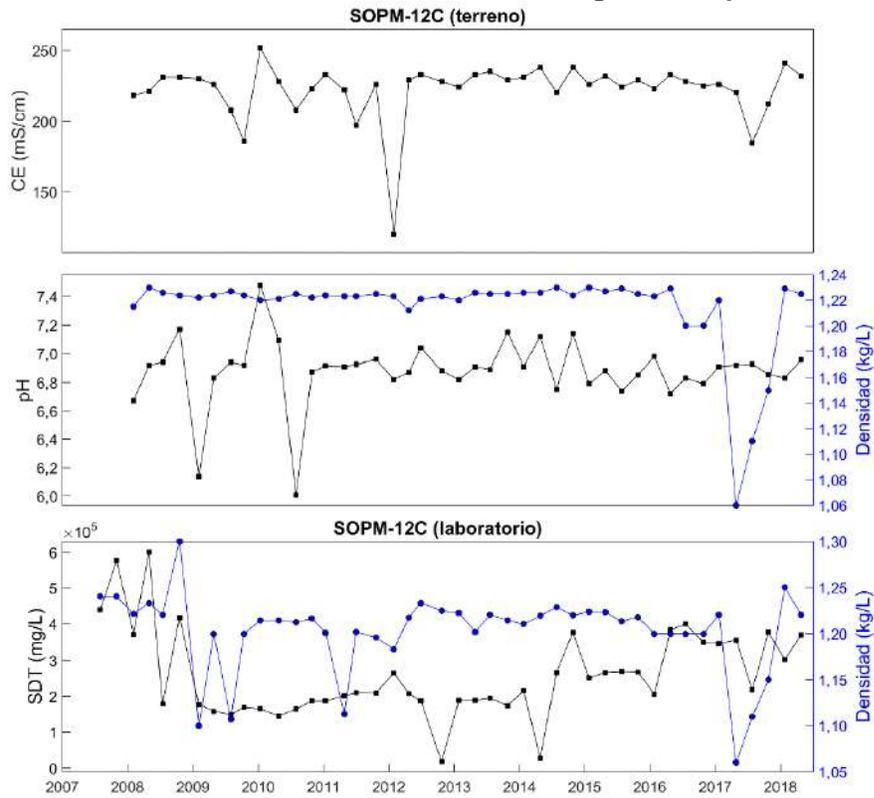
6.2.6.3 Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado entre enero y junio de 2018 en el agua subterránea del Sistema Núcleo del Salar de Atacama, en comparación con su evolución histórica (pozos SOPM-12C y 1001). Como se mencionó en el Capítulo 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base).

La evolución de los parámetros monitoreados en los pozos SOPM-12C y 1001 se presenta en la Figura 6-96 y Figura 6-97, respectivamente. Como puede observarse, todos los parámetros monitoreados el año 2018 se encuentran dentro del rango histórico.

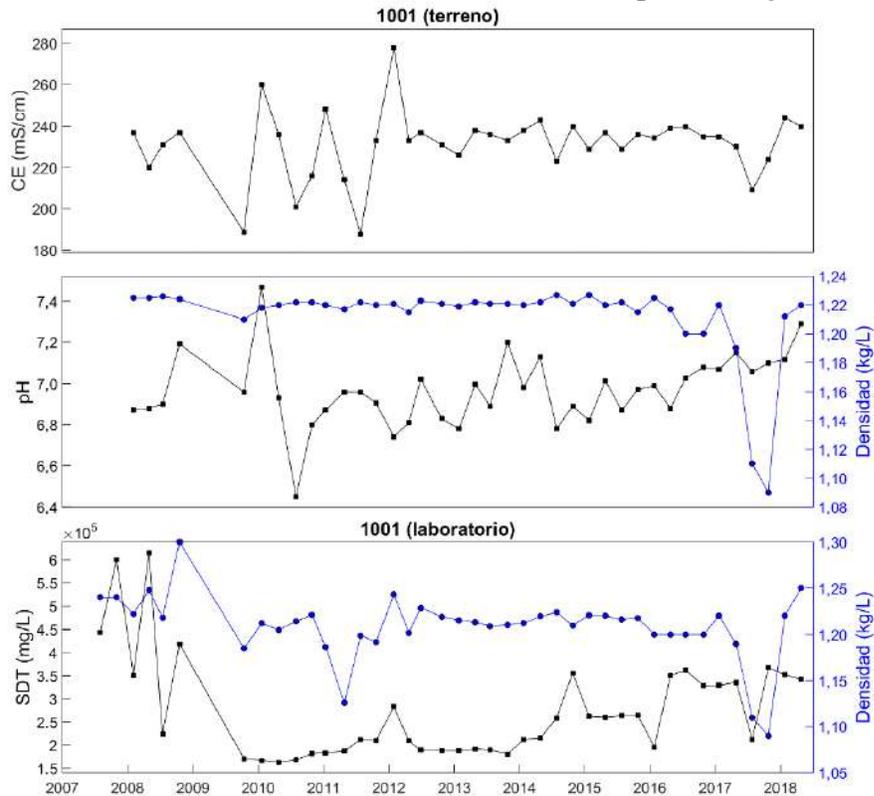
Como es de esperar en el Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo en ambos pozos se ha registrado una alta CE (~230 mS/cm) y SDT (~300 g/L) (característico de salmueras), y pH neutro (~7,0). Respecto a la evolución temporal, no se evidencian tendencias al alza o a la baja en los parámetros monitoreados, presentando un comportamiento oscilante en el tiempo.

Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-97: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001



Fuente: Elaboración propia.

6.2.7 Cuña Salina

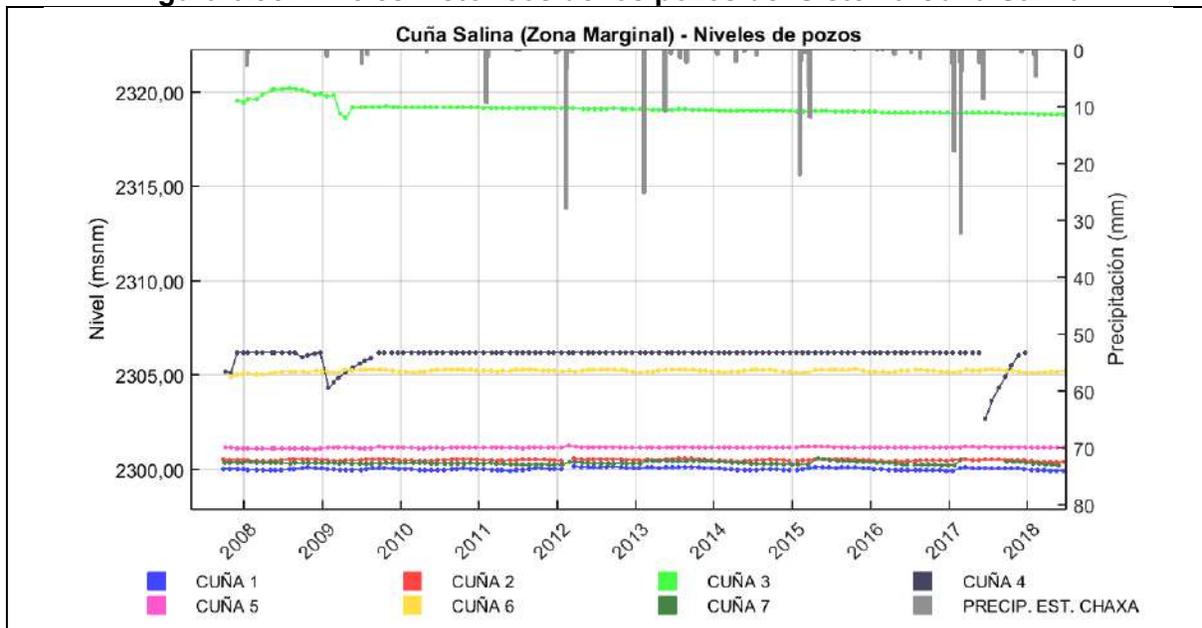
La cuña salina corresponde a la interfaz entre el acuífero de los márgenes del núcleo y el acuífero de salmuera del núcleo. En la cuña salina se encuentran los pozos cuña 1, cuña 2, cuña 3, cuña 4, cuña 5, cuña 6 y cuña 7. Todos ellos están localizados en la zona Marginal.

Históricamente, estos pozos se caracterizan por presentar niveles estables (Figura 6.98). El único pozo que mostró una tasa de descenso fue cuña 3, con 7,9 cm/año¹³⁵. Este descenso puede explicarse por estar cercano a la zona de bombeo de agua industrial (pozos Mulla-1 y Allana). En algunos pozos también se registró una leve dependencia ante oscilaciones estacionales, así, los pozos cuña 2 y cuña 3 se mostraron influenciados por dichas variaciones¹³⁶. Con respecto a la influencia de las precipitaciones, sólo el pozo cuña 7 tuvo una respuesta alta ante ellas, con una correlación entre el nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales en la estación KCL de $r = 0,8$.

Es importante notar que el pozo cuña 4 presenta un descenso brusco del nivel durante el 2017 y una recuperación posterior, llegando a niveles surgentes durante el actual semestre. Desafortunadamente, la causa de este descenso no se pudo determinar, tal como se informó en el informe 21 del PSAH.

A modo de resumen, se tiene que los pozos de la cuña salina presentan diferentes comportamientos entre sí debido a las distancias existentes entre ellos. Sin embargo, en general ellos muestran niveles estables.

Figura 6.98: Niveles históricos de los pozos del Sistema Cuña Salina



Fuente: Elaboración propia.

Como se ha comentado en el capítulo 5, para los pozos de la cuña salina se han medido perfiles de conductividad eléctrica. Estos ayudan a determinar la posición de la interfaz entre los acuíferos del núcleo y de los márgenes. Adicionalmente a los pozos de cuña salina, también se cuenta con mediciones de perfiles de conductividad en los pozos L10-1 (del

¹³⁵ Valor obtenido por regresión lineal desde 1/2008.

¹³⁶ Un análisis de Fourier mostró que sólo los pozos cuña 2 y cuña 6 mostraban períodos dominantes cercanos al año (361 días para ambos casos).

Sistema Peine, zona Marginal) y L4-3 (del Sistema Aguas de Quelana, zona Aluvial). Puesto que el pozo L10-1 se encuentra cercano a los pozos cuña 6 y cuña 7, mientras que el pozo L4-3 está cercano a cuña 4 y cuña 5, es conveniente analizar sus perfiles de conductividad conjuntamente.

Siguiendo lo anterior, se pueden agrupar los perfiles en tres subgrupos:

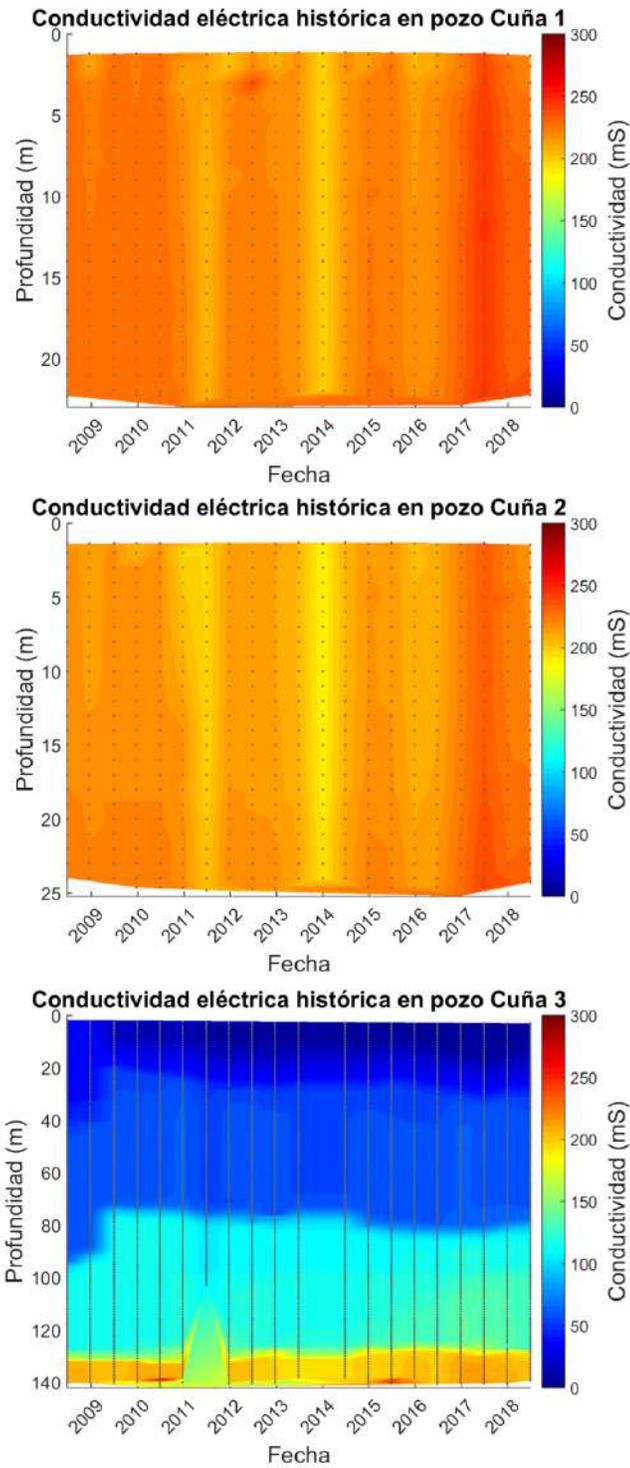
- Pozos del norte (borde norte de la interfaz): cuña 1, cuña 2 y cuña 3.
- Pozos centrales (borde central de la interfaz): cuña 4, cuña 5 y L4-3.
- Pozos del sur (borde sur de la interfaz): cuña 6, cuña 7 y L10-1.

La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6.99. En ella se observa que, en la zona de las cuñas 1 y 2, el acuífero de salmuera se mantiene próximo a la superficie (i.e. existen altos valores de conductividad eléctrica cerca de la superficie). Esto indicaría que los flujos subterráneos en el área provendrían del núcleo del Salar, no encontrándose aún con el acuífero del margen. Ya en la cuña 3 se observan aguas externas al núcleo en la superficie (i.e. aguas de baja conductividad eléctrica). Esto indicaría que el inicio de la interfaz se encuentra en algún punto entre los pozos cuña 2 y cuña 3.

Con respecto a los pozos centrales, su evolución histórica se muestra en la Figura 6.100. En ella se observa que en la cuña 5 el agua cercana a la superficie es de menor conductividad que el agua de mayor profundidad. De todos modos, el agua de la superficie presenta altos valores de conductividad. Al avanzar hacia el este (cuña 4), se observan descensos de la conductividad del agua cercana a la superficie. Esto mostraría cómo la interfaz de los acuíferos comienza a manifestarse. Ya en el pozo L4-3 existe una interfaz bien definida, ubicada aproximadamente a 40 m de profundidad. El equilibrio de la interfaz se mantiene en el tiempo.

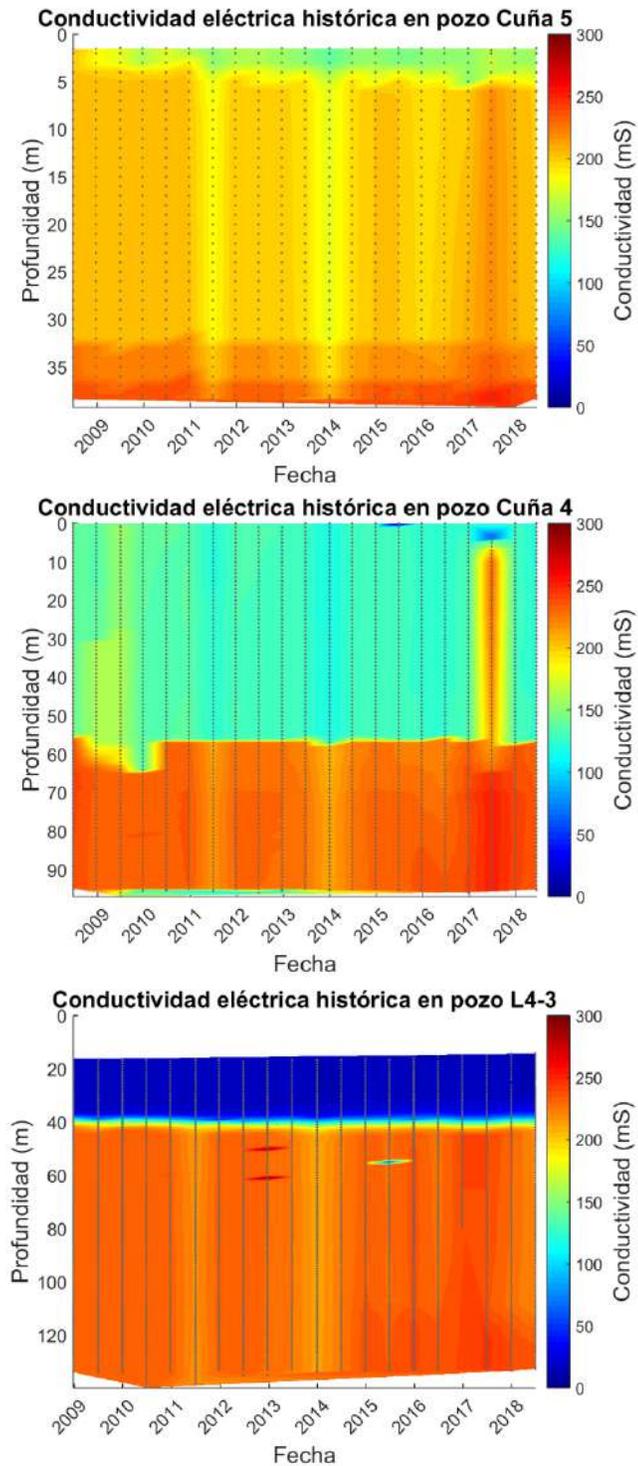
Finalmente, la evolución histórica de los pozos del sur se muestra en la Figura 6.101. En ella se observa que en la cuña 7 la salmuera se encuentra cercana a la superficie. Siguiendo hacia el sureste, en el pozo L10-1 se observa que los acuíferos ya están en contacto a una profundidad cercana a los 50 metros. Ya en la 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 conductividad.

Figura 6.99: Conductividad eléctrica histórica de los pozos cuña 1, cuña 2 y cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección noreste)



Fuente: Elaboración propia.

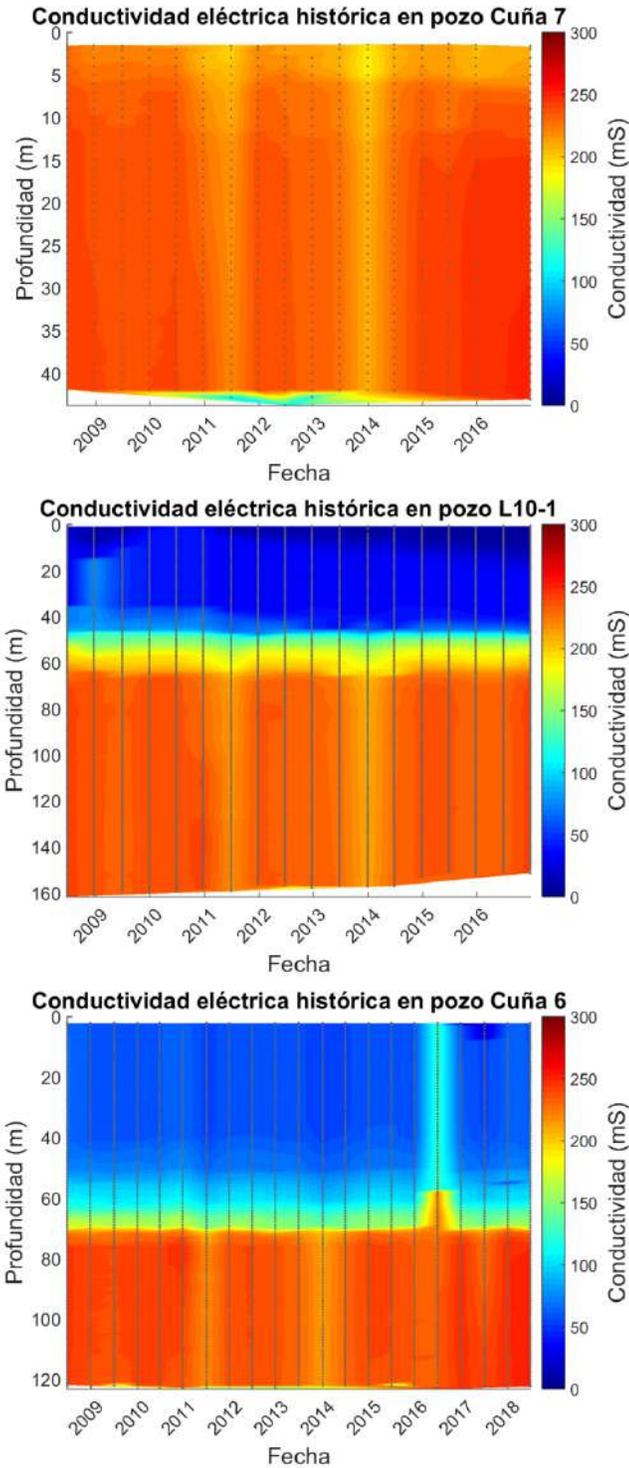
Figura 6.100: Conductividad eléctrica histórica de los pozos cuña 5, cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)¹³⁷



Fuente: Elaboración propia.

¹³⁷ La medición del año 2008 fue eliminada del grafico del pozo L4-3, ya que corresponde a una medición anómala en relación con comportamiento esperado y evidenciado en el pozo.

Figura 6.101: Conductividad eléctrica histórica de los pozos cuña 7, L10-1 y cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección sureste)¹³⁸



Fuente: Elaboración propia.

¹³⁸ La disminución en la conductividad observada en la parte inferior del pozo Cuña 7 correspondería a una alteración asociada a la metodología de medición producto del contacto de la sonda con el fondo del pozo y no a un incremento en la salinidad.

6.2.7.1 Calidad Química

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 6.2.4.2.1.

7 CONCLUSIONES

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico 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 y entrega información clave para el resguardo de los sistemas lacustres y vegetativos.

Durante el presente periodo semestral, comprendido entre el 1 de enero y el 30 de junio del año 2018, se efectuaron campañas de monitoreo de todos los puntos incluidos en el PSAH, de acuerdo con la frecuencia establecida. No obstante, lo anterior, no fue posible obtener resultados en algunos puntos de control monitoreados, debido a restricciones de acceso a los mismos; medidas de resguardo ante periodos de nidificación de Flamencos (Laguna de Barros Negros en Sistema Soncor) y acceso a algunos de los pozos del Sistema Peine, lo anterior 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.

Cabe señalar que en el semestre objeto del presente informe, específicamente durante el mes de junio de 2018, fue llevada a cabo una actividad de fiscalización ambiental por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente. En dicha instancia, la SMA efectuó mediciones del nivel freático en diversos pozos de monitoreo que componen el PSAH. De acuerdo a los resultados expuestos en la sección 5, es posible concluir que las mediciones efectuadas por la autoridad son consistentes tanto con los datos levantados en el periodo, como con los registros históricos de SQM, validando los monitoreos sistemáticamente efectuados.

Respecto a los resultados obtenidos del monitoreo de niveles, es posible señalar que, en términos generales, y de acuerdo a lo esperado, los efectos del bombeo de salmuera se observan en el sector Núcleo, con descensos que decrecen a medida que aumenta la distancia desde los centros de bombeo y una marcada influencia de las precipitaciones. Por su parte los descensos del bombeo de agua industrial se restringen básicamente al acuífero aluvial existente en el margen este de la cuenca. Finalmente, en el sector marginal, los niveles subterráneos se encuentran principalmente dominados por factores climáticos de variación estacional o a eventos de precipitación, sin mostrar una clara influencia de las extracciones.

El seguimiento de los puntos de monitoreo identificados como indicadores de estado para la activación del Plan de Contingencia en los distintos Sistemas monitoreados, permite identificar las siguientes situaciones relevantes:

Durante el presente periodo semestral se evidenciaron 5 de los 44 indicadores de estado en Fase I, 2 de ellos con activaciones gatilladas en periodos anteriores (L1-G4 y L7-6) y 3 activados en el actual semestre (L1-5, L3-3 y L2-28). Cabe señalar que los tres sistemas que presentan activación de fases en el periodo semestral objeto del presente reporte (Sistema Soncor y Vegetación Borde Este) han registrado activaciones en periodos anteriores, por lo que el incremento en la frecuencia de monitoreo establecida en caso de activación de Fase I se encuentra integrada en forma previa a enero de 2018 en todos los indicadores de estado. Para el caso del indicador L2-28, con fecha 20 de abril se volvió a niveles por sobre el umbral, desactivándose la Fase I.

Adicionalmente, durante el primer semestre del año 2018, específicamente el día 20 de mayo, se superaron los niveles de activación de Fase II para el pozo L1-5 y reglilla L1-G4, ambos pertenecientes al Sistema Soncor.

El registro histórico de niveles muestra que la Reglilla L1-G4 y el pozo L1-5, evidenciaron un cambio de comportamiento a partir del año 2012, pasando de una oscilación estacional sin una tendencia definida, a un periodo en que los niveles se ven influenciados por eventos de precipitación mayores a 10 mm, con una tendencia general de descenso, la cual motivó la activación de Fase II, en ambos indicadores de estado.

Tal como se establece en la RCA, SQM redujo el caudal de extracción de salmuera al escalón anteriormente vigente (escalones definidos en Tabla 2 RCA 226/2006), e inició una etapa de investigación orientada a determinar las causas de la activación del Plan de Contingencia en su Fase II, informes presentados a la SMA y a la Dirección General de Aguas en junio de 2018 y luego complementados en el mes de julio y noviembre del mismo año.

Los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación permitieron concluir que la causa principal de activación de Fase II corresponde 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, lo que se corrobora en la Laguna Barros Negros, donde se observa que estos cambios de tendencia no afectan sus niveles, los que mantienen la oscilación estacional natural del orden de 10 cm de amplitud, ni su superficie.

En el Anexo 8 se muestran los respaldos de los reportes de activación de Fase I y Fase II para el primer semestre de 2018 y de las acciones implementadas por SQM en el marco de la activación de Fase II en los indicadores de estado L1-5 y reglilla L1-G4 del sistema Soncor.

Respecto del resto de las variables monitoreadas como parte del PSAH, es posible indicar lo siguiente:

El análisis histórico de meteorología considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, variables que condicionan en distinta medida el comportamiento de los niveles del PSAH. La precipitación histórica 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 las mismas. Durante el periodo a reportar se registraron escasos evento de precipitación por lo que puede considerarse al período actual como un período seco en comparación a los años previos. Por su parte, la evaporación y la temperatura presentan históricamente una oscilación anual, con incrementos en el segundo semestre de cada año.

Los registros de nivel obtenidos de reglillas, así como la superficie de cuerpos de agua superficial, se 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, además del sector Vegas de Tiloposo, donde incluso se identifica una leve tasa de ascenso de los niveles.

En cuanto a los aforos de caudal efectuados en los Sistemas Soncor y Peine es posible señalar que los registros obtenidos durante el presente periodo se encuentran dentro de los rangos históricos disponibles, a excepción de punto de aforo de Barros Negros donde se observa que el máximo caudal es de 392,7 L/s, registrado en el mes de marzo de 2018, es

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.

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 primer semestre del año 2018 se encuentran dentro del rango histórico, con excepciones aisladas que no sugieren un comportamiento anómalo del sistema ni se evidencian tendencias al alza o a la baja, y todos ellos presentan un comportamiento oscilante, en algunos casos de carácter estacional, lo que no sugiere un efecto de las extracciones sobre esta variable.

8 REFERENCIAS

Chuvieco, E., 2002. Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ediciones Ariel. 578p.

Siddiqui, Y. 2003. The modified IHS method for fusing satellite imagery. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings, May 5-9, 2003.

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

Radtke, D. B., White, A. F., Davis, J. V., & Wilde, F. D. (1998). Correction factors for oxygen solubility and salinity. US Geological Survey, Techniques of Water-Resources Investigations. Denver, CO: US Geological Survey.

Sherwood, J. E., Stagnitti, F., Kokkinn, M. J., & Williams, W. D. (1992). A standard table for predicting equilibrium dissolved oxygen concentrations in salt lakes dominated by sodium chloride. International Journal of Salt Lake Research, 1(1), 1-6.

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.

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).



ANEXOS

ANEXO 1: REGSTRO AUTORIDAD

ANEXO 2: LISTADO DE PERSONAL INVOLUCRADO

ANEXO 3: METODOLOGÍAS DE MUESTREO MEDICIÓN Y ANÁLISIS

ANEXO 4: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DEL PSAH

ANEXO 5: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 6: CERTIFICADO ETFA SGS

**ANEXO 7: REGISTRO DE PUNTOS NO VISITADOS Y GESTIONES CON LA
COMUNIDAD**

ANEXO 8: CARTAS DE AVISO A LA SMA

**ANEXO 9: REGISTRO DE DESCENSOS POZOS DEL PC Y NIVELES DE LOS POZOS
PSAH.**

ANEXO 10: REGISTROS METEOROLÓGICOS

ANEXO 11: LEVANTAMIENTO SUPERFICIE LACUSTRE

ANEXO 12: REGISTRO DE MUESTREOS FÍSICO QUÍMICO PSAH

